

**PENGARUH SISTEM BIOFILTER YANG BERBEDA TERHADAP
KELIMPAHAN BAKTERI NITROBACTER PADA BUDIDAYA PEMBESARAN
UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*)**

SKRIPSI

Oleh :
M. FEBRIAN RAMADHAN
NIM. 135080501111115



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**PENGARUH SISTEM BIOFILTER YANG BERBEDA TERHADAP
KELIMPAHAN BAKTERI NITROBACTER PADA BUDIDAYA PEMBESARAN
UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*)**

SKRIPSI

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

Oleh :
M. FEBRIAN RAMADHAN
NIM. 135080501111115



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

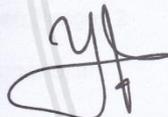
SKRIPSI

**PENGARUH SISTEM BIOFILTER YANG BERBEDA TERHADAP
KELIMPAHAN BAKTERI NITROBACTER PADA BUDIDAYA PEMBESARAN
UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*)**

Oleh :
M. FEBRIAN RAMADHAN
NIM. 135080501111115

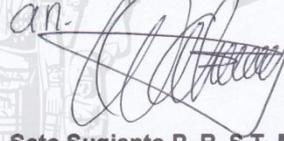
Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 2 Juli 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1



Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc
NIP. 19780625 200501 2 002
Tanggal: 02 OCT 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 2



Seto Sugianto P. R. S.T. MT.
NIK. 201506 850920 0015
Tanggal: 02 OCT 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan



Dr. Ir. M. Firdaus, MP.
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 02 OCT 2019



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **PENGARUH SISTEM BIOFILTER YANG BERBEDA TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI NITROBACTER PADA BUDIDAYA PEMBESARAN UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*)**

Nama Mahasiswa : M. Febrian Ramadhan

NIM : 135080501111115

Program Studi : Budidaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING :

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc

Dosen Pembimbing 2 : Seto Sugianto P. R, S.T, MT.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING :

Dosen Penguji 1 : Ir. Ellana Sanoesi, MP.

Dosen Penguji 2 : Rani Yuwanita, S.Pi, MP.

Tanggal Ujian : 02 Juli 2019

RINGKASAN

M. Febrian Ramadhan. Pengaruh Sistem Biofilter yang Berbeda terhadap Kelimpahan Bakteri *Nitrobacter* pada Budidaya Pembesaran Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*). **Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc dan Seto Sugianto P. R., S.T, MT**

Akuakultur merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk memproduksi organisme akuatik pada lingkungan terkontrol sehingga mendapatkan keuntungan. Salah satu organisme akuakultur yang sering dibudidayakan adalah udang galah karena udang ini memiliki ukuran tubuh yang besar serta pertumbuhan yang cepat. Saat ini kegiatan budidaya udang galah dilakukan secara intensif, akan tetapi dengan padat penebaran yang tinggi menghasilkan limbah budidaya yang besar. Hal ini menyebabkan kualitas air pada media budidaya menjadi menurun, oleh sebab itu diperlukan suatu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan biofilter. Biofilter adalah sistem pengelolaan air dengan bantuan bakteri nitrifikasi. Biofilter memiliki beberapa desain, yaitu *trickling, bead, aerob-anaerob* dan RBC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem biofilter yang berbeda (*trickling, bead, aerob-anaerob* dan RBC) terhadap kelimpahan bakteri *Nitrobacter* pada budidaya udang galah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Ikan Divisi Reproduksi Ikan, Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Divisi Keamanan Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang dan BKIPM II Surabaya pada bulan Oktober-Desember 2018. Metode dalam penelitian ini adalah eksperimen menggunakan RAL dengan 5 perlakuan dan masing-masing perlakuan 3 kali ulangan. Penggunaan sistem biofilter yang digunakan yaitu *trickling, bead, aerob-anaerob*, RBC dan perlakuan tanpa pemberian biofilter. Parameter utama adalah total kelimpahan bakteri dan jenis bakteri, serta parameter penunjang berupa suhu, pH, DO, Padatan Terlarut, TAN dan Nitrit.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu penambahan total koloni bakteri tertinggi pada perlakuan *trickling* dengan rerata penambahan total koloni bakteri sebesar $9,321 \pm 0,006$ CFU/ml. Uji sidik ragam didapatkan F hitung lebih besar dari F1% dan F5% sehingga dikatakan berbeda sangat nyata. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) didapatkan hasil berbeda sangat nyata antar perlakuan. Pengamatan makroskopis didapatkan 2 sampel bakteri yang mendominasi dan mendapatkan hasil pengamatan mikroskopis bakteri gram positif dan negatif. Setelah dilakukan Identifikasi Bakteri didapatkan hasil bakteri yaitu: *Nitrobacter winogradskyi* dan *Bacillus subtilis*. Parameter penunjang yang meliputi kualitas air seperti suhu, pH, DO, Padatan terlarut, TAN dan nitrit dikatakan dalam kondisi optimal untuk kegiatan budidaya udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Usulan Skripsi dengan judul “Pengaruh Sistem Biofilter yang Berbeda terhadap Kelimpahan Bakteri *Nitrobacter* pada Budidaya Pembesaran Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*)”. Saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Seto Sugianto P. R, S.T, MT. Selaku dosen pembimbing II beserta semua pihak yang telah membantu penulis untuk menyusun proposal ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah Skripsi ini masih belum sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan kesempurnaan karya tulis ilmiah ini di masa mendatang. Penulis berharap karya tulis ilmiah skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang berguna bagi pembaca.

Malang, Juli 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karuniaNya sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan saran, bimbingan, arahan dan nasehat bagi saya.
2. Seto Sugianto P.R, S.T, MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran dan waktu bagi saya.
3. Kedua orang tua tercinta dan Keluarga besar, yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayang, serta kerja kerasnya yang menjadikan sebuah motivasi.
4. Tim Skripsi 9 (Yasfa, Dhimas, Dedi, Abizar, Syahreza dan Yurisyah) yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Teman-teman AquaGT 2013 khususnya I Made Dedi Mahariawan dan Immanuel Pandiangan atas semangat dan dukungan yang telah diberikan.

Malang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
IDENTITAS TIM PENGUJI	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Kegunaan Penelitian.....	5
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biologi Udang Galah (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>).....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Galah	6
2.1.2 Habitat dan Tingkah Laku Udang Galah	7
2.1.3 Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Galah	8
2.2 Biofilter	9
2.2.1 Pengertian <i>Biofilter</i>	9
2.2.2 <i>Biofilter Trickling</i>	10
2.2.3 <i>Bead Biofilter</i>	11
2.2.4 <i>Biofilter Aerob-Anaerob</i>	12
2.2.5 <i>Rotating Biological Contactor</i>	13
2.3 Bakteri <i>Nitrobacter</i>	14
2.3.1 Klasifikasi Bakteri <i>Nitrobacter</i>	14
2.4 Proses Nitrifikasi	15
2.5 Kualitas Air	17
2.5.1 Suhu	17
2.5.2 <i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	18
2.5.3 Derajat Keasaman (pH)	19
2.5.4 Amonia	19
2.5.5 Nitrat.....	20

2.5.6 Padatan Terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>).....	21
2.6 Padat Tebar Udang Galah	22
2.7 ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>).....	23
3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Materi Penelitian	24
3.1.1 Alat Penelitian.....	24
3.1.2 Bahan Penelitian.....	25
3.1.3 Rancangan Bangun RBC.....	27
3.1.4 Rancangan Bangun <i>Biofilter Bead</i>	29
3.1.5 Rancangan Bangun <i>Aerob-Anaerob</i>	30
3.1.6 Rancangan Bangun <i>Trickling Filter</i>	31
3.2 Metode Penelitian	32
3.3 Rancangan Penelitian.....	33
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.4.1 Data Primer	34
3.4.2 Data Sekunder.....	34
3.5 Prosedur Penelitian	35
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	35
3.5.2 Pembuatan Larutan <i>Na-Fisiologis</i>	36
3.5.3 Pembuatan Media Selektif Bakteri <i>Nitrobacter</i>	36
3.5.4 Pengenceran Bakteri <i>Nitrobacter</i>	36
3.5.5 Penanaman Bakteri	37
3.5.6 Pemurnian Isolat Bakteri <i>Nitrobacter</i>	38
3.5.7 Peremajaan Bakteri <i>Nitrobacter</i>	39
3.6 Parameter Uji.....	39
3.6.1 Parameter Utama	39
3.6.2 Parameter Penunjang.....	44
3.7 Analisis Data Kelimpahan Bakteri	47
3.7.1 Identifikasi Bakteri Nitrifikasi	47
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kelimpahan Bakteri	48
4.1.1 Pertumbuhan Koloni Bakteri	48
4.1.2 Identifikasi Bakteri.....	51
4.2 Hasil Pengamatan Parameter Kualitas Air Selama Penelitian.....	56
4.2.1 Suhu.....	56
4.2.2 Oksigen Terlarut (DO)	57
4.2.3 Derajat Keasaman (pH)	58
4.2.4 <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	59
4.2.5 Total Amonia Nitrogen (TAN).....	60
4.2.6 Nitrit (NO ₂)	61

4.2.7 Nitrat (NO ₃).....	62
4.3 Hasil Pengamatan Udang Galah (SGR dan SR).....	63
4.3.1 <i>Specific Growth Rate</i> (SGR).....	63
4.3.2 <i>Survival Rate</i> (SR).....	64
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	70



DAFTAR GAMBAR

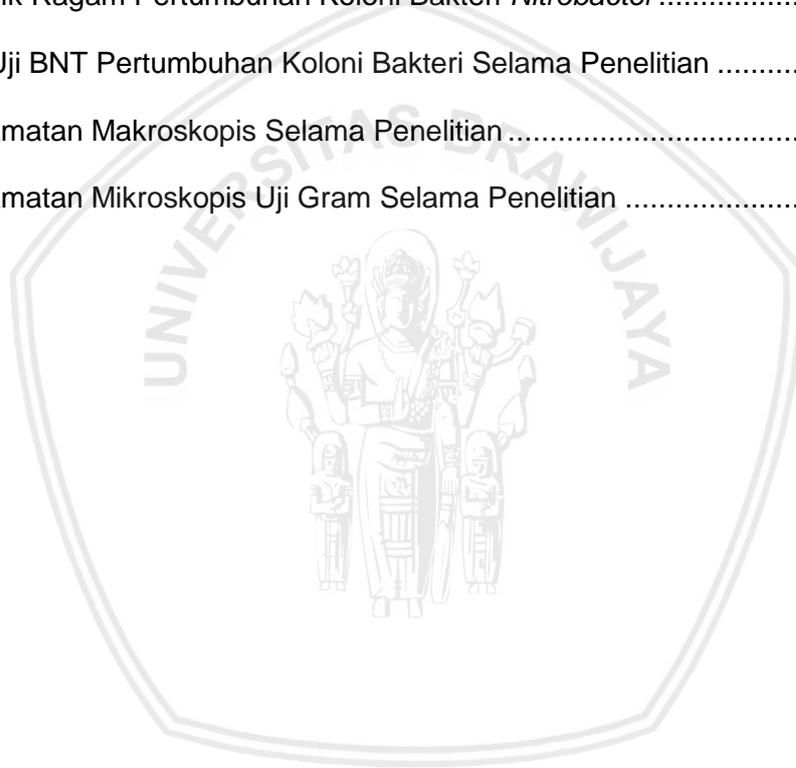
Gambar	Halaman
1. Udang Galah	7
2. Skema Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem <i>Trickling Filter</i>	10
3. Skema Sistem Akuakultur Resirkulasi	11
4. Skema Proses <i>Biofilter Aerob-Anaerob (Hibride)</i>	12
5. Skema <i>Rotating Biological Contactor</i>	14
6. <i>N. winogradskyi</i>	15
7. Produsen Media RBC serta Spesifikasi Produk	28
8. Desain Prototipe RBC	29
9. Desain <i>Biofilter Tipe Bead</i>	30
10. Desain <i>Biofilter Tipe Aerob-Anaerob</i>	31
11. Desain <i>Biofilter Trickling</i>	32
12. Denah Penelitian	34
13. Grafik Hubungan Perbedaan Jenis Biofilter Terhadap Total Bakteri	50
14. Morfologi Bakteri <i>N. winogradskyi</i>	54
15. Morfologi Bakteri <i>B. subtilis</i>	55
16. Rerata Suhu	57
17. Rerata Oksigen Terlarut (DO)	58
18. Rerata pH	59
19. Rerata <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	60
20. Konsentrasi TAN pada Media Pemeliharaan Udang	60
21. Konsentrasi Nitrit pada Media Pemeliharaan Udang	61
22. Konsentrasi Nitrat pada Media Pemeliharaan Udang	62
23. <i>Specific Growth Rate</i> (SGR)	64
24. <i>Survival Rate</i> (SR)	65

DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	24
2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	25
3. Data Perhitungan Rerata Total Koloni Bakteri (<i>Colony Forming Unit/ml</i>).....	48
4. Uji Sidik Ragam Pertumbuhan Koloni Bakteri <i>Nitrobacter</i>	48
5. Data Uji BNT Pertumbuhan Koloni Bakteri Selama Penelitian	49
6. Pengamatan Makroskopis Selama Penelitian	51
7. Pengamatan Mikroskopis Uji Gram Selama Penelitian	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar Alat-Alat Penelitian.....	70
2. Bahan-Bahan Penelitian	73
3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (<i>M. rosenbergii</i>) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda	75
4. Hasil Penanaman dan Identifikasi Bakteri.....	81
5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian.....	83



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akuakultur merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk memproduksi biota (organisme) akuatik pada lingkungan terkontrol untuk mendapatkan keuntungan. Akuakultur juga dapat menjadi usaha manusia untuk meningkatkan produktivitas perairan melalui kegiatan budidaya. Teknologi akuakultur mencakup konstruksi wadah produksi, pemilihan lokasi budidaya, penggunaan benih unggul, padat penebaran yang tepat, mutu, pemberian pakan yang sesuai dengan jumlah, cara pengendalian hama dan penyakit, pengelolaan kualitas air, pemantauan serta pemanenan dan penanganan pasca panen. Kualitas air merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam pemeliharaan ikan, karena akan menentukan hasil yang diperoleh. Dalam budidaya ikan kualitas air yang buruk dapat menyebabkan ikan menjadi keracunan sehingga dapat menyebabkan kematian. Kondisi kualitas air juga berperan dalam menekan terjadinya peningkatan perkembangan bakteri patogen dan parasit di dalam media pemeliharaan. Sebagai tempat hidup ikan, kualitas air sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisika dan kimia air seperti suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit dan nitrat (Effendi, 2009).

Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) memiliki perbedaan yang signifikan dengan jenis udang budidaya lainnya. Tubuhnya memiliki ukuran yang paling besar dibandingkan dengan spesies udang budidaya lainnya. Udang galah mempunyai nilai ekonomis yang tinggi hal ini dikarenakan waktu pemeliharaan udang galah relatif singkat yaitu 3-5 bulan pada tahap pembesaran, tingkat produksi yang tinggi yaitu 2-5 ton per hektar per siklus (tergantung dari padat tebar dan teknologi yang digunakan) (KKP, 2016).

Teknik budidaya semakin hari semakin berkembang, para pembudidaya mulai melakukan pemeliharaan sistem intensif dengan padat tebar yang tinggi. Namun hal ini berdampak pada kualitas penurunan kualitas air akibat dari kotoran dan sisa-sisa pakan. Penggunaan filter biologi (*biofilter*) dengan sistem resirkulasi didalam budidaya merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk menjaga kualitas air tetap optimum. Sistem resirkulasi merupakan suatu sistem yang menggunakan air pada suatu tempat lebih dari satu kali dengan adanya proses pengolahan limbah dan adanya sirkulasi atau perputaran air (Amalia, *et al.*, 2014).

Biofilter adalah suatu sistem pengolahan air dengan menggunakan media filter biologi yang mengandalkan kinerja bakteri dalam mendegradasi bahan organik dan anorganik selama prosesnya. Apabila proses tersebut tidak berjalan sempurna akan mengakibatkan penurunan kualitas air atau media sehingga tidak optimal bagi biota yang didalamnya terutama ikan. Sistem media filter biologi mengandalkan kinerja bakteri, selama hidupnya mikroorganisme tersebut memerlukan bahan organik dan anorganik serta media sebagai tempat menempel selama proses hidupnya (Nurhidayat dan Ginanjar, 2010). Biofilter di dalam akuakultur ini berfungsi untuk menjernihkan air dan berfungsi biologis untuk menetralisasi senyawa amonia yang toksik menjadi senyawa nitrat yang kurang toksik dalam suatu proses yang disebut nitratasi (Stanley, *et al.*, 2005).

Filter biologi memiliki beberapa desain yaitu *bead biofilter*, *trickling biofilter*, *aerob- anaerob biofilter* dan *Rotating Biological Contactor (RBC) biofilter* dengan kekurangan dan kelebihan masing-masing. *Bead biofilter* adalah sebuah sistem sirkulasi air tambak dengan menggunakan kembali (*re-use*) air untuk budidaya udang galah. Sedangkan *trickling biofilter* ialah proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke dalam suatu tumpukan media. Adapun *aerob-anaerob biofilter* yaitu proses pengolah air limbah dengan cara

menggabungkan proses *biofilter aerob* dan proses *biofilter anaerob*. RBC ialah suatu proses pengolahan limbah cair dengan menggunakan metode dimana unit pengolah air limbah ini berotasi dengan pusat pada sumbu yang digerakkan oleh motor *drive system* dan/atau tiupan udara (*air drive system*) dari *diffuser* yang dibenam dalam air limbah, di bawah media.

Proses nitrifikasi adalah proses yang mengembalikan ke kondisi normal yang dilakukan oleh bakteri dengan cara mengoksidasi dan mentransformasi senyawa amoniak yang potensial beracun menjadi senyawa nitrat yang tak beracun. Proses ini sangat penting dalam budidaya tambak udang dan sistem yang menggunakan air secara sistem tertutup (Boyd, 2015). Dua bakteri penting yang memegang peranan utama dalam filter biologi yaitu bakteri *Nitrosomonas* sp. dan bakteri *Nitrobacter* sp. *Nitrosomonas* berperan mengoksidasi amoniak menjadi nitrit, sedangkan *Nitrobacter* berperan dalam mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Proses nitrifikasi ini, berada dalam kondisi aerob. Sementara denitrifikasi menggunakan bakteri denitrifikasi (*denitrifier*) dalam keadaan *anaerob*. Bakteri denitrifikasi akan mengubah nitrat menjadi nitrogen (Westerman, *et al.*, 1996), maka dari itu perlu dilakukan identifikasi bakteri nitrifikasi dari beberapa jenis biofilter (*bead biofilter*, *trickling biofilter*, *aerob-anaerob biofilter* dan RBC) sehingga dapat ditentukan perbandingan jenis biofilter yang paling sesuai untuk kegiatan budidaya udang galah.

1.2 Rumusan Masalah

Budidaya udang galah merupakan hal yang tidak mudah bagi setiap kalangan. Untuk selalu menjaga kelulusan hidup bagi udang perlu beberapa alternatif yang harus dilakukan, salah satunya adalah dengan penggunaan sistem biofilter. Hal ini untuk menjaga kesehatan dan kualitas air media hidup serta pengelolaan limbah organik. Limbah organik dalam perairan dengan bentuk

amonias harus dioksidasi menjadi nitrit. Peran tersebut merupakan peran yang sebagian besar dilakukan oleh bakteri nitrifikasi terutama *Nitrobacter*, *Nitrobacter* bersifat *aerob* dikarenakan bakteri membutuhkan oksigen untuk hidupnya. Jika tidak ada oksigen bakteri akan mati. Bakteri *aerob* menggunakan glukosa atau zat organik lainnya seperti etanol yang dioksidasi menjadi CO₂, H₂O dan sejumlah energi sehingga perlu dilakukan identifikasi dari bakteri *nitrobacter* pada 4 *biofilter* yang digunakan dalam penelitian ini (*bead biofilter*, *trickling biofilter*, *aerob- anaerob biofilter* dan RBC).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Spesies bakteri *Nitrobacter* apa saja yang ditemukan di dalam 4 jenis *biofilter* yang berbeda dengan cara mengidentifikasinya?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan 4 jenis *biofilter* yang berbeda terhadap kelimpahan bakteri *Nitrobacter*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk:

1. Untuk mengetahui bakteri *Nitrobacter* yang terdapat pada 4 jenis *biofilter* yang berbeda
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan 4 jenis *biofilter* yang berbeda terhadap kelimpahan bakteri *Nitrobacter*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini yaitu:

- H₀ : Diduga sistem *biofilter* yang berbeda tidak berpengaruh terhadap jenis dan kelimpahan bakteri *Nitrobacter*.
- H₁ : Diduga sistem *biofilter* yang berbeda berpengaruh terhadap identifikasi dan kelimpahan bakteri *Nitrobacter*.

1.5 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai jenis bakteri dan kelimpahan *Nitrobacter* yang terdapat pada sistem *biofilter*.
2. Sebagai informasi untuk para pembudidaya udang galah agar mengetahui sistem *biofilter* yang paling tepat dalam biodegradasi bahan organik dalam perairan.

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Ikan Divisi Penyakit dan Kesehatan Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang mulai bulan Agustus-Oktober 2018.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Galah

Klasifikasi udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) menurut De Man (1879) adalah sebagai berikut:

Filum	: Arthropoda
Sub Filum	: Mandibulata
Kelas	: Crustacea
Sub Kelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Sub Ordo	: Natantia
Famili	: Palaemonidae
Genus	: <i>Macrobrachium</i>
Spesies	: <i>Macrobrachium rosenbergii</i>

Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) merupakan salah satu jenis udang air tawar dari genus *Macrobrachium* yang paling banyak dikenal karena memiliki ukuran tubuh yang besar. Seperti udang lain pada umumnya, badan udang galah terdiri dari ruas-ruas yang ditutupi dengan kulit keras. Bagian kulit tersebut cukup keras, tidak elastis dan terdiri dari zat kitin yang tidak dapat mengikuti pertumbuhan dagingnya. Badan udang galah terdiri tiga bagian, yaitu bagian kepala dan dada yang bersatu (*cephalothorax*), bagian badan (*abdomen*) dan bagian ekor (*uropoda*) (Hadie, 1993).

Udang galah dewasa pada umumnya memiliki panjang tubuh 25-32 cm dan beratnya 100-300 gram/ekor. Tubuh tersebut terdiri atas ruas-ruas yang

ditutupi oleh kulit keras yang tersusun dari zat kitin yang kaku sehingga kulit udang tidak dapat mengikuti pertumbuhan tubuhnya sehingga setiap periode tertentu udang akan melepaskan kulitnya (*moulting*) untuk diganti dengan kulit yang baru (Khairuman dan Amri, 2004). Badan terdiri dari 3 bagian, yaitu kepala dan dada (*chepalotorax*), badan yang bersegmen-segmen (*abdomen*), serta ekor (*uropoda*). *Chepalotorax* dibungkus oleh kulit yang keras, bagian depan kepala memiliki suatu lempengan karapas yang bergerigi disebut *rostrum*. *Rostrum* bagian atas mempunyai 11-13 buah gigi dan di bagian bawah rostrum 4-8 buah, dan pada bagian *chepalotorax* juga terdapat lima pasang kaki jalan. Udang jantan mempunyai sepasang kaki jalan kedua, tumbuh panjang dan cukup besar menyerupai galah. Panjangnya dapat mencapai 1,5 kali panjang badannya. Kaki renang udang galah terdapat di bagian bawah *abdomen*, jumlahnya lima pasang. Selain untuk berenang, kaki renang pada udang betina juga berfungsi sebagai tempat menempelkan telur-telur (Fauzan, 2009). Morfologi udang galah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Udang Galah (Nandlal dan Pickering, 2005).

2.1.2 Habitat dan Tingkah Laku Udang Galah

Udang galah mempunyai dua habitat dalam siklus hidupnya. Udang tersebut tumbuh dan menjadi dewasa pada perairan tawar, namun pada fase

larva hidup di air payau. Pada fase larva akan mengalami sebelas kali pergantian kulit (*moulting*) yang diikuti dengan perubahan struktur morfologi, hingga akhirnya bermetamorfosis menjadi juwana (juvenil). Sifat-sifat larva yang umum adalah planktonis, aktif berenang dan tertarik oleh sinar tetapi menjauhi sinar matahari yang terlalu kuat. Di alam, larva udang galah hidup pada salinitas 5-10 permil, suhu 29-30 °C dan pH 7-9. Habitat alami udang galah pada stadium pasca larva (PL) hingga dewasa adalah perairan tawar, sedangkan pada stadia larva berada di air payau. Stadium pasca larva hingga juvenile menempati habitat peralihan antara air payau ke air tawar (Hadie, 2005)

Menurut Reddy (1993), di alam udang galah dapat berpijah di daerah tawar pada jarak lebih dari 100 km dari muara sungai/laut dan membiarkan larvanya ikut terbawa aliran sungai mencapai perairan payau dengan resiko kematian yang tinggi. Secara alami penyebaran udang galah meliputi daratan Indopasifik mulai dari bagian timur Benua Afrika sampai dengan Kepulauan Malaysia termasuk Indonesia. Di perairan Indonesia, udang galah tersebar luas mulai dari Sumatra, Jawa, Kalimantan sampai ke Papua.

2.1.3 Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Galah

Menurut Nandlal dan Pickering (2005), udang galah pada masa benih dan dewasa merupakan hewan *omnivora* yang biasanya memakan moluska kecil, krustasea kecil, ikan kecil, daun dan batang dari tanaman air, terkadang juga mengonsumsi cangkangnya sehabis molting. Dimulai dari stadia post larva, udang galah sudah dapat memakan daging cumi, udang-udang kecil dan pakan yang berbentuk pelet.

Udang galah termasuk ikan yang rakus, udang galah makan segala jenis renik, baik cacing, *fitoplankton* maupun *zooplankton* (Murtidjo, 2008). Udang memakan pakan dengan cara menangkapnya lalu dimasukkan kedalam mulut selanjutnya akan dicerna dalam saluran pencernaan. Periode makan udang

terjadi 2 kali dalam sehari yaitu pada pagi dan sore atau malam hari. Intensitas makan akan mengalami peningkatan pada ukuran udang yang semakin besar dan dewasa. Pemberian makanan tambahan pada udang galah berupa pellet (25% protein) dengan jumlah pakan 5% dari berat total biomasa populasi udang perhari (DKP Prov. DIY, 2007).

2.2 Biofilter

2.2.1 Pengertian *Biofilter*

Biofilter adalah suatu sistem pengolahan air dengan menggunakan media filter biologi yang mengandalkan kinerja bakteri dalam mendegradasi bahan organik dan anorganik selama prosesnya. Apabila proses tersebut tidak berjalan sempurna akan mengakibatkan penurunan kualitas air atau media sehingga tidak optimal bagi biota yang di dalamnya terutama ikan. Sistem media filter biologi mengandalkan kinerja bakteri. Selama hidupnya, mikroorganisme tersebut memerlukan bahan organik dan anorganik serta media sebagai tempat menempel selama proses hidupnya (Nurhidayat dan Ginanjar, 2010).

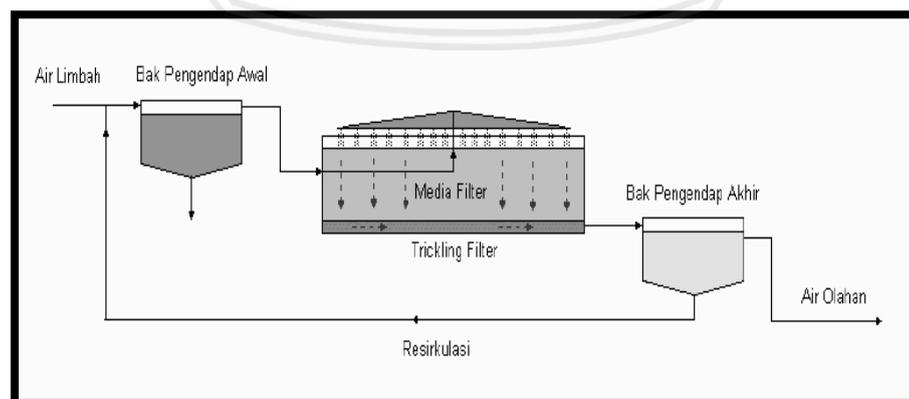
Komponen *biofilter* yang digunakan pada proses filtrasi yaitu terdiri dari media filter biologi, filter fisik dan filter kimia. Media filter biologi terdiri atas pecahan karang dan *Bioball* yang dapat berfungsi sebagai tempat berlangsungnya nitrifikasi dari amonia menjadi nitrit yang selanjutnya diubah menjadi nitrat. Filter fisik berupa kapas sintesis yang berfungsi sebagai penyaring partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air. Filter kimia terdiri atas *zeolit* dan karbon aktif yang berfungsi untuk menyerap amonia. Dengan demikian, penggunaan sistem resirkulasi ini diharapkan dapat meningkatkan hasil produksi karena dengan kualitas air yang optimal dapat meningkatkan pertumbuhan ikan (Diansyah, *et al.*, 2014).

2.2.2 Biofilter Trickling

Trickling Filter (TF) adalah tipe pengolahan dengan *biofilter* awal yang digunakan. Salah satu pengolahan terpusat paling awal di Indonesia, Yogyakarta, juga menggunakan unit TF ini sebagai unit utamanya (Yulianto, 2004). Konsep TF muncul seiring dengan pertumbuhan kontak filter di Inggris diakhir tahun 1890-an. Kontak desain filter sebagai reaktor dengan diameter media kecil dan dioperasikan dengan mode *recycle* (Metcalf dan Eddy, 2003).

Pengolahan air limbah dengan *Trickling Filter* adalah proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke dalam suatu tumpukan media yang terdiri dari bahan batu pecah (kerikil), bahan keramik, sisa tanur (*slag*), medium dari bahan plastik atau lainnya. Dengan cara demikian maka pada permukaan medium akan tumbuh lapisan biologis (*biofilm*) seperti lendir dan lapisan biologis tersebut akan kontak dengan air limbah.

Proses pengolahan air limbah dengan sistem *Trickling Filter* pada dasarnya hampir sama dengan sistem lumpur aktif, dimana mikroorganisme berkembangbiak dan menempel pada permukaan media penyangga. Di dalam aplikasinya, proses pengolahan air limbah dengan sistem *trickling filter* secara garis besar ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



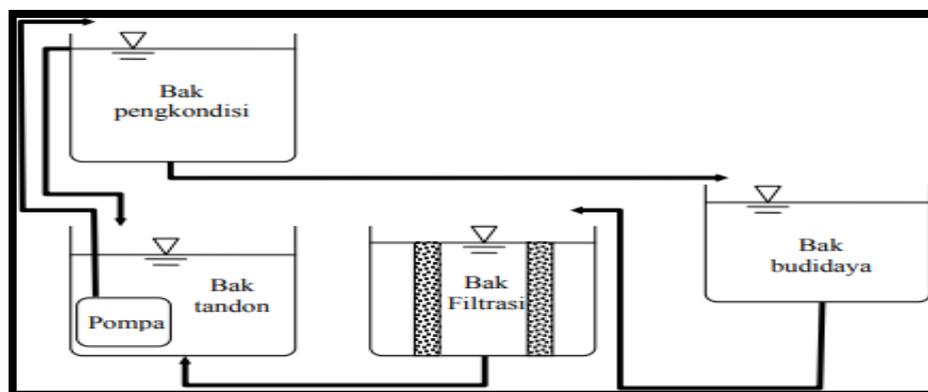
Gambar 2. Skema Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem *Trickling Filter* (Metcalf dan Eddy, 2003)

2.2.3 *Bead Biofilter*

Bead Filter awalnya diciptakan untuk mengatasi beberapa masalah utama dengan menggunakan filter pasir dalam sistem budidaya budidaya dengan kepadatan tinggi. Dibandingkan dengan filter yang lainnya *Bead Filter* meminimalkan penggunaan air. Dengan menggunakan sistem ini, ikan yang dipelihara akan lebih sehat dan kadar sirkulasi makanan (*food circulation rate*) lebih rendah daripada perikanan secara konvensional seperti dalam kolam lainnya (Yacob, 2009).

Bead Filter juga lebih dikenal sebagai sistem akuakultur resirkulasi adalah sebuah sistem sirkulasi air tambak dengan menggunakan kembali (*re-use*) air untuk budidaya habitat air, sehingga dapat mengurangi penggunaan air dari luar sistem. Dimana air tambak yang telah digunakan untuk budidaya ikan dan telah mengalami penurunan kualitasnya, dapat digunakan kembali setelah mengalami proses filtrasi (Suantika, 2001).

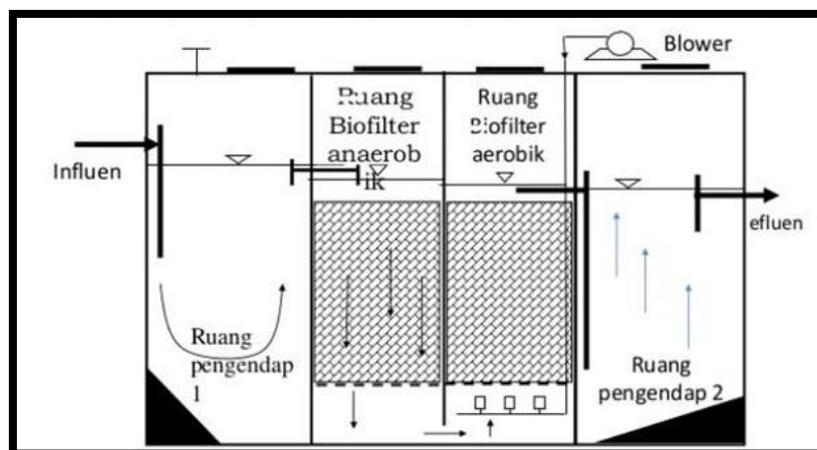
Sistem akuakultur resirkulasi ini merupakan teknik budidaya yang relatif baru dan unik dalam industri perikanan. Sistem resirkulasi merupakan budidaya intensif yang merupakan alternatif menarik untuk menggantikan sistem ekstensif, dan cocok diterapkan di daerah yang memiliki lahan dan air terbatas (Suresh, *et al.*, 1992). Skema sistem akuakultur resirkulasi tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Sistem Akuakultur Resirkulasi (Setiawan, *et al.*, 2004).

2.2.4 Biofilter Aerob-Anaerob

Proses *biofilter* dapat dilakukan secara *anaerob* maupun secara *aerob*. Pada proses *anaerob* penguraian zat organik oleh mikroorganisme atau *biofilm* tidak memerlukan pasokan oksigen sedangkan pada proses *aerobik* diperlukan pasokan oksigen dengan aerasi untuk penguraian zat organik. *Biofilter Aerob-Anaerob (Hibride)* adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses *biofilter aerob* dan proses *biofilter anaerob*. Keunggulan menggunakan *Biofilter Aerob-Anaerob* diantaranya adalah pengelolaannya sangat mudah, dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan relatif sedikit, dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik. Prototipe alat ini dibuat dari bahan *fiber glass (Fiber Reinforced Plastic)* dan dibuat dalam bentuk yang kompak dan langsung dapat dipasang dengan ukuran panjang 310 cm, lebar 100 cm dan tinggi 200 cm. Ruangan di dalam alat tersebut dibagi menjadi beberapa zona yakni ruangan pengendapan awal, zona *biofilter anaerob*, zona *biofilter aerob* dan ruangan pengendapan akhir. Media yang digunakan untuk *biofilter* adalah media plastik sarang tawon. Air limbah yang ada di dalam ruangan pengendapan akhir sebagian disirkulasi ke zona *aerob* dengan menggunakan pompa sirkulasi. Skema proses *Biofilter Aerob-Anaerob (Hibride)* tersaji pada Gambar 4.

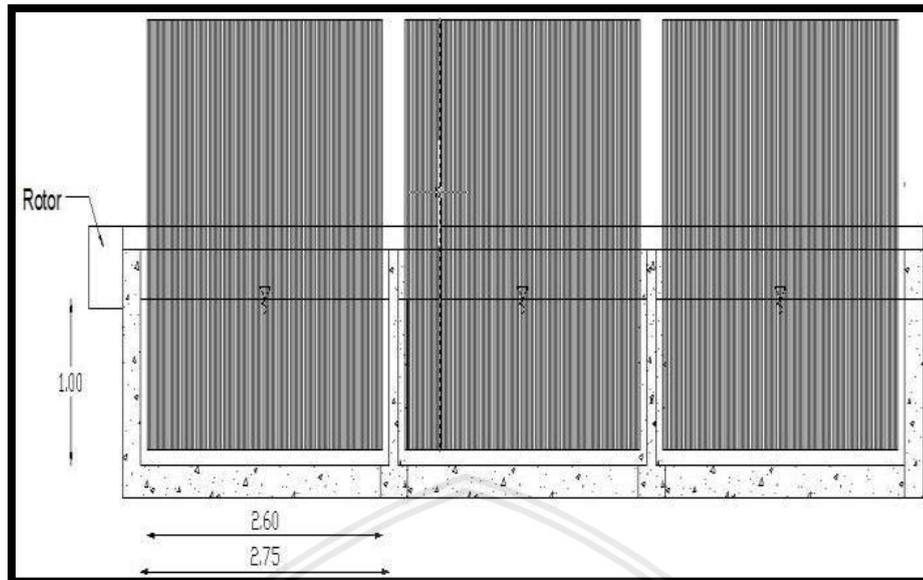


Gambar 4. Skema Proses *Biofilter Aerob-Anaerob (Hibride)* (PPLP, 2015).

2.2.5 Rotating Biological Contactor

Rotating Biological Contactor (RBC) ialah suatu proses pengolahan limbah cair dengan menggunakan metode dimana unit pengolah air limbah ini berotasi dengan pusat pada sumbu atau as yang digerakkan oleh *motor drive system* dan/atau tiupan udara (*air drive system*) dari *difusser* yang ditenam dalam air limbah di bawah media. Media tempat pelekatan mikroba berbahan plastic dan dipasang sedemikian rupa sehingga terjadi kontak yang seluas-luasnya dengan air limbah dan oksigen yang terjadi silih berganti. Dimana metodenya melibatkan kontak dengan unsur-unsur biologi di dalam perputaran ataupun rotasi.

Reaktor biologis putar (*rotating biological contactor*) adalah salah satu teknologi pengolahan air limbah yang mengandung polutan organik yang tinggi secara biologis dengan sistem biakan melekat (*attached culture*). Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disk*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut (Said, 2005). Skema *rotating biological contactor* tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema *Rotating Biological Contactor* (Jeppson, 1996).

2.3 Bakteri *Nitrobacter*

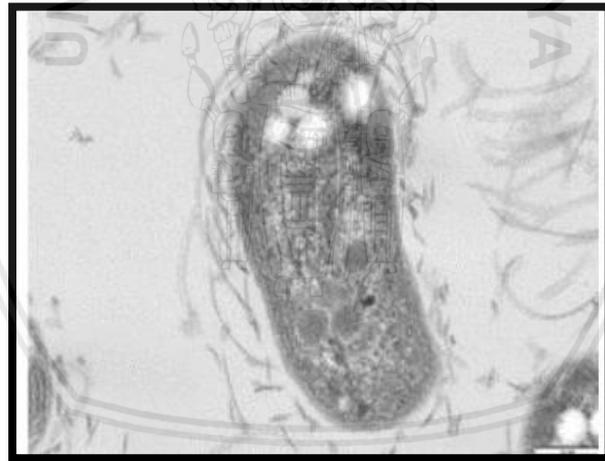
2.3.1 Klasifikasi Bakteri *Nitrobacter*

Nitrobacter merupakan bakteri nitrifikasi karena merupakan bakteri yang mengubah nitrit menjadi nitrat. Klasifikasi bakteri dari genus *Nitrobacter* menurut Starkenburg, *et al.*, (2006) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
 Phylum : Pro bacteria
 Class : Alpha Pro bacteria
 Order : Rhizobiales
 Family : Bradyrhizobiaeae
 Genus : *Nitrobacter*

Nitrobacter adalah genus dari sebagian besar bakteri yang berbentuk batang, gram negatif dan bersifat *chemoautotrophic*. *Nitrobacter* berperan penting dalam siklus nitrogen dengan cara mengoksidasi nitrit menjadi nitrat dalam tanah maupun perairan. Tidak seperti tanaman, transfer elektron dalam proses fotosintesis hanya menyediakan energi untuk melakukan fiksasi karbon.

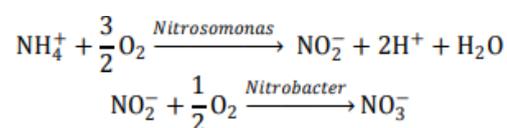
Nitrobacter menggunakan energi dari oksidasi ion nitrit (NO_2^-) menjadi ion nitrat (NO_3^-) untuk memenuhi kebutuhan energi dalam proses metabolisme mereka. *Nitrobacter* melakukan oksidasi menjadi karbondioksida melalui siklus *Calvin* untuk memenuhi kebutuhan karbon mereka. Beberapa referensi dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *Nitrobacteraceae* merupakan famili dari genus *Nitrobacter*. Spesies dalam genus *Nitrobacter* yaitu *N. winogradskyi*, *N. hamburgensis*, *N. Vulgaris* dan *N. alkalicus*. *Nitrobacter* merupakan kelompok *filogenetis* yang tergolong masih muda, sehingga keberadaan genus ini terus dikaji dan dilestarikan. Terdapat empat spesies yang teridentifikasi dalam genus *Nitrobacter* yakni *N. winogradskyi*, *N. hamburgensis*, *N. Vulgaris* dan *N. alkalicus* (Vanparys, *et al.*, 2007). Morfologi bakteri *N. winogradskyi* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *N. winogradskyi* (Wisconsin-Madison, 2006).

2.4 Proses Nitrifikasi

Menurut Novotny dan Olem (1994), nitrifikasi merupakan oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses nitrifikasi ditunjukkan dalam persamaan reaksi sebagai berikut:



Nitrifikasi merupakan proses penting dalam penghilangan amonia di perairan dan ini sangat menguntungkan bagi perikanan budidaya karena amonia berpotensi beracun. Proses ini tidak dapat dilepaskan dari peran mikroorganisme. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri dari genus *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri dari genus *Nitrobacter*. Laju oksidasi amonia menjadi nitrit lebih cepat dibanding laju oksidasi nitrit menjadi nitrat, sehingga nitrit berada dalam jumlah sedikit (Novotny dan Olem, 1994).

Menurut Novotny dan Olem (1994), ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi nitrifikasi, faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Reaksi berlangsung secara *aerob* jika konsentrasi oksigen lebih rendah dari 2 mg/l, laju reaksi akan menurun dengan cepat. Peningkatan oksigen terlarut menyebabkan penurunan amonia dan peningkatan nitrat. Untuk oksidasi amonia menjadi nitrit batas minimum bakteri hidup pada konsentrasi oksigen 0,08 mg/l, sedangkan untuk oksidasi nitrit menjadi nitrat batas minimum bakteri dapat hidup pada konsentrasi oksigen 2 mg/l (Sudaryanti, 1990).
2. pH optimum berkisar antara 8-9, sedangkan jika pH di bawah 6 reaksi akan seketika terhenti. Pada pH 7 oksidasi amonia menjadi nitrit meningkat, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat lebih cepat pada pH asam (Sudaryanti, 1990).
3. Bakteri nitrifikasi cenderung menempel ke sedimen atau permukaan keras. Laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi lebih rendah dibanding laju pertumbuhan dekomposer heterotrof. Jika konsentrasi bahan organik mudah urai tinggi, bakteri heterotrof akan membatasi pertumbuhan bakteri nitrifikasi, sehingga nitrifikasi akan terhambat.

4. Suhu optimum berkisar antara 20-25 °C. Laju pertumbuhan menurun jika suhu kurang atau lebih dari suhu optimum.

Peristiwa nitrifikasi dicirikan dengan penghilangan secara simultan amonia dan meningkatnya konsentrasi nitrat. Namun, penurunan konsentrasi amonia saja tidak cukup menggambarkan proses nitrifikasi karena tidak semua amonia yang lepas oleh proses dekomposisi di sedimen akan dikembalikan ke badan air. Sebagian amonia akan terserap ke sedimen dan sebagian lagi akan dimanfaatkan kembali untuk pertumbuhan makrofita di perairan dangkal (cahaya melimpah) di lokasi yang sesuai bagi pertumbuhannya. Proses simultan nitrifikasi-denitrifikasi hanya dapat terjadi di permukaan sedimen air. Nitrifikasi pada air mengalir jarang sekali terjadi (Novotny dan Olem 1994).

Bakteri nitrifikasi banyak ditemukan di lokasi yang tersedia konsentrasi oksigennya. Jumlah bakteri terbatas, tergantung dari laju pertumbuhan sel dan juga rasio BOD₅/N. Jika rasio BOD₅/N sebesar 3 maka persentase organisme berkisar kurang dari 0,083 sedangkan jika rasio BOD₅/N sebesar 5-9 maka persentase organisme sebesar 0,029-0,054 (Sotirakou, 1998). Waktu yang dibutuhkan untuk generasi bakteri *Nitrobacter* sekitar 7-24 jam, sedangkan bakteri *Nitrobacter* membutuhkan waktu lebih lama, yaitu 10-140 jam (Strauss, 2000). Amonia lepas pada kondisi anoksik karena kemampuan nitrifikasi di sedimen berkurang, sehingga asimilasi amonia oleh mikroorganisme *anaerob* berkurang (Beutel, 2006).

2.5 Kualitas Air

2.5.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan organisme. Suhu perairan dapat mempengaruhi kehidupan ikan, semakin tinggi suhu maka kelarutan oksigen semakin rendah. Bersamaan

dengan peningkatan suhu pada perairan maka mengakibatkan peningkatan aktifitas metabolisme organisme akuatik sehingga kebutuhan oksigen juga akan meningkat (Mahasri, 2009).

Menurut Effendi (2003), perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Peningkatan suhu dapat menurunkan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 dan sebagainya. Selain itu, peningkatan suhu juga dapat meningkatkan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme akuatik dan selanjutnya mengakibatkan konsumsi oksigen meningkat. Namun peningkatan suhu ini disertai dengan penurunan kandungan oksigen terlarut, sehingga keberadaan oksigen seringkali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan terganggu.

2.5.2 Dissolved Oxygen (DO)

Menurut Kordi dan Tancung (2007), oksigen terlarut merupakan faktor terpenting dalam menentukan kehidupan ikan. Pernapasan ikan akan terganggu bila oksigen kurang dalam perairan. Beberapa jenis ikan mampu bertahan hidup pada perairan dengan konsentrasi oksigen 3 ppm, namun konsentrasi oksigen terlarut yang baik untuk hidup ikan adalah 5 ppm. Pada perairan dengan konsentrasi oksigen dibawah 4 ppm nafsu makan ikan mulai menurun. Untuk itu, konsentrasi oksigen yang baik dalam budidaya perairan adalah antara 5-7 ppt. Oksigen terlarut merupakan faktor yang sangat penting dalam perairan, terutama untuk proses respirasi bagi sebagian organism air. Kelarutan oksigen dipengaruhi oleh suhu. Nilai suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi oksigen terlarut. Semakin tinggi suhu maka kadar oksigen terlarut semakin rendah, begitupun sebaliknya semakin rendah suhu maka kadar oksigen terlarut semakin tinggi. Oksigen terlarut dapat ditingkatkan melalui penggunaan aerasi

dan bak pemeliharaan yang diletakkan di luar ruangan, sehingga sirkulasi oksigen dapat berjalan dengan baik (Mubarak, *et al.*, 2009).

2.5.3 Derajat Keasaman (pH)

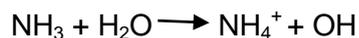
Derajat keasaman atau pH merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH suatu perairan dapat mencerminkan keseimbangan antara asam dan basa dalam perairan tersebut. Tingginya nilai pH air karena adanya pengaruh aktivitas budidaya keramba ikan, yaitu aktivitas pemberian pakan. Apabila terdapat sisa pakan ikan maka akan tercampur dengan substrat yang ada di dasar perairan dan terdegradasi kemudian digunakan oleh biota air. Selain itu juga kotoran biota air yang menyebabkan kenaikan pH karena kotoran organisme air mengandung amonia yang dapat meningkatkan derajat keasaman (pH) yakni menjadi basa (Wijaya dan Hariyati, 2011).

Derajat keasaman air sangat menentukan kualitas air. Setiap organisme memerlukan kisaran nilai pH untuk dapat hidup dan berkembang biak. Bila derajat keasaman air tidak sesuai, ikan tidak dapat hidup dengan baik, bahkan dapat berakibat pada kematian (Sutrisno, 2008). Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5–7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5 (Yuliasuti, 2011).

2.5.4 Amonia

Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Adanya amonia tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amonia, tanaman air yang menyerap amonia sebagai nutrisi, konsentrasi oksigen dan suhu. Senyawa amonia dapat

ditemukan dimana-mana dari kadar beberapa mg/l lebih pada air buangan. Amonia dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan suhu yang mempengaruhi air. Nitrogen amonia berada dalam air sebagai amonium (NH_4^+) berdasarkan reaksi kesetimbangan sebagai berikut:



Kadar amonia bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu. Kehidupan air terpengaruh oleh amonia pada konsentrasi 1 mg/l dan dapat menyebabkan mati lemas karena dapat mengurangi kapasitas oksigen dalam air (Said dan Tresnawaty, 2001)

Amonia (NH_3) merupakan polutan langsung dari kegiatan budidaya ikan. Amonia dalam bentuk NH_3 ataupun ammonium NH_4^+ merupakan senyawa yang mengandung unsur nitrogen (N_2). Nitrogen adalah unsur yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman karena merupakan bagian penting dari protoplasma, enzim, agen katalis biologis yang berfungsi untuk mempercepat proses pertumbuhan. Dalam rangka untuk menyiapkan makanan untuk tanaman, tanaman juga memerlukan peranan nitrogen. Peranan nitrogen secara khusus pada tanaman berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, memberikan warna pada tanaman, panjang umur tanaman, penggunaan karbohidrat dan lain-lain (Nugroho, *et al.*, 2012).

2.5.5 Nitrat

Senyawa nitrat adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa yang stabil. Senyawa ini dapat berasal dari buangan industri dan secara alamiah kadar nitrat relatif rendah, tetapi kadar ini dapat menjadi tinggi sekali pada air tanah di daerah-daerah yang diberi pupuk yang mengandung nitrat. Nitrat masih merupakan zat polutan, sehingga masih diperlukan suatu proses untuk menghilangkan kedua senyawa tersebut. Oleh karena itu setelah

proses nitrifikasi dilanjutkan dengan proses denitrifikasi, yaitu proses yang merubah unsur nitrit dan nitrat menjadi gas nitrogen (N_2) yang merupakan produk akhir dari proses pengolahan limbah amonia secara keseluruhan (Herlambang dan Marsidi, 2003).

Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Komarawidjaja (2006), menyatakan bahwa hasil akhir proses nitrifikasi adalah terbentuknya nitrat. Senyawa N anorganik ini relatif tidak bersifat racun bagi kehidupan ikan dibanding dengan amonia dan nitrit. Sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi seharusnya konsentrasi nitrat menjadi bertambah. Dalam kondisi *aerob*, proses denitrifikasi tidak mungkin berjalan dengan sempurna, karena kondisi yang baik untuk proses denitrifikasi adalah dalam kondisi *anaerob*. Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan (Effendi, 2003).

2.5.6 Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solid*)

Total dissolved solid atau total padatan terlarut yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) dengan diameter 10-3 μm yang terdapat pada sebuah larutan. Umumnya berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati filter yang berdiameter 2 mikrometer atau lebih kecil ukuran rata-rata nominal pori. Suhu yang digunakan untuk mengeringkan residu sangat penting dan mempengaruhi hasil karena bobot yang hilang akibat bahan organik volatil, air, air kristalisasi, gas yang keluar akibat dekomposisi kimia sebagai bobot akibat oksidasi tergantung suhu dan waktu pemanasan. Suhu pemanasan TDS adalah 105 $^{\circ} C$. Padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air, oleh karena itu analisa TDS menyediakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut tetapi tidak menjelaskan pada sifat

atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisa TDS digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air (Oram, 2010).

Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium, magnesium, bikarbonat, karbonat dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion, molekul atau aglomerasi dari ribuan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan. Perubahan dalam konsentrasi TDS dapat berbahaya karena densitas (masa jenis) air menentukan aliran air masuk dan keluar dari sel-sel organisme. Namun, jika konsentrasi TDS terlalu tinggi atau terlalu rendah, pertumbuhan kehidupan banyak air dapat dibatasi, dan kematian dapat terjadi. Konsentrasi TDS yang tinggi juga dapat mengurangi kejernihan air, memberikan penurunan secara signifikan pada proses fotosintesis, serta gabungan dengan senyawa beracun dan logam berat menyebabkan peningkatan suhu air (Apha, 2005).

2.6 Padat Tebar Udang Galah

Padat Penebaran adalah jumlah atau kepadatan suatu jenis udang, per satuan volume atau luas tempat pemeliharaan atau kolam pada saat pertama kali ditebarkan. Padat penebaran merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dikarenakan dapat mempengaruhi produktivitas perairan tersebut dan efisiensi pemakaian kolam. Jika padat penebarannya terlalu tinggi, artinya populasi di dalam perairan tersebut tinggi, produktivitas kolam menjadi rendah dan tingkat kematiannya tinggi. Sebaliknya, jika pada penebarannya terlalu rendah, pemeliharaan udang dalam kolam tertentu menjadi tidak efisien (Heryanto, 2006).

Pada tingkat padat penebaran yang tinggi udang tersebut akan lebih agresif mencari makanan. Hadie, *et al.* (1992), menambahkan bahwa semakin tinggi padat penebaran semakin tinggi pula mortalitas dan semakin rendah daya kelangsungan hidupnya. Hal ini diduga karena udang bersifat bentik teritorial dan meningkatnya kanibalisme karena frekuensi ganti kulit yang cukup tinggi.

Padat penebaran 500 ekor/m² adalah yang paling optimum karena menghasilkan derajat kelangsungan hidup 85,97% dan laju pertumbuhan harian sebesar 2,01% untuk masa pemeliharaan 40 hari.

2.7 ANOVA (*Analysis of Variance*)

Analysis of variance atau ANOVA merupakan salah satu uji parametrik yang berfungsi untuk membedakan nilai rata-rata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya (Ghozali, 2009). Prinsip uji ini adalah melakukan analisis variabilitas data menjadi dua sumber variasi yaitu variasi di dalam kelompok (*within*) dan variasi antar kelompok (*between*). Bila variasi *within* dan *between* sama (nilai perbandingan kedua varian mendekati angka satu), berarti nilai *mean* yang dibandingkan tidak ada perbedaan. Sebaliknya bila variasi antar kelompok lebih besar dari variasi di dalam kelompok, nilai *mean* yang dibandingkan menunjukkan adanya perbedaan. ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk melakukan analisis komparasi multivariabel. Teknik analisis komparatif dengan menggunakan tes “t” yakni dengan mencari perbedaan yang signifikan dari dua buah mean hanya efektif bila jumlah variabelnya dua.

ANOVA digunakan untuk membandingkan rata-rata populasi bukan ragam populasi. Jenis data yang tepat untuk anova adalah nominal dan ordinal pada variable bebasnya, jika data pada variabel bebasnya dalam bentuk interval atau ratio maka harus diubah dulu dalam bentuk ordinal atau nominal.

Sedangkan variabel terikatnya adalah data interval atau rasio. Uji ANOVA dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan jumlah variabel yang diamati, yaitu *One Way Anova* dan *Two Way Anova*. *One Way Anova* digunakan bila ada satu variabel yang ingin diamati, sedangkan *Two Way Anova* digunakan apabila terdapat dua variabel yang ingin diamati.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat Penelitian

Alat serta fungsi dari alat yang digunakan dalam penelitian ini tersaji dalam Tabel 1 dan Lampiran 1.

Tabel 1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Cawan Petri	Wadah media agar pertumbuhan bakteri
2	Tabung Reaksi	Wadah pertumbuhan bakteri
3	Mikropipet (1000 μ l)	Alat dalam membantu mengambil larutan
4	Pipet Volume (10 ml)	Alat untuk membantu mengambil larutan
5	Bola Hisap	Alat dalam membantu pipet volume mengambil larutan

6	Mikroskop	Alat dalam mengamati bakteri secara mikroskopis
7	Bunsen	Wadah bahan bakar spirtus
8	Inkubator	Wadah inkubasi bakteri dengan suhu yang diinginkan
9	Rak Tabung Reaksi	Alat untuk penyangga tabung reaksi
10	<i>Vortex Mixer</i>	Alat untuk menghomogenkan
11	Almari Es	Alat penyimpan bakteri dengan suhu yang dorman bakteri
12	Autoklaf	Alat mensterilisasikan alat dan bahan
13	<i>Beaker Glass</i>	Wadah bahan
14	Erlenmeyer (250, 500ml)	Wadah media maupun sampel yang digunakan
15	<i>Hot Plate</i>	Alat untuk memanaskan
16	Timbangan Analitik	Alat untuk menimbang bahan dengan ketelitian 10^{-4}
17	Spatula	Alat untuk mengaduk bahan
18	Sendok	Alat untuk mengambil bahan
19	<i>Object Glass</i>	Tempat pengamatan pada mikroskop
20	Pipet Tetes	Alat untuk mengambil larutan
21	Jarum Ose	Alat untuk mengambil bakteri
22	Nampan	Wadah alat dan bahan yang digunakan
23	<i>Colony Counter</i>	Alat untuk membantu menghitung koloni
24	Botol Vial	Wadah bahan
25	Botol Falcon	Wadah sampel
26	Buku <i>Bergey's Manual Systematic Bacteriology Vol II</i>	Buku literatur dalam identifikasi bakteri
27	<i>Laminary Air Flow</i> (LAF)	Ruangan tertutup dalam melakukan pekerjaan steril
28	Gelas Ukur (250 ml)	Alat untuk mengukur bahan yang akan digunakan
29	Spektrofotometer	Alat untuk mengukur <i>Optical Density</i> (OD)
30	Cuvet Spektrofotometer	Alat untuk wadah sampel yang akan di spektrofotometer
31	Sprayer	Wadah alkohol 70 %
32	Corong	Alat untuk membantu menyangga kertas saring

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam Penelitian (Lanjutan)

No.	Alat	Fungsi
33	Korek	Alat yang mengeluarkan sumber api
34	Shaker	Sebagai alat untuk menghomogenkan
35	<i>Object Glass</i>	Tempat pengamatan pada mikroskop
36	Pipet Tetes	Alat untuk mengambil larutan
37	Jarum Ose	Alat untuk mengambil bakteri
38	Nampan	Wadah alat dan bahan yang digunakan
39	<i>Colony Counter</i>	Alat untuk membantu menghitung koloni
40	Botol Vial	Wadah bahan

3.1.2 Bahan Penelitian

Bahan serta fungsi dari bahan yang digunakan dalam penelitian ini tersaji dalam Tabel 2 dan Lampiran 2.

Tabel 2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian (Lanjutan)

No	Bahan	Fungsi
1	Akuades	Pelarut maupun bahan yang akan digunakan
2	KNO ₂	Wadah pertumbuhan bakteri
3	K ₂ HPO ₄	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
4	NaCl	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
5	MgSO ₄ .7H ₂ O	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
6	Fe-SO ₄ .7H ₂ O	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
7	CaCO ₃	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
8	CaCl ₂	Bahan pembuatan media selektif bakteri <i>Nitrobacter</i>
9	<i>Bacto Agar (BA)</i>	Media pertumbuhan bakteri
10	<i>Tryptic Soy Broth (TSB)</i>	Media berbentuk broth untuk pertumbuhan bakteri
11	<i>Plate Count Agar (PCA)</i>	Media agar pertumbuhan bakteri
12	NaCl	Bahan pembuatan Nafisiologis
13	Spiritus	Bahan bakar bunsen
14	Kertas Saring	Penyaring hasil ekstrak bakteri
15	<i>Plastic Wrap</i>	Bahan untuk membungkus secara rapat
16	Kertas label	Penanda alat
17	Karet	Pengikat alat
18	Blue	Bahan dalam membantu mikropipet mengambil larutan
19	Safranin	Bahan dalam pewarnaan gram
20	Lugol	Bahan dalam pewarnaan gram
21	Alkohol 96 %	Bahan dalam pewarnaan gram
22	Alkohol 70%	Bahan pengondisian aseptis
23	<i>Aluminium foil</i>	Alas dan bahan untuk menutup wadah
24	Kapas	Bahan untuk menutupi lubang alat

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam Penelitian (Lanjutan)

No	Bahan	Fungsi
25	Lateks	Pengondisian aseptis
26	Masker	Pengondisian aseptis
27	<i>Cotton Swab</i>	Bahan dalam menanamkan bakteri
28	<i>Nitrobacter</i>	Sampel yang akan diuji
29	Methanol 70%	Bahan pelarut ekstraksi
30	Minyak Emersi	Bahan untuk memperjelas hasil saat pengamatan mikroskop
31	Tissue	Bahan dalam membantu membersihkan
32	Plastik	Bahan untuk membungkus botol falkon yang akan disterilisasi
33	Kertas Bekas	Bahan untuk membungkus cawan agar saat disterilisasi
34	Kapas	Bahan untuk menutupi lubang alat
35	Lateks	Pengondisian aseptis
36	Masker	Pengondisian aseptis
37	<i>Cotton Swab</i>	Bahan dalam menanamkan bakteri

38	<i>Nitrobacter</i>	Sampel yang akan diuji
39	Methanol 70%	Bahan pelarut ekstraksi
40	Tissue	Bahan dalam membantu membersihkan
41	Minyak Emersi	Bahan untuk memperjelas hasil saat pengamatan mikroskop
42	Plastik	Bahan untuk membungkus botol falkon yang akan disterilisasi
43	Kertas Bekas	Bahan untuk membungkus cawan agar saat disterilisasi

3.1.3 Rancangan Bangun RBC

Pada sistem *Rotating Biological Contactor* proses pengolahan air limbah diawali air limbah budidaya pada wadah pemeliharaan dialirkan ke bak pengendap. Tujuannya adalah agar kotoran udang dan sisa pakan dapat tersaring dan tidak masuk kedalam wadah RBC. Selanjutnya air di alirkan pada wadah RBC, di dalam wadah RBC air diolah dengan cara *disk* diputar dengan kecepatan yang stabil dengan syarat *disk* harus terendam air 40 % dari diameter *disk*. Lalu air hasil olahan dari RBC langsung dialirkan ke dalam wadah pemeliharaan.

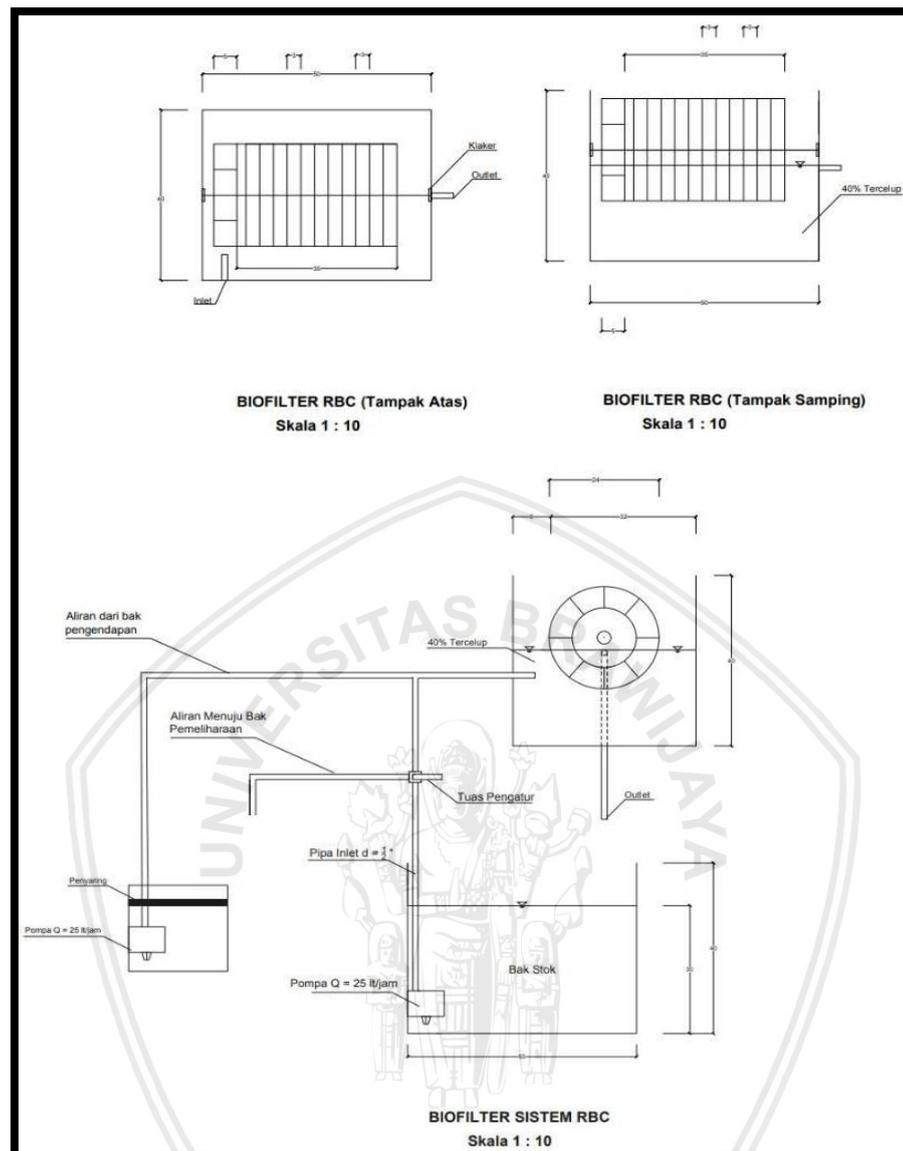
Untuk desain RBC di *prototipe* kan dari spesifikasi produk *Esuron Meito SR SF*, karena untuk bahan *disk* yang digunakan mudah ditemukan yaitu dengan menggunakan *polyethylene* atau bisa juga dengan menggunakan *fiber twinlite*. Ukuran dari *disk* diprototipe kan dengan perbandingan 1:10, sedangkan untuk perhitungan parameter desain di sesuaikan dengan spesifikasi tersebut. Berikut adalah produsen media RBC serta spesifikasi produk yang tersaji pada Gambar 7.

No	19	20	21	22	23	24
Perusahaan	Sekisui Kagaku Kogyou (Japan)	Shin Meiwa Kogyou (Japan)	Torei Engineering (Japan)	Yunichika (Japan)	Mitsuki Kogyou	Shouchu Plastic
Spesifikasi Modul RBC						
Nama Dagang	Esuron Meito SR SF	Hani-Rotor (Hanirouta)	Biox	Bio- Mesh	Sun RBC	Sun Loiyd (sanroido)
Diameter Disk (m)	2,4 – 5,0	1,0 – 3,0	2,4 – 4,0	2,0 – 4,0	1,7 – 3,6	2,0 – 3,6
Panjang Poros (m)	3,5 – 7,5	1,5 – 5,0	2,9 – 6,9	5,8 – 6,2	2,2 – 5,2	3,0 – 6,5
Jarak Tiap Disk (mm)	15 – 30	20 – 30	20	20	22	16 – 32
Tebal Tiap Disk (mm)	1,0 – 1,7	0,18 – 0,23	0,7	2,0	0,8 – 1,2	0,6 – 0,8
Luas Permukaan Media (m ² /Modul)	500 – 17.000	130 – 4.190	1.100 – 8.750	600 – 5.000	388 – 6.400	800 – 4.600
Beban Volumetrik (liter/m ²)	4,7 – 9,0	7,9 – 9,3	5,0 – 6,0	6,7 – 7,5	5,1 – 7,8	4,5 – 6,0
Bahan Media	Polyethylene	Hard PVC	Hard PVC	Polyethylene	Hard PVC	Hard PVC
Bentuk / Tipe Disk	Plat datar, plat gelombang	sarang tawon	Plat cekung-cembung	Jaring pada kedua permukaan	Plat gelombang Hexagonal	Senkei, plat cekung-cembung

Sumber : Ishiguro Masayoshi, " KAITEN ENBAN NO SUBETE 1-5"; Gekkan Mizu, bulan 5 – bulan 9 Tahun 1985.

Gambar 7. Produsen Media RBC serta Spesifikasi Produk (Said, 2005).

Dari spesifikasi tersebut di buat perbandingan dengan skala 1:10 agar dapat membuat prototipe dari model RBC. Desain disk dibuat dari fiber *twinlite* dengan diameter 24 cm yang di tempelkan pada pipa pvc^{5/8} dengan panjang 35 cm dengan jarak antar *disk* 3 cm. Jumlah *disk* yang digunakan sebanyak *disk* dihitung dari estimasi panjang poros dibagi dengan jarak tiap *disk*. *Shaft* (poros pipa yang sudah ditempel dengan *disk*) kemudian diputar dengan menggunakan dinamo dengan kecepatan 10 rpm. Untuk wadah *biofilter* sendiri menggunakan aquarium dengan ukuran 50x40x40 cm, karena menyesuaikan wadah pemeliharaan udang yang menggunakan aquarium dengan ukuran 50x30x30 cm. Untuk tinggi dan lebar wadah *biofilter* ditambahkan 10 cm sebagai estimasi tinggi dan lebar alat RBC. Berikut adalah desain prototipe RBC yang tersaji pada Gambar 8

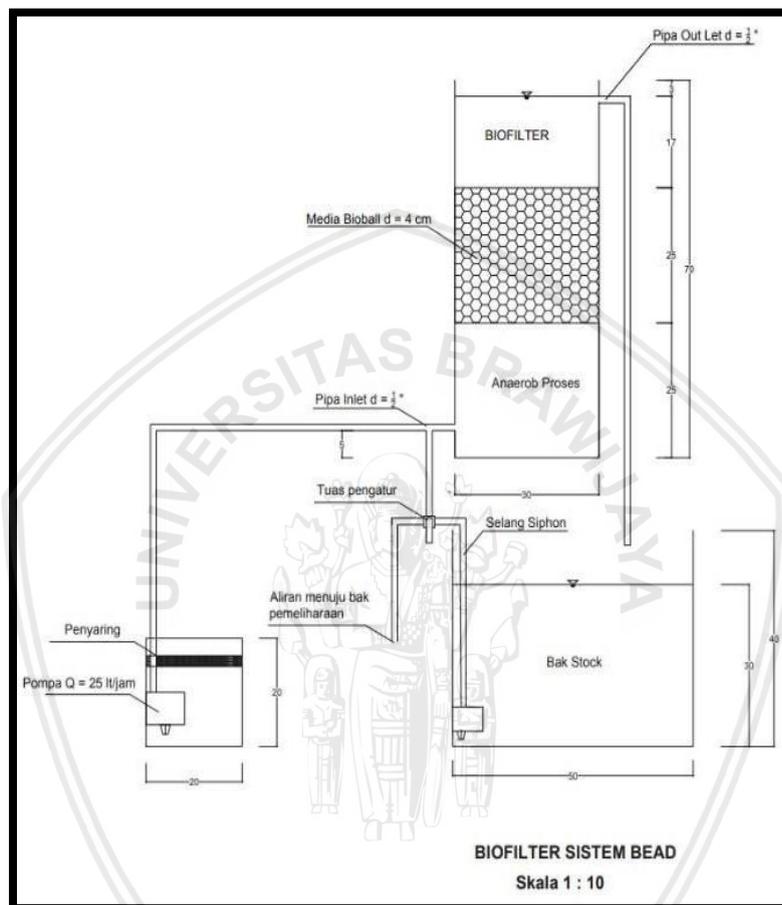


Gambar 8. Desain Prototipe RBC (Jeppsson, 1996).

3.1.4 Rancangan Bangun *Biofilter Bead*

Pada sistem *biofilter bead* cara kerjanya adalah dengan diawali dengan masuknya air dari bak pemeliharaan menuju ke bak pengendapan atau *reservoir* yang sudah diberi dakron yang bertujuan untuk menyaring zat-zat padat dari sisa pakan dan feses udang galah sehingga tidak masuk ke dalam *biofilter*. Selanjutnya adalah masuknya air dari pipa *inlet* dan menuju *outlet* melewati *bioball* yang sudah diberi aerasi untuk memberikan oksigen pada bakteri nitrifikasi. Selanjutnya air yang keluar dari *outlet* menuju ke bak pemeliharaan

dan dari pemeliharaan menuju ke *reservoir* lagi. Untuk desain dari *biofilter bead* didapatkan dari prototipe penelitian dari Antar Gamble Hall dengan ukuran perbandingan 1:3. Untuk ukuran prototipe sebesar 70:20:30 cm. Dengan spesifikasi *bioball* adalah diameter 4 cm dan luas spesifik 200-230 m²/m³.



Gambar 9. Desain *Biofilter Tipe Bead* (Setiawan, et al., 2004).

Rancangan bangun *biofilter aerob-anaerob* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan kaca dengan ketebalan 5 mm, dengan bentuk persegi panjang dengan ukuran 90 cm x 20 cm x 30 cm. *Biofilter Aerob-Anaerob* ini mempunyai sekat-sekat yang berbahan kaca dengan ukuran 20 cm x 30 cm tiga biji dan 20 cm x 33 cm satu biji.

3.1.5 Rancangan Bangun *Aerob-Anaerob*

Biofilter Aerob-Anaerob (Gambar 10) ini menggunakan pipa pvc ½ dim yang digunakan untuk inlet dan outletnya. Media Biofilter yang digunakan adalah

Bioball tipe SSA dengan luasan $280 \text{ m}^2/\text{m}^3$ yang berjumlah sebesar 20 liter yang didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$D = A \times B \times C$$

Keterangan :

A : Jumlah pakan yang diberikan (gr /hari)

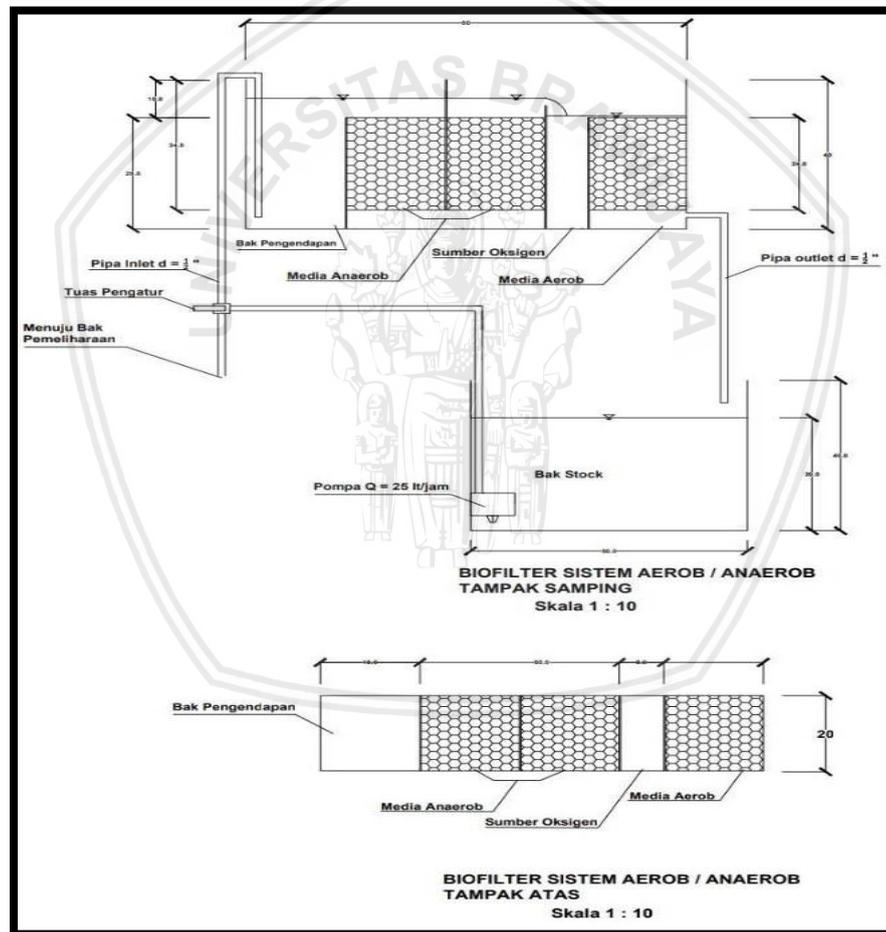
B : Kandungan protein pakan (%)

C : Estimasi nitrogen terbuang (%)

D : Amonia yang di hasilkan dengan rasio (1,1 – 1,2)

Berikut adalah desain *biofilter* tipe *aerob-anaerob* yang tersaji pada

Gambar 10.

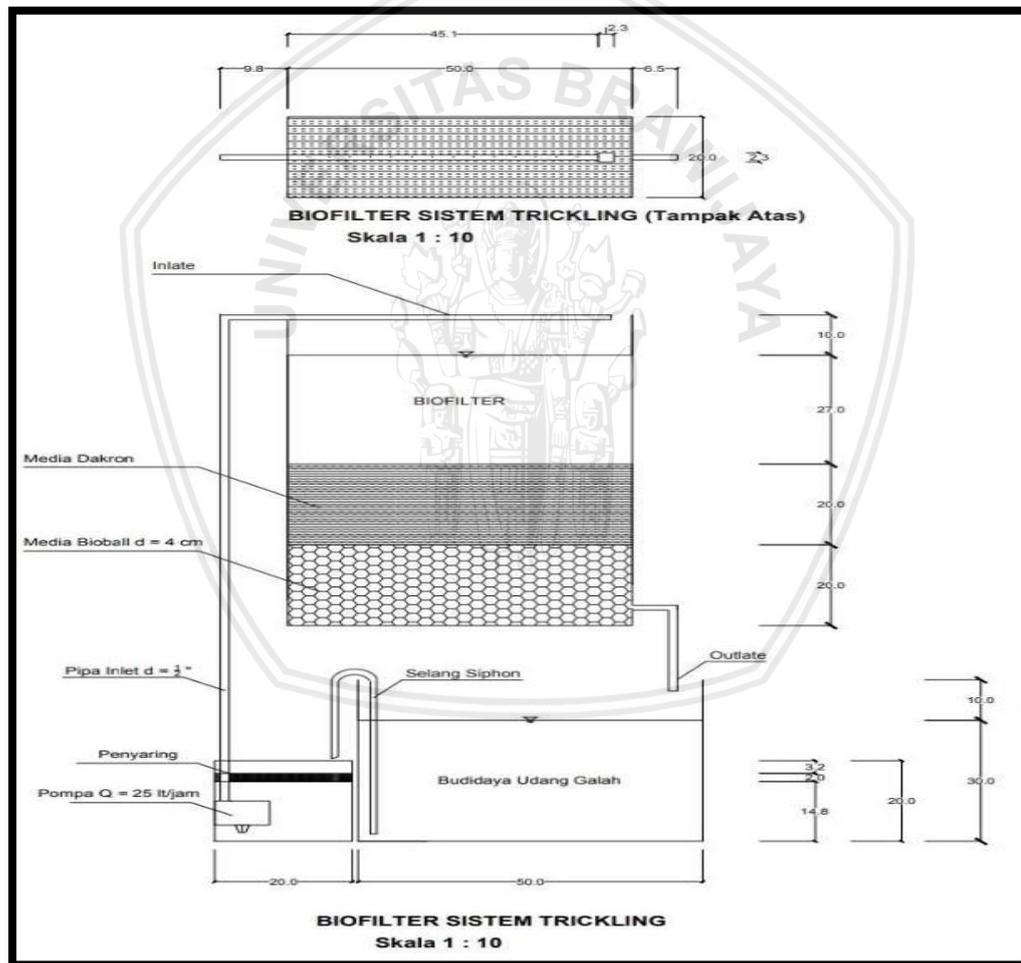


Gambar 10. Desain *Biofilter* Tipe *Aerob-Anaerob* (PPLP, 2015).

3.1.6 Rancangan Bangun *Trickling Filter*

Pada sistem *Trickling Filter* (Gambar 11) proses pengolahan air limbah budidaya diawali air limbah budidaya pada wadah pemeliharaan dialirkan ke bak

pengendap. Tujuannya adalah agar kotoran udang dan sisa pakan dapat tersaring dan tidak masuk kedalam bak *trickling filter*. Selanjutnya air dialirkan pada bak *trickling filter*, di dalam bak *trickling filter* air diolah dengan cara air disemprotkan ke media *bioball* seraca merata, di dalam media *bioball* air limbah tersebut akan diolah oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobakter* sehingga akan menjadi air yang dapat di gunakan kembali, lalu air hasil olahan dari *trickling filter* langsung dialirkan ke dalam wadah pemeliharaan. Berikut adalah desain *biofilter trickling* yang tersaji pada Gambar 11.



Gambar 11. Desain *Biofilter Trickling* (Metcalf dan Eddy, 2003).

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan 4

perlakuan dengan 3 ulangan dan 1 perlakuan kontrol sebagai pembanding. RAL digunakan untuk percobaan yang mempunyai media atau tempat homogen. Rancangan penelitian eksperimental bertujuan untuk mengungkapkan pengaruh suatu gejala yang timbul akibat manipulasi tertentu. Manipulasi diberikan kepada subyek yang diteliti, diamati sampai dengan batas tertentu, data perubahan yang terjadi dicatat dan diamati efeknya. Adapun metode eksperimental dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri *Nitrobacter* dan menghitung kelimpahannya pada 4 sistem *biofilter*.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan gambaran umum penelitian yang akan dilaksanakan oleh peneliti untuk mencapai tujuan tertentu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Menurut Pratisto (2004), rancangan acak lengkap merupakan rancangan percobaan yang paling sederhana diantara rancangan percobaan standar lainnya. Beberapa keuntungan menggunakan rancangan acak lengkap antara lain: denah perancangan percobaan lebih mudah, analisis statistik terhadap objek percobaan sederhana dan fleksibel dalam jumlah penggunaan, perlakuan dan ulangan.

Adapun model rancangan acak lengkap yang secara umum dinyatakan dalam model matematika adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke - i dan ulangan ke - j

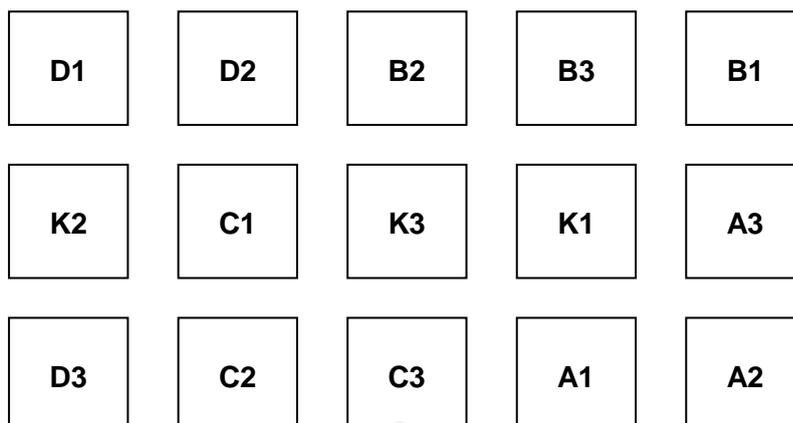
μ = nilai tengah umum

T_i = pengaruh perlakuan ke - i

ϵ_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-I dan kelompok-j

Penelitian ini menggunakan 4 perlakuan dengan 3 ulangan, sedangkan 1 perlakuan kontrol sebagai pembanding. Kontrol digunakan sebagai perlakuan sampel tanpa penggunaan sistem. Berikut adalah denah penelitian yang tersaji

pada Gambar 12:



Gambar 12. Denah Penelitian

Keterangan:

- A : Perlakuan dengan penggunaan sitem biofilter bead.
- B : Perlakuan dengan penggunaan sitem biofilter trickling.
- C : Perlakuan dengan penggunaan sitem biofilter aerob-anaerob.
- D : Perlakuan dengan penggunaan sitem rotating biological contacor.
- K : Perlakuan tanpa penggunaan sitem biofilter (kontrol).
- 1,2,3 : Ulangan

3.4 Teknik

Pengumpulan

Data

Adapun jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data Primer adalah data asli yang dikumpulkan sendiri oleh peneliti untuk menjawab masalah risetnya secara khusus. Riset yang menggunakan data primer relatif membutuhkan waktu, sumber, daya dan biaya lebih besar (Istijanto, 2005). Data primer pada penelitian ini diperoleh dari hasil observasi dan partisipasi aktif mengenai identifikasi dan kelimpahan bakteri *Nitrobacter* pada *biofilter*.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada. Data tersebut sudah di kumpulkan sebelumnya untuk tujuan yang tidak mendesak. Keuntungan data sekunder ialah sudah tersedia, ekonomis dan cepat didapat (Soegoto, 2008). Menurut Kuncoro (2013), metode pengumpulan data sekunder yaitu:

mengumpulkan data-data yang berasal dari buku-buku literatur, dokumen, brosur dan sumber kepustakaan, mencari sumber lain yang berhubungan dengan objek penelitian.

Data sekunder pendukung penelitian yang dilakukan berasal dari literatur yang ada di internet dan berasal dari buku-buku bacaan yang ada di ruang baca Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi merupakan usaha yang dilakukan untuk membebaskan suatu alat maupun bahan dari mikroorganisme yang dapat mengganggu maupun tidak dapat diinginkan. Menurut Setyowati (2013), menyatakan jika tujuan dari sterilisasi adalah menjamin suatu alat ataupun media terbebas dari mikroorganisme yang hidup. Sterilisasi alat maupun bahan dapat dilakukan dengan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit.

Persiapan yang harus dilakukan untuk melakukan sterilisasi alat adalah mencuci alat yang akan digunakan, jika alat yang akan digunakan sebelumnya sudah digunakan dalam penggunaan pertumbuhan bakteri harus dilakukan sterilisasi terlebih dulu dengan menggunakan destruktur untuk meluruhkan sisa agar maupun sisa bakteri yang hidup didalamnya. Setelah alat dicuci hingga bersih kemudian ditunggu hingga kering. Selanjutnya alat yang akan digunakan dibungkus menggunakan kertas sedangkan untuk tabung reaksi sebelum dibungkus ditutup lubangnya dengan menggunakan kapas. Alat yang sudah dibungkus diletakkan pada keranjang autoklaf. Keranjang tersebut dimasukkan pada autoklaf untuk dilakukan sterilisasi dengan suhu 121 °C selama 15 menit.

Cara penggunaan dari autoklaf adalah sebagai berikut :

- a. Alat-alat yang akan disterilisasi dibungkus dan ditata pada keranjang dengan

- rapi.
- b. Ketinggian air dipenuhi sampai menutupi batas elemen pemanas, dan keranjang yang sudah berisi alat-alat dan media dimasukkan pada autoklaf.
 - c. Autoklaf ditutup dengan kencang autoklaf.
 - d. Autoklaf dinyalakan dengan pengaturan selama 15 menit dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm.
 - e. Autoklaf yang sudah selesai prosesnya kemudian dimatikan sumber listriknya dan ditunggu hingga tekanan autoklaf sudah mencapai 0 atm.

3.5.2 Pembuatan Larutan *Na-Fisiologis*

Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat NaFis adalah dengan menyiapkan bahan yang dibutuhkan. Kemudian menimbang NaCl sebanyak yang dibutuhkan dengan konsentrasi NaFis yang digunakan 0,9%. Kemudian NaCl yang sudah ditimbang dilarutkan dengan akuades dan dihomogenkan. Kemudian NaFis yang telah siap dimasukkan pada masing-masing tabung reaksi sebanyak 9 ml, selanjutnya NaFis siap untuk disterilisasi menggunakan autoklaf untuk kemudian dapat digunakan.

3.5.3 Pembuatan Media Selektif Bakteri *Nitrobacter*

Persiapan media spesifik *Nitrobacter sp* dilakukan sebagai berikut, 500 ml air aquades, 0,03 g KNO₂, 0,5 g K₂HPO₄, 0,15 G NaCl, 0,05 g MgSO₄.7H₂O, 0,015 g FeSO₄.7H₂O, 0,5 g CaCO₃ dan 0,15 g CaCl₂. Semua bahan-bahan ditimbang sesuai takaran yang diperlukan kemudian dilarutkan dalam aquades, setelah itu dilakukan pemanasan sehingga semua bahan larut. Selanjutnya disterilkan menggunakan otoklaf selama 15-20 menit, tekanan 2 atm dengan suhu 121° C. untuk pembuatan media padat, ditambahkan 20 g *bactoagar* ke dalam media.

3.5.4 Pengenceran Bakteri *Nitrobacter*

Prinsip metode pengenceran adalah sampel air pada biofilter diencerkan

hingga diperoleh beberapa macam konsentrasi. Bakteri yang terdapat pada biofilter sudah dipastikan jika jumlah kepadatannya sangat berlimpah. Untuk mengetahui kepadatannya maka perlu dilakukan untuk pengenceran agar dapat dihitung. Perhitungan kepadatan bakteri tanpa dilakukan pengenceran akan susah dilakukan dikarenakan hasilnya akan terlalu banyak untuk dihitung.

Prosedur yang dilakukan untuk melakukan pengenceran sebagai berikut:

- Sampel yang akan diujikan terlebih dahulu dikeluarkan dari lemari pendingin untuk disamakan suhu ruang dari nitrobacter
- NaFis yang sudah steril disiapkan sebanyak yang dibutuhkan.
- Sebanyak 1 mL sampel air biofilter diambil dan dimasukkan ke dalam 9 mL NaFis dan dihitung sebagai pengenceran pertama (10^{-1}).
- Pengenceran pertama dihomogenisasi dengan vortex.
- Hasil pengenceran diambil 1 mL dari hasil pengenceran 10^{-1} dan dimasukkan ke dalam 9 mL NaFis kedua. Pengenceran ini dihitung sebagai pengenceran kedua (10^{-2}).
- Langkah tersebut diulangi hingga pada ulangan ke-tujuh (10^{-7}).

3.5.5 Penanaman Bakteri

Penanaman yang dilakukan untuk menumbuhkan bakteri nitrobacter dilakukan untuk langkah selanjutnya guna identifikasi bakteri. Media yang digunakan untuk penanaman adalah media NA (Nutrient Agar) sebagai media umum bagi semua bakteri untuk tumbuh. Tahapan yang dilakukan untuk melakukan penanaman adalah sebagai berikut:

- Alat dan bahan yang dibutuhkan terlebih dahulu dipersiapkan dalam keadaan steril.

- Penanaman dilakukan pada media agar NA (Nutrient Agar) yang steril dengan cara menyetriik menggunakan *Cotton swab* pada media NA (Nutrient Agar).
- Penanaman dilakukan secara tuang.
- Menghomogenkan sampel pengenceran pada tabung 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} dengan vortex mixer.
- Masing-masing sampel diambil 1 ml dengan mikropipet bluetip steril.
- Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam cawan petri sebanyak \pm 20 ml secara aseptik.
- Cawan yang sudah ditanam dibungkus kembali dengan menggunakan plastik wrap dan inkubasi pada suhu 32°C selama 24 jam.

3.5.6 Pemurnian Isolat Bakteri *Nitrobacter*

Pemurnian merupakan usaha yang dilakukan untuk memisahkan isolat agar dapat tumbuh menjadi isolat tunggal. Isolat yang akan dimurnikan akan ditanam pada media sesuai media awal tanam. Prosedur yang untuk pemurnian dilakukan dengan menggunakan metode kuadran di media agar. Isolat yang memiliki morfologi dengan bentuk koloni (*whole colony*), bentuk tepi (*edge*), warna (*colour*) dan bentuk permukaan (*elevation*) berbedalah yang di goreskan pada media agar. Langkah yang dilakukan untuk pemurnian isolat bakteri nitrobacter sebagai berikut:

- Persiapkan isolat hasil penanaman yang sudah 24 jam.
- Pemurnian dengan menggoreskan pada media agar menggunakan metode kuadran secara steril.
- Cawan yang sudah digores kemudian dibungkus kembali dengan menggunakan *plastic wrap* dan inkubasi selama 24 jam dengan suhu 30°C .

3.5.7 Peremajaan Bakteri *Nitrobacter*

Peremajaan bakteri nitrifikasi dilakukan untuk menyimpan stok bakteri tunggal hasil pemurnian. Penyimpanan hasil peremajaan akan ditanam pada agar miring dengan media sesuai media awal tanam. Langkah yang dilakukan untuk peremajaan bakteri nitrobacter adalah sebagai berikut:

- Hasil isolat pemurnian dipersiapkan dan dikeluarkan dari inkubator.
- Agar miring pada tabung reaksi yang sudah steril dipersiapkan dan siap digunakan.
- Isolat tunggal yang tumbuh pada hasil pemurniaan kemudian digoreskan pada media agar miring yang sudah disiapkan.
- Media agar miring diinkubasi agar miring selama 24 jam untuk peremajaan bakteri.

3.6 Parameter Uji

3.6.1 Parameter Utama

a. Perhitungan TPC

Perhitungan bakteri dilakukan dengan menerapkan metode *Total Plate Count* (TPC) dimana jumlah bakteri yang telah tumbuh di dalam cawan dihitung dengan menggunakan *colony counter* yang kemudian dicatat dan dikalikan dengan besar pengenceran yang telah dilakukan. Jumlah bakteri dinyatakan dalam satuan CFU/ml (*colony-forming unit/ml*).

b. Pengamatan Makroskopis

Hasil isolasi bakteri, dapat langsung diamati karakter dari masing-masing jenis bakteri. Karakter yang diamati dalam pengamatan makroskopis antara lain: warna, bentuk, tepia, elevasi permukaan, karakteristik optik dan diameter koloni (Nurchayani, 2006).

c. Pewarnaan Gram Bakteri *Nitrobacter*

Uji morfologi dilakukan dengan pewarnaan gram yang bertujuan untuk memudahkan melihat bakteri dengan mikroskop, memperjelas ukuran dan bentuk bakteri, melihat struktur luar dan struktur dalam seperti dinding sel dan vakuola, menghasilkan sifat-sifat fisik dan kimia yang khas dari bakteri dengan zat warna, serta menentukan bentuk bakteri apakah berupa basil, kokus atau spiral. Tahapan pewarnaan gram dilakukan sebagai berikut:

- Alat dan bahan yang dibutuhkan terlebih dahulu dipersiapkan.
- Sebanyak satu sampai dengan dua tetes akuades diteteskan pada kaca objek.
- Diambil koloni tunggal dari masing-masing isolat bakteri menggunakan jarum inokulasi kemudian disebar secara merata.
- Olesan bakteri dibiarkan kering dan difiksasi.
- Olesan bakteri ditetesi dengan larutan ungu kristal-iodium selama satu menit dan dibilas dengan akuades.
- Olesan kemudian ditetesi larutan iodium selama dua menit serta dibilas kembali dengan akuades.
- Olesan selanjutnya ditetesi alkohol 95% selama 10 detik sampai zat warna tidak luntur lagi dan dibilas dengan akuades.
- Tahap akhir dari proses pewarnaan adalah dengan menambahkan pewarnaan pembanding yaitu safranin selama 10-15 detik dan dibilas dengan akuades.
- Ditetesi dengan minyak emersi, lalu dilihat bentuk dan warna sel bakteri di bawah mikroskop dengan pembesaran 40x10.
- Hasil pengamatan kemudian difoto.

Bakteri yang tetap berwarna ungu meskipun disertai pewarna oleh zat

warna kontras merupakan bakteri gram positif. Sedangkan bakteri yang tidak dapat menahan zat warna setelah dikolorisasi dengan alkohol akan menjadi tidak berwarna dan bila diberikan pewarnaan dengan warna kontras akan berubah sesuai dengan zat warna kontras (merah muda), bakteri tersebut merupakan bakteri gram negatif (Muhtar, 2017).

d. Uji Biokimia Bakteri *Nitrobacter*

Uji biokimia merupakan uji yang dilakukan untuk mengidentifikasi serta mendeterminasi suatu biakan bakteri yang sudah dimurnikan sebagai hasil isolasi melalui sifat-sifat fisiologis dari bakteri. Proses saat biokimia sangat berkaitan dengan metabolisme sel, yaitu antara lain reaksi kimiawi yang dilakukan oleh sel bakteri dalam menghasilkan dan memanfaatkan energi untuk mensintesis komponen-komponen sel serta guna kegiatan yang ada dalam sel itu sendiri (Rahayu dan Gumilar, 2017). Adapun uji biokimia ini ada beberapa uji yang dilakukan antara lain:

- Uji Gram, pengujian gram dengan menggunakan KOH 3% digunakan untuk menentukan sifat gram positif maupun gram negatif dari bakteri berdasarkan pembentukan lendir dari isolat bakteri yang direaksikan dengan KOH 3%.
- Uji oksidase, Pengujian menggunakan parameter perubahan warna pada kertas tetrametil. Uji ini bertujuan untuk mengetahui bakteri tersebut memiliki enzim oksidase atau tidak.
- Uji katalase, digunakan untuk mengetahui aktivitas katalase pada bakteri yang diuji. Pada uji katalase menggunakan reagent hidrogen peroksida (H_2O_2 3%) yang ditetaskan pada isolat sampel bakteri di objek gelas. Reaksi positif terjadi jika isolat bakteri menghasilkan gelembung setelah ditetesi H_2O_2 .
- Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*), digunakan untuk melihat kemampuan bakteri dalam menfermentasikan glukosa, sukrosa, dan laktosa serta untuk

mendeteksi produksi H₂S dan gas. Media TSIA merupakan salah satu media yang memiliki dua bagian. Pada bagian bawah media disebut dengan Butt, sedangkan pada media miring disebut dengan Slant.

- Uji indol, dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang memiliki enzim triptophanase untuk mengoksidasi asam amino triptophan sehingga membentuk indol. Pengujian indol dilakukan dengan *reagent Kovacs*, indol akan bereaksi positif saat kovacs yang diteteskan pada media yang sudah terdapat bakteri terbentuk cincin berwarna merah muda di permukaan media.
- Uji motilitas, pengujian dilakukan untuk membedakan bakteri bersifat motil atau non-motil, umumnya jika bakteri motil bakteri tersebut mempunyai flagel sebagai alat geraknya. Reaksi positif akan ditunjukkan jika media berubah menjadi keruh setelah diinkubasi selama 24 jam yang sebelumnya ditusukkan bakteri.
- Uji MR-VP (*Methyl Red-Voges Proskeurer*), dengan memasukkan 1 osse inokulan ke dalam media MR-VP, diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C, kemudian diteteskan 2 tetes *reagent* metil red. Prosedur uji VP sama dengan uji MR, hanya saja yang diteteskan adalah *reagent* barit A dan barit B sebanyak 2 tetes.
- Uji *simmons citrate*, pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan bakteri dalam memanfaatkan sumber karbon yang terdapat pada media *simmons citrate*. Reaksi positif ditunjukkan apabila bakteri memanfaatkan sumber karbon tersebut maka media akan berubah menjadi warna biru pada permukaan agar miring.
- Uji *christensen's urease*, uji urea dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghidrolisis urea. Aktivitas enzim urease dapat diamati dengan menumbuhkan mikroorganisme pada media biakan yang

mengandung urea dan indikator pH.

- Uji O/F, bertujuan untuk mengetahui sifat oksidasi atau fermentasi bakteri terhadap glukosa dengan menggunakan dua tabung media yang salah satunya ditutup dengan parafin, sehingga diharapkan di dalam media tidak terdapat udara yang dapat mendukung terjadinya fermentasi. Sedangkan uji oksidasi tidak ditambahkan parafin liquid, agar tabung tetap dalam keadaan aerobik. Oleh karena itu dalam uji oksidatif-fermentatif menggunakan keduanya dalam proses pengujiannya.
- Uji *lysine decarboxylase*, digunakan untuk menguji kemampuan bakteri dalam memecah lisin yang terkandung pada media. Pemecahan lisin akan dilakukan oleh enzim *decarboxylase* yang kemudian akan digunakan untuk aktivitas metabolisme sel dan pembentukan dinding sel.
- Uji *ornithin*, dapat digunakan untuk menguji aktivitas enzim ornithine dekarboksilase, *motility*, serta pengujian indol. Reaksi positif ornithine dapat dilihat jika media MIO masih terlihat berwarna ungu/violet, dan sebaliknya jika media berubah menjadi warna kuning maka ornithine dari bakteri bersifat negatif.
- Uji arginin dihidrolase, uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghidrolisis arginin. Reaksi positif jika bakteri dapat menghidrolisis bakteri dengan indikasi perubahan warna media dari oranye menjadi merah muda.
- Uji fermentasi karbohidrat, merupakan pengujian gula-gula yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan bakteri dalam menfermentasikan gula-gula yang terdapat pada media. Proses fermentasi ini akan menghasilkan asam dan akan menimbulkan perubahan warna dari indikator warna yang ditambahkan pada media. Indikator warna yang digunakan dalam fermentasi

gula-gula adalah *phenol red*.

- TCBS Agar, merupakan media selektif yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri *Vibrio* sp. pada media.

3.6.2 Parameter Penunjang

Dilakukan pengamatan pada parameter penunjang dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian parameter utama dengan faktor lingkungan yang berpengaruh.

a. Suhu

Pengamatan suhu dilakukan setiap hari pada pagi hari dan sore hari. Suhu pada penelitian ini diukur menggunakan termometer dengan melihat nilai suhu yang tertera pada termometer yang terdapat pada akuarium pemeliharaan dan dicatat hasilnya.

b. pH

Pengukuran pH dilakukan setiap hari pada pagi hari dan sore hari. pH pada penelitian ini diukur menggunakan pH meter dengan prosedur pengukuran yaitu dengan memasukkan probe pH meter yang sebelumnya sudah dikalibrasi menggunakan akuades ke akuarium dan dicatat.

c. DO

Pengukuran DO dilakukan setiap hari pada pagi hari dan sore hari. Oksigen terlarut pada penelitian ini diukur dengan metode elektrometik menggunakan DO meter yaitu dengan memasukkan DO meter yang sebelumnya sudah dikalibrasi menggunakan akuades ke dalam akuarium. Setelah itu dilihat angka yang tertera selanjutnya dicatat.

d. Total Amonia Nitrogen (TAN)

Total Amonia Nitrogen (TAN) adalah gabungan dari beberapa senyawa nitrogen yang meliputi NH_4 (amonia terionisasi, karena memiliki ion positif) dan NH_3 (tak terionisasi, karena tidak memiliki ion). Untuk menentukan banyaknya

konsentrasi total ammonia nitrogen dalam air contoh digunakan prinsip spektrofotomerik yang dilakukan di laboratorium. Agar dapat terbaca oleh mesin spektrofotometer, amonia dalam 10 ml air contoh yang telah disaring harus direaksikan terlebih dahulu dengan 0.5 ml senyawa fenol dan 0.5 ml sodium nitroprusid kemudian dihomogenkan, lalu di reaksikan kembali dengan oxidizing reagent sebanyak 1 ml dan di homogenkan kembali. Setelah itu, tabung reaksi yang digunakan untuk melakukan reaksi tersebut ditutup rapat dan didiamkan selama satu jam. Lalu absorbansi warna air contoh (biru) diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm. Warna biru yang ditimbulkan merupakan akibat terbentuknya senyawa indofenol.

e. Nitrat Nitrogen ($\text{NO}_3^- \text{N}$)

Dalam penelitian ini, banyaknya kandungan nitrat nitrogen juga ditentukan berdasarkan prinsip spektrofotometrik. Nitrat nitrogen dalam air contoh yang sudah disaring harus direaksikan terlebih dahulu dengan senyawa lain agar dapat terbaca oleh mesin spektrofotometer. Sebanyak 50 ml air sampel yang telah disaring direaksikan dengan 1 ml buffer (*cyclohexylaminopropane sulfonic acid* dan NaOH) lalu diaduk, kemudian direaksikan dengan 0.5 ml larutan pereduksi (hidrazin sulfat dan kupper sulfat), lalu didiamkan selama semalam. Setelah itu kembali direaksikan dengan 1 ml aseton, 1 ml *sulfanilamide*, dan 1 ml *n-(1-naphtyl)-ethylendiamindihydrochloride*. Kemudian ditutup rapat dan didiamkan selama 1 jam 45 menit. Penentuan kadar nitrat dilakukan dengan metode spektrofotometer (SNI 06- 6989.9-2004). Pada kisaran kadar 0,01 mg/L - 1,0 mg/L. Dalam suasana asam (pH 2-2,5), nitrit akan bereaksi dengan Sulfanilamid (SA) dan N-(1- naphthyl) *ethylene diamine dihydrochloride* (NED dihydrochloride) membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan yang dapat diukur pada panjang gelombang 543 nm (APHA, 1989).

f. Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solid*)

TDS (*Total Dissolved Solid*) atau padatan terlarut mengacu pada setiap mineral, garam, logam, kation atau anion yang terlarut dalam air. Ini mencakup apa pun yang ada dalam air selain molekul air murni (H₂O) dan limbah padat. (Limbah padat adalah partikel/zat yang tidak larut dan tidak menetap dalam air, seperti bulir kayu dll) Secara umum, total konsentrasi padatan terlarut adalah jumlah antara ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) dalam air. Pada penelitian ini pengukuran padatan terlarut menggunakan *TDS meter* dengan cara memasukkan *TDS meter* yang telah dikalibrasi menggunakan akuades ke dalam akuarium. Kemudian dicatat hasil yang tertera pada *TDS meter*. Pengukuran Padatan terlarut dilakukan dua kali yaitu pagi hari dan sore hari yaitu pukul 07.00 WIB dan 14.00 WIB.

g. Kelulushidupan Udang Galah

Kelulushidupan udang galah (*M. rosenbergii*) dihitung dengan melakukan perhitungan jumlah ikan pada awal penelitian dan akhir penelitian. Menurut Effendie (1979), kelulushidupan ikan diperoleh dengan rumus:

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

Keterangan:

SR = Kelulushidupan hidup hewan Uji (%).

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

N₀ = Jumlah ikan uji pada awal penelitian (ekor).

h. Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Untuk menentukan laju pertumbuhan spesifik dihitung pada akhir peniltian dan digunakan rumus sesuai dengan Steffens (1989)

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

Keterangan:

SGR = Laju pertumbuhan berat spesifik (% perhari).

W_t = Bobot biomassa pada akhir penelitian (gram).

Wo = Bobot biomassa pada awal penelitian (gram).
t1 = Waktu akhir penelitian (hari).
t0 = Waktu awal penelitian (hari).

3.7 Analisis Data Kelimpahan Bakteri

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).

3.7.1 Identifikasi Bakteri Nitrifikasi

Selanjutnya hasil dari uji biokimia akan dilakukan pencocokan pada buku *Bergey's Manual Systematic Bacteriology Vol II* untuk mengetahui genus bahkan spesies dari bakteri. Dan dilakukan uji indentifikasi di Balai Karantina Ikan Pengamanan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM) Kelas I Surabaya II, di Jemundo, Taman, Sidoarjo, Jawa Timur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kelimpahan Bakteri

4.1.1 Pertumbuhan Koloni Bakteri

Pertumbuhan koloni bakteri pada tiap perlakuan yang diamati pada cawan petri melalui pengukuran air sampel pada awal dan akhir penelitian selama 30 hari dengan perlakuan 4 biofilter yang berbeda yaitu perlakuan A). *trickling filter*, B). *bead filter*, C). *aerob-anaerob filter*, D). *RBC filter* dan K). tanpa penggunaan sistem biofilter didapatkan pertumbuhan koloni bakteri *Nitrobacter* yang dapat dilihat pada Lampiran 3 dan hasil perhitungan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Perhitungan Rerata Total Koloni Bakteri (*Colony Forming Unit/ml*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata \pm STDEV
	1	2	3		
A	9,328	9,316	9,318	27,962	9,321 \pm 0,006
B	9,309	9,310	9,317	27,937	9,312 \pm 0,004
C	8,368	8,334	9,319	26,021	8,674 \pm 0,559
D	8,541	7,769	9,283	25,593	8,531 \pm 0,757
K	7,748	7,765	7,693	23,205	7,735 \pm 0,038
Total				107,513	

Setelah itu, untuk mengetahui pengaruh perbedaan dari sistem biofilter yang berbeda terhadap total kelimpahan bakteri *Nitrobacter* pada budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) dilakukan perhitungan uji sidik ragam. Perhitungan lengkap uji sidik ragam dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Tabel 4.

Tabel 4. Uji Sidik Ragam Pertumbuhan Koloni Bakteri *Nitrobacter*

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	5,157	1,289	7,267**	3,48	5,99
Acak	10	1,774	0,177			
Total	14	6,932				

Keterangan :

** : sangat berpengaruh

Hasil uji sidik ragam pada Tabel 4 diperoleh F hitung sebesar 7,267 lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1 % yang berarti bahwa penggunaan perbedaan biofilter berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan koloni bakteri. Perbedaan F 5% dan F 1% yang menandakan selang kepercayaan dengan 95% kebenaran 5% kegagalan sedangkan jika F 1% berarti selang kepercayaan dengan 99% kebenaran 1% kegagalan. Dari hasil uji sidik ragam yang berpengaruh sangat nyata maka perlu dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang dapat mengetahui perbedaan total kelimpahan bakteri *Nitrobacter* antar perlakuan. Hasil dari Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dapat dilihat dari Tabel 5 dan perhitungan lengkap terdapat di Lampiran 3.

Tabel 5. Data Uji BNT Pertumbuhan Koloni Bakteri Selama Penelitian

Rata-rata perlakuan		K	D	C	B	A	Notasi
		7,735	8,531	8,674	9,312	9,321	
K	7,735	-	-	-	-	-	a
D	8,531	0,796*	-	-	-	-	b
C	8,674	0,938**	0,142 ns	-	-	-	bc
B	9,312	1,577**	0,781**	0,639ns	-	-	c
A	9,321	1,585**	0,789**	0,647**	0,008 ns	-	c

Keterangan:

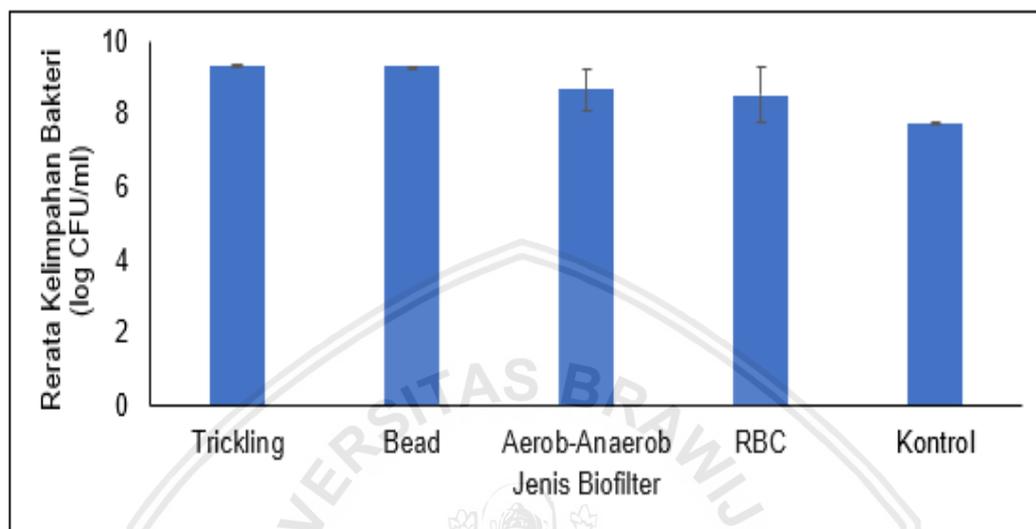
ns : non significant (tidak berbeda nyata)

** : berbeda sangat nyata

* : berbeda nyata

Berdasarkan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa D dengan sistem RBC memiliki pengaruh berbeda sangat nyata terhadap perlakuan Kontrol, perlakuan C dengan *Aerob-anoerob Biofilter* mempunyai kemiripan dengan perlakuan D. Perlakuan B dengan sistem *Bead Biofilter* memiliki pengaruh berbeda sangat

nyata terhadap perlakuan Kontrol dan berbeda nyata dengan perlakuan C dan D sedangkan perlakuan A dengan sistem *Trickling Biofilter* memiliki kemiripan dengan perlakuan B. Rerata kelimpahan bakteri disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Perbedaan Jenis Biofilter Terhadap Total Koloni Bakteri

Gambar 13 menunjukkan hubungan antara perbedaan sistem *biofilter* yang berbeda terhadap total koloni bakteri *Nitrobacter* pada media udang galah (*M. rosenbergii*) terhadap total kelimpahan bakteri nitrobacter pada budidaya udang galah (*M. rosenbergii*). Dari Gambar 13 dapat disimpulkan bahwa semakin sederhana jenis *biofilter* yang digunakan maka semakin berkurangnya kelimpahan bakteri *Nitrobacter*. Biofilter digunakan untuk mengkondisikan dan mempertahankan kualitas air pada sistem sirkulasi tertutup maupun terbuka (Samsundari dan Wirawan, 2013).

Salah satu yang diperhatikan dalam pemilihan media biofilter adalah luas permukaan spesifik dari media tersebut karena berpengaruh terhadap kelimpahan bakteri. Semakin besar luas permukaan per satuan volume media biofilter, maka jumlah mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan media makin banyak sehingga efisiensi pengolahan menjadi besar.

Namun diperhatikan bahwa jika media biofilter memiliki luas permukaan spesifik yang besar (ukuran media terlalu kecil), dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan akibat diameter celah bebas semakin kecil (Said dan Ruliasih, 2005).

4.1.2 Identifikasi Bakteri

a. Pengamatan Bakteri Secara Makroskopis

Pengamatan bakteri secara makroskopis merupakan pengamatan bakteri secara mata telanjang. Tujuan pengamatan secara makroskopis pada setiap perlakuan adalah untuk mengetahui karakteristik dari setiap koloni baik warna, bentuk dan ukuran tekstur koloni dapat dilihat pada Tabel 6 dan pada Lampiran 3.

Tabel 6. Pengamatan Makroskopis Selama Penelitian

Hari	Kode Isolat	Morfologi Koloni			
		Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna
H-0	A	Bulat	Tidak rata	Datar	Putih susu
	B	Bulat	Tidak rata	Cembung	Putih krem
	C	Bulat	Rata	Cembung	Putih krem
	D	Bulat	Rata	Cembung	Putih susu
	K	Bulat	Tidak rata	Datar	Putih susu
H-30	A	Batang	Rata	Cembung	Putih krem
	B	Bulat	Rata	Datar	Putih krem
	C	Batang	Tidak Rata	Cembung	Putih krem
	D	Batang	Rata	Cembung	Putih susu
	K	Batang	Rata	Datar	Putih susu

Berdasarkan Tabel 6. dapat diketahui bahwa pengamatan bakteri *Nitrobacter* secara makroskopis didapatkan 4 sampel biakan murni dari masing-masing perlakuan yang diberi kode isolat A, B, C, D dan K. Perbedaan morfologi koloni tampak secara makroskopis, berbentuk seperti batang, tidak beraturan, tepi rata dan tidak rata, elevasi berbentuk cembung dan datar. Bentuk koloni yang bervariasi dikarenakan masing-masing bakteri memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda-beda namun masih dapat dikategorikan sebagai

bakteri *Nitrobacter*. Hal ini sesuai dengan pendapat Cappucino dan Sherman (1987) bahwa pada umumnya bentuk koloni bakteri berbentuk *circular*, *irregular*, *filamentous* dan *rhizoid*. Elevasi berbentuk datar dan cembung. Tepi yang berbentuk rata dan tidak rata. Koloni bakteri nitrifikasi bentuk batang dan tepi licin serta warna koloni sebagian besar berwarna putih telah diteliti oleh Megawati (2014) di kolam ikan air tawar. Karakterisasi bakteri nitrifikasi pada kematangan tanah gambut diteliti oleh Kiding (2015) bahwa bentuk koloni berbentuk batang dengan tepi licin, elevasi berbentuk cembung dan datar, berwarna putih, kuning dan putih bening.

b. Pengamatan Mikroskopis

Setelah melakukan pengamatan secara makroskopis dilakukan juga pengamatan bakteri secara mikroskopis dengan cara melakukan pewarnaan gram pada isolat bakteri yang bertujuan untuk mengetahui apakah bakteri yang didapatkan dari hasil penelitian termasuk kedalam bakteri gram positif atau bakteri gram. Sebelum dilakukannya uji biokimia hal pertama yang dilakukan adalah uji gram. Setelah itu dilakukan uji biokimia dengan menggunakan metode BBL™ CRYSTAL™ dan didapatkan hasil identifikasi bakteri yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Identifikasi bakteri ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui jenis bakteri apa saja yang tumbuh pada media biofilter budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) dengan sistem yang berbeda. Dengan mengetahui jenis bakteri yang ada pada media budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) dengan sistem biofilter dapat disimpulkan bahwa bakteri tersebut dapat merupakan bakteri yang menguntungkan (*non pathogen*) atau merugikan (*pathogen*) dalam proses budidaya. Berikut adalah hasil pengamatan mikroskopis uji gram selama penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Hari	Kode Sampel	Uji Gram	Bentuk Bakteri
------	-------------	----------	----------------

H-0	A	Positif	Batang
	B	Positif	Batang
	C	Positif	Batang
	D	Positif	Batang
	K	Positif	Batang
H-30	A	Negatif	Batang
	B	Negatif	Batang
	C	Negatif	Batang
	D	Negatif	Batang
	K	Negatif	Batang

Tabel 7. Pengamatan Mikroskopis Uji Gram Selama Penelitian

Setelah dilakukan pengamatan mikroskopis didapatkan hasil yaitu terdapat jenis bakteri yang menunjukkan bakteri gram positif pada tiap isolat yang berbentuk batang (*basil*) dan bulat (*kokus*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Nugroho (2013) yaitu, struktur mikroskopis yang diamati meliputi bentuk sel dan formasi koloni sel, serta reaksi-reaksi pengecatan. Pengamatan bentuk sel dan formasi koloni bakteri dilakukan dengan pengecatan gram. Pengecatan gram juga digunakan untuk mengetahui bakteri tersebut termasuk gram positif atau gram negatif. Menurut Fitri dan Yasmin (2011), menyatakan bahwa perbedaan warna pada bakteri gram positif dan gram negatif menunjukkan adanya perbedaan struktur dinding sel antara kedua jenis bakteri tersebut. Bakteri gram positif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan peptidoglikan yang tebal sedangkan bakteri gram negatif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan lipid yang tinggi.

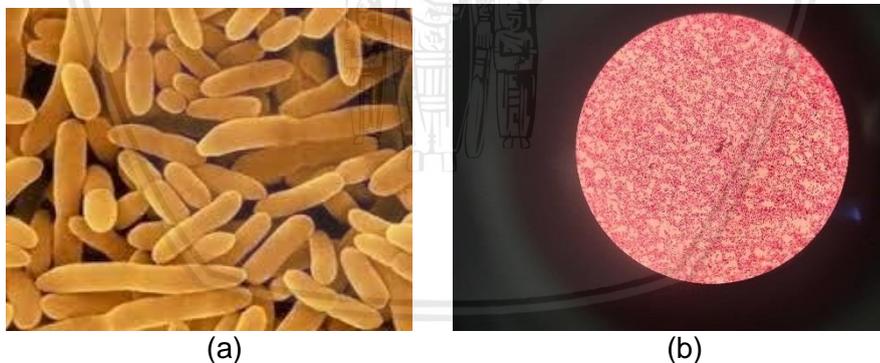
Setelah didapatkan hasil dari pengamatan mikroskopis dilakukan uji biokimia untuk mengetahui karakteristik lebih spesifik. Uji biokimia bertujuan untuk mengetahui karakteristik bakteri dalam mendegradasi gula-gula protein maupun urea, ditunjukkan dengan kode positif dan negatif yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Uji biokimia bertujuan untuk mengetahui bakteri yang tumbuh pada media budidaya biofilter udang galah yang dipelihara dalam sistem biofilter, karena untuk mengetahui karakteristik bakteri sampai dengan spesies diperlukan

dengan adanya uji karakteristik DNA dan RNA. Hasil dari uji biokimia dari software komputer didapatkan bakteri yaitu *Nitrobacter winogradsky*. Lembar Laporan Hasil Uji bakteri di Laboratorium Penguji UPT. Pengembangan Budidaya Air Payau Bangil dan BKIPM Surabaya II dapat dilihat pada Lampiran 4.

1. *Nitrobacter winogradsky*

Secara taksonomi *Nitrobacter winogradsky* (Gambar 14) dapat diklasifikasikan menurut Starkenburg, *et al.* (2006) sebagai berikut :

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Probacteria
Class	: Alpha Probacteria
Order	: Rhizobiales
Family	: Bradyrhizobiaceae
Genus	: Nitrobacter
Species	: <i>N. Winogradskyi</i>



Gambar 14. Morfologi Bakteri *N. winogradskyi* (a) *N. winogradskyi* (Starkenburg, 2006), (b) Hasil Pengamatan Mikroskopis Bakteri *N. winogradskyi* Perbesaran 1000x.

N. winogradsky merupakan bakteri yang berbentuk batang, gram negatif, *chemoautotropic* dan memiliki ukuran 0,5-0,9 x 1,0-2,0 μm . Laju pertumbuhan dikontrol oleh konsentrasi substrat, suhu, pH, cahaya, dan konsentrasi oksigen. *Nitrobacter* memiliki peran penting dalam siklus nitrogen dengan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat dalam akuarium. *Nitrobacter* memiliki pH optimal antara 7,3 –

7,5 dan akan mati pada suhu diatas 120°F (49°C) atau di bawah 32°F (0°C). Oleh karena itu, *N. winogradskyi* adalah bakteri autotrof maka proses nitrifikasi hanya berlangsung bila ada oksigen makin tinggi pula laju proses nitrifikasi. Pada suasana anaerob proses ini akan terhambat. Pada pH yang terlalu tinggi (pH 7,5-8,0) aktivitas bakteri *Nitrobacter* berkurang sehingga terjadi penumpukan NO_2^- karena konversi ke NO_3^- tertekan. Tetapi pada pH 7.0 kecepatan konversi NO_2^- ke NO_3^- melebihi kecepatan konversi NH_4^+ ke NO_3^- (Leiwakabessy, *et al.*, 2003).

2. *Bacillus subtilis*

Secara taksonomi bakteri *Bacillus subtilis* (Gambar 15) dapat diklasifikasikan menurut Fritze (2004), sebagai berikut :

Filum : Firmicutes

Kelas : Bacilli

Ordo : Bacillales

Famili : Bacillaceae

Genus : Bacillus

Spesies : *Bacillus subtilis*



(a)



(b)

Gambar 15. Morfologi Bakteri *B. subtilis* (a) *B. subtilis* (Fritze, 2004), (b) Hasil Pengamatan Mikroskopis Bakteri *B. subtilis*

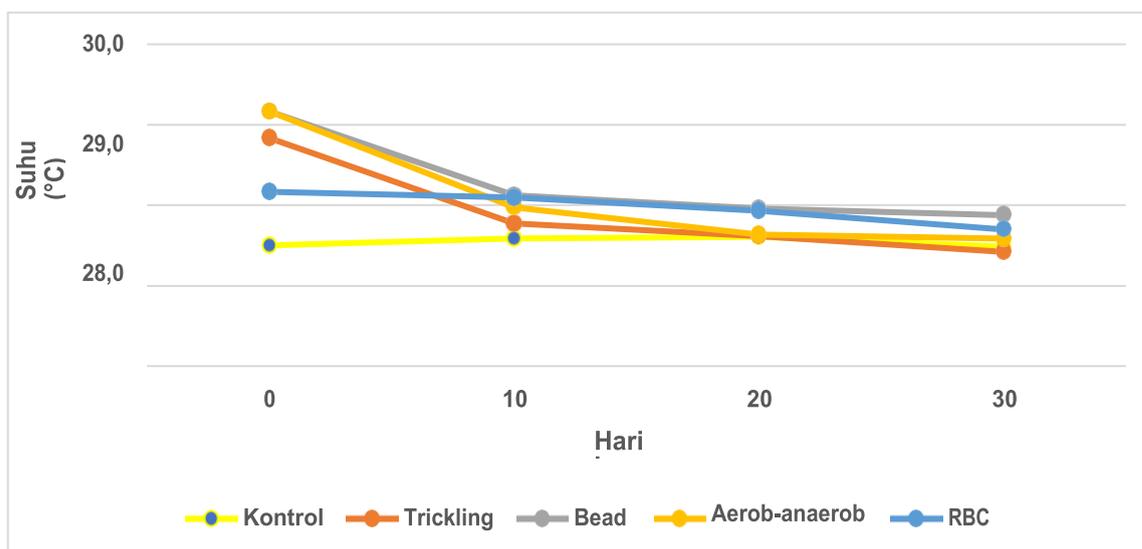
Bacillus subtilis merupakan bakteri dari genus *Bacillus* berbentuk batang, gram positif, menghasilkan spora, motil, indol negatif, menghasilkan asam nitrat, katalase positif dan oksidasi positif (Awais, *et al.*, 2010). Secara makroskopis

koloni bakteri dapat berubah bentuk tergantung kondisi lingkungan seperti kondisi nutrisi dan variasi dari media. Perubahan morfologi koloni juga bergantung pada kemampuan gerakan sel yang aktif. Pertumbuhan koloni cincin konsentris. Permukaan koloni pada agar berukuran kecil dengan tepi keriting. Permukaannya berbentuk granular dan kusam. Secara mikroskopis *B. Subtilis* berbentuk batang dengan panjang 3-4 μm dan memiliki lebar 0,6-0,8 μm . Bakteri ini mempunyai flagella sehingga bersifat motil (Wakita, *et al.*, 2010).

4.2 Hasil Pengamatan Parameter Kualitas Air Selama Penelitian

4.2.1 Suhu

Berdasarkan pengamatan suhu selama penelitian berkisar antara 27 °C – 31 °C, adapun kisaran suhu tersebut cukup optimal untuk pertumbuhan udang galah (*M. rosenbergii*). Grafik rerata suhu pada Gambar 16, tidak menunjukkan kondisi suhu setiap perlakuan yang berbeda selama 30 hari pemeliharaan namun masih berada dalam kondisi yang optimal. Menurut Bangsa, *et al.* (2015), suhu optimal untuk pertumbuhan udang galah (*M. rosenbergii*) yakni 25 °C – 29 °C. Disamping itu Nugroho, *et al.* (2012), menyatakan bahwa peningkatan suhu pada siang hari dapat menyebabkan peningkatan kecepatan proses metabolisme dan respirasi organisme akuatik yang akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan oksigen. Hasil dari pengamatan suhu pada pemeliharaan udang galah (*M. rosenbergii*) pada media biofilter yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 5.

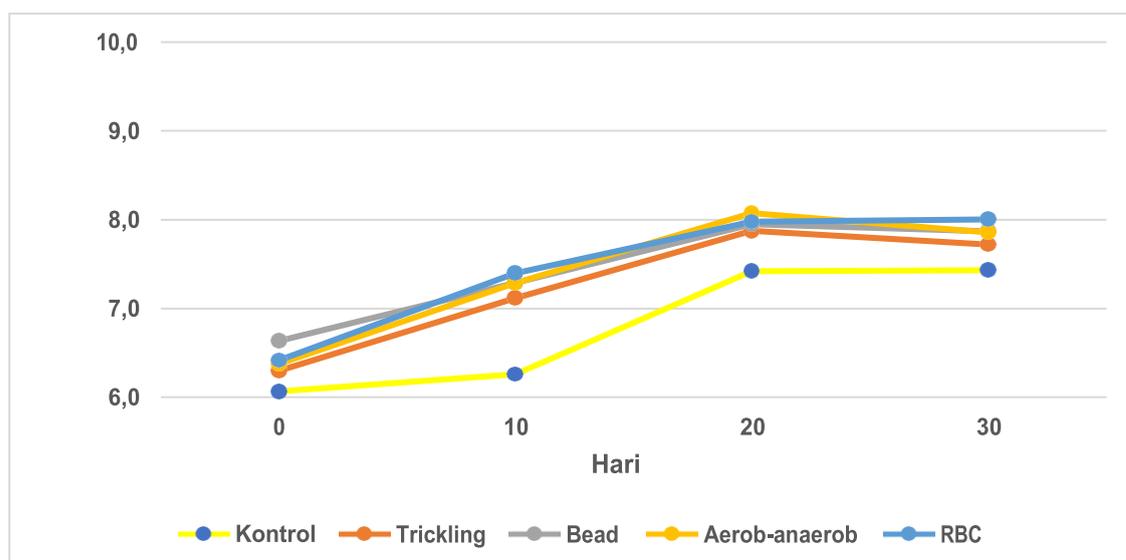


Gambar 16. Rerata Suhu

4.2.2 Oksigen Terlarut (DO)

Berdasarkan pengamatan oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 6,1 mg/L – 8,1 mg/L, adapun kisaran kandungan oksigen terlarut tersebut cukup optimal bagi pertumbuhan udang galah (*M. rosenbergii*). Grafik yang disajikan pada Gambar 17 menunjukkan bahwa kondisi rata-rata DO yang mengalami peningkatan setiap 10 hari pemeliharaan. Hal ini dikarenakan adanya proses filtrasi pada budidaya udang galah dan permukaan akuarium yang selalu terbuka. Udang galah akan tumbuh baik pada kandungan oksigen terlarut lebih dari 3 mg/L (Cahyono,2001). Selain itu oksigen terlarut (DO) dibutuhkan udang galah dalam proses respirasi, oksigen juga dimanfaatkan oleh bakteri dalam filter biologis untuk oksidasi limbah budidaya (Slembrouck, *et al.*, 2005).

Ketersediaan oksigen terlarut (DO) memainkan peranan penting dalam proses nitrifikasi. Chen, *et al.* (2006), melaporkan bahwa keberadaan bakteri *Nirosomonas* semakin sedikit pada konsentrasi oksigen terlarut <2 mg/L tetapi bakteri *Nitrobacter* lebih sensitif terhadap ketersediaan oksigen terlarut dan akan mengalami penurunan pertumbuhan pada konsentrasi oksigen terlarut <4 mg/L, sehingga tidak terjadi akumulasi senyawa berbahaya amonia maupun nitrit karena akan segera dioksidasi menjadi nitrat. Hasil dari pengamatan oksigen terlarut pada pemeliharaan udang galah (lengkapnya dapat dilihat di Lampiran 5.

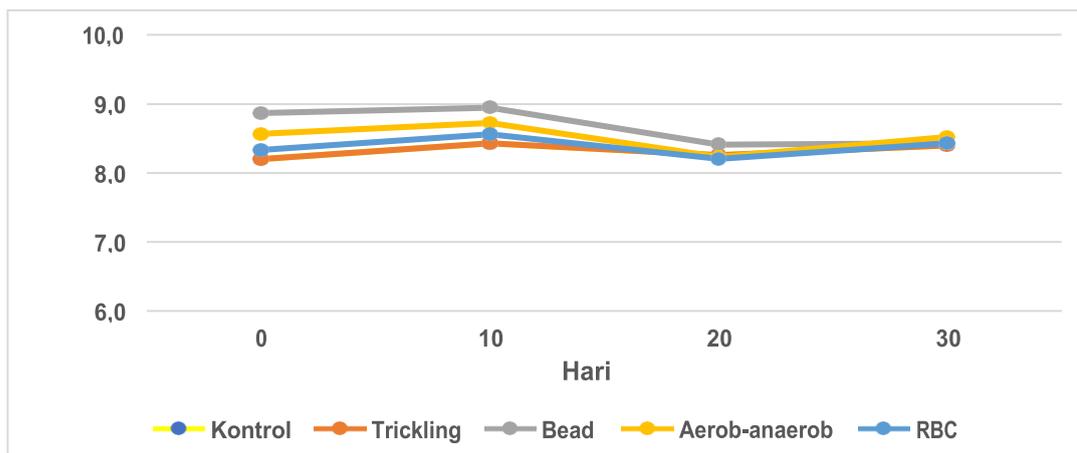


Gambar 17. Rerata Oksigen Terlarut (DO)

4.2.3 Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan pengamatan pH selama penelitian yang disajikan pada Gambar 18 menunjukkan bahwa rerata pH selama 30 hari pemeliharaan memiliki tren nilai pH yang tidak berbeda jauh dengan perlakuan lainnya yaitu berkisar antara 8,2 – 8,9. Adapun kadar pH selama penelitian menunjukkan pada kondisi yang optimal untuk perkembangan bakteri nitrifikasi dalam pemeliharaan udang galah. Derajat keasaman (pH) merupakan konsentrasi ion hidrogen pada suatu larutan. Parameter ini dianggap sebagai *master variable* dikarenakan mempengaruhi banyak parameter lainnya, seperti rasio amonia NH_3 dan NH_4^+ dalam suatu perairan. Udang galah memiliki toleransi yang luas terhadap pH yakni pada kisaran 5 sampai 10. Sedangkan untuk bakteri nitrifikasi bekerja optimal pada pH diatas 7,5 dan akan berhenti bekerja pada pH dibawah 6 (Sallenave, 2016).

Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan udang galah, pH juga mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik di air. Proses dekomposisi bahan organik akan berlangsung baik pada kisaran pH 7 – 8 karena bakteri nitrifikasi sebagai dekomposer dapat tumbuh dengan baik. Toksisitas amonia bebas akan meningkat dengan menurunnya oksigen dan peningkatan suhu dan pH (Effendi, *et al.*, 2015). Hasil dari pengamatan pH pada pemeliharaan udang galah lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

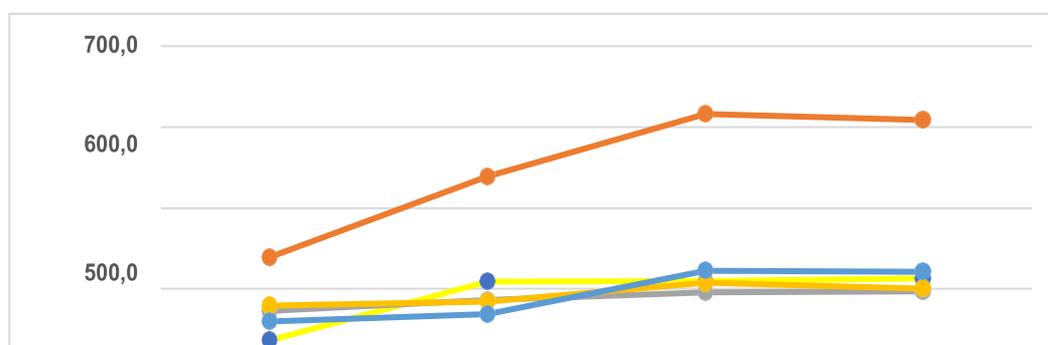


Gambar 18. Rerata pH

4.2.4 Total Dissolved Solid (TDS)

Berdasarkan pengamatan TDS selama penelitian yang disajikan pada Gambar 19 menunjukkan bahwa rerata TDS selama 30 hari pemeliharaan berkisar antara 336-616 mg/L pada media pemeliharaan udang galah (*M. rosenbergii*). Nilai tersebut masih dibawah baku mutu yang diisyaratkan. Berdasarkan standar baku mutu air PP no 82 tahun 2001 (kelas II), kisaran TDS untuk kegiatan budidaya ikan yaitu 1000 mg/l. Didukung oleh pernyataan (Effendi, 2003), yaitu mengukur kekeruhan berarti menghitung banyaknya bahan-bahan terlarut di dalam air, misalnya lumpur, alga (ganggang), detritus dan bahan-bahan kotoran lainnya.

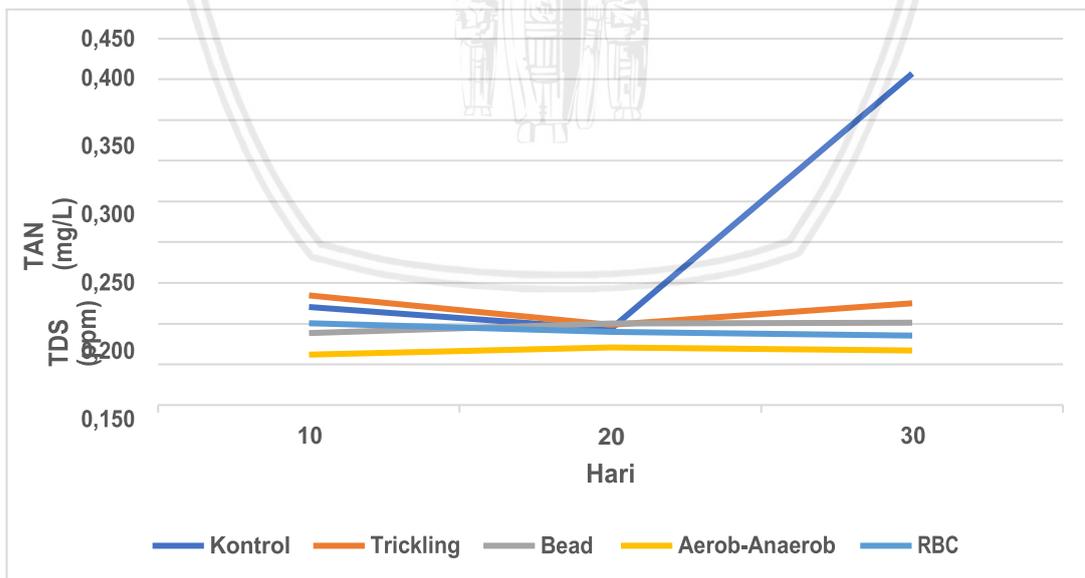
Perairan yang keruh menyebabkan cahaya matahari yang masuk ke permukaan air berkurang mengakibatkan menurunnya proses fotosintesis oleh tumbuhan air sehingga suplai oksigen yang diberikan oleh tumbuhan dari proses fotosintesis berkurang. Bahan-bahan terlarut dalam air juga menyerap panas yang mengakibatkan suhu air meningkat sehingga jumlah oksigen terlarut dalam air berkurang. Hasil dari pengamatan TDS pada pemeliharaan udang galah lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 19. Rerata *Total Dissolved Solid* (TDS)

4.2.5 Total Amonia Nitrogen (TAN)

Berdasarkan pengamatan total amonia nitrogen (TAN) selama penelitian yang disajikan pada Gambar 20 menunjukkan bahwa dinamika konsentrasi total amonia nitrogen (TAN) selama penelitian di dapatkan hasil berkisar antara 0,062-0,407mg/L. Diketahui dengan pengukuran sampel air pada setiap 10 hari sekali selama 30 hari dan didapatkan hasil data dalam satuan mg/L.



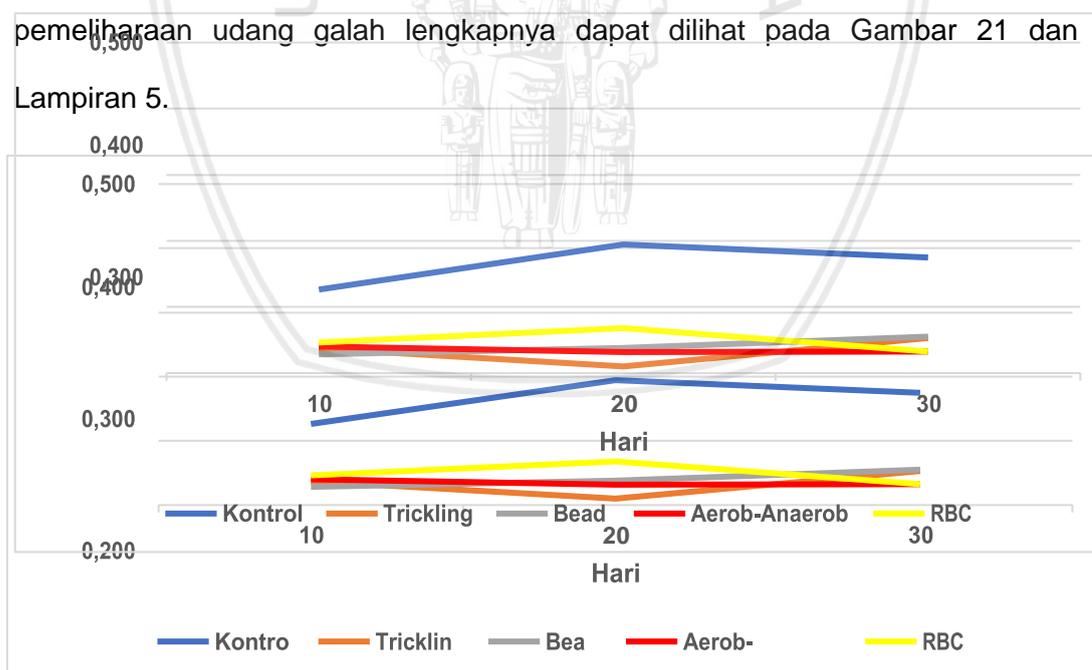
Gambar 20. Konsentrasi TAN pada Media Pemeliharaan Udang

Namun pada grafik dapat dilihat pada hari ke 20 terjadi fluktuasi TAN secara drastis pada akuarium kontrol sesar 0,407. Hal ini dikarenakan pada

perlakuan kontrol tidak menggunakan sistem biofilter, sehingga air yang tercemar sisa pakan dan feses yang mengendap pada dasar perairan dapat mengakibatkan penumpukan amonia dalam air. Hal ini diperparah dengan jumlah bakteri nitrobacter yang sedikit, sehingga keseimbangan kandungan amoniak dalam perairan tidak terkontrol dengan baik dan telah melewati standar baku mutu kandungan amoniak dalam budidaya udang galah.

4.2.6 Nitrit (NO₂)

Dari hasil penelitian data dinamika konsentrasi total Nitrit (NO₂⁻) selama penelitian dapat diketahui dengan pengukuran sampel air pada setiap 10 hari sekali selama 30 hari waktu pemeliharaan. Selama penelitian di dapatkan hasil pengukuran nitrit dalam media budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) berkisar antara 0,010 - 0,195 mg/L. Kisaran padatan terlarut tersebut masih layak untuk usaha budidaya udang galah di perairan tawar. Hasil dari pengamatan nitrit pada pemeliharaan udang galah lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 21 dan Lampiran 5.



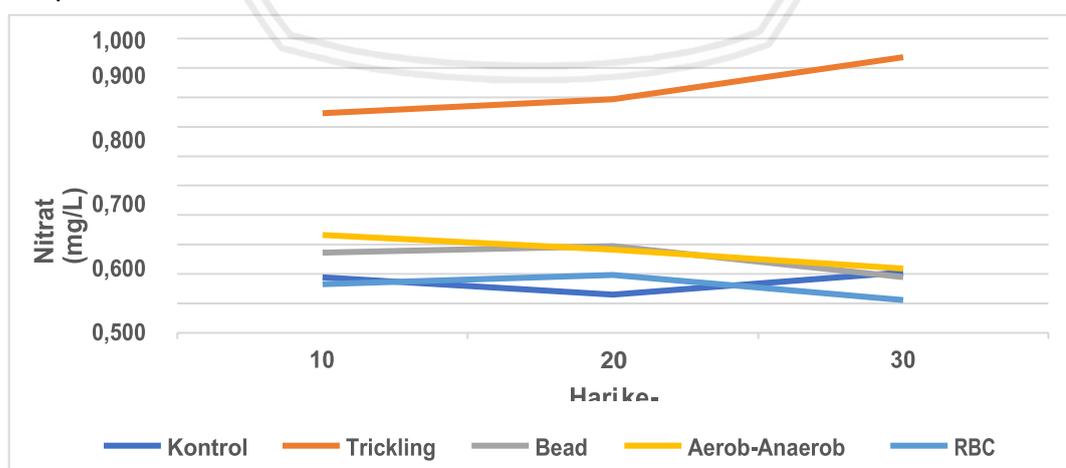
Gambar 21. Konsentrasi Nitrit pada Media Pemeliharaan Udang

Namun pada Gambar 21 dapat dilihat pada hari ke 20 terjadi fluktuasi nitrit secara drastis pada akuarium kontrol sesar 0,195 mg/l. Hal ini dikarenakan pada perlakuan kontrol tidak menggunakan sistem biofilter, sehingga air yang

tercemar sisa pakan dan feses yang mengendap pada dasar perairan dapat mengakibatkan penumpukan amonia dalam air. Kasus ini diperparah dengan jumlah bakteri nitrobacter yang sedikit, sehingga keseimbangan kandungan amoniak dan nitrit dalam perairan tidak terkontrol dengan baik dan telah melewati standar baku mutu kandungan nitrit dalam budidaya udang galah. Hal ini selaras dengan persyaratan kandungan nitrit pada udang menurut SNI 2006, kandungan nitrit untuk budidaya udang galah intensif adalah kurang dari 0,1 mg/l nitrit dapat meracuni udang bila kandungannya mencapai 0,5 mg/l.

4.2.7 Nitrat (NO_3^-)

Dari hasil penelitian data dinamika konsentrasi total Nitrat (NO_3^-) selama penelitian dapat diketahui dengan pengukuran sampel air pada setiap 10 hari sekali selama 30 hari waktu pemeliharaan. Selama penelitian di dapatkan hasil pengukuran nitrat dalam media budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) berkisar antara 0,111 - 0,937 mg/L. Kisaran Padatan terlarut tersebut masih layak untuk usaha budidaya udang galah di perairan tawar. Hasil dari pengamatan TDS pada pemeliharaan udang galah lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 22 dan Lampiran 5.



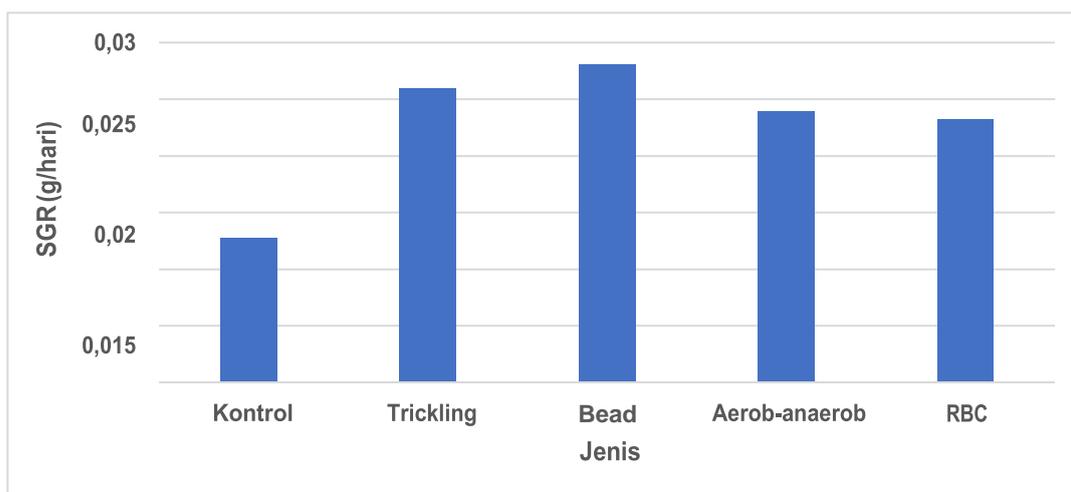
Gambar 22. Konsentrasi Nitrat pada Media Pemeliharaan Udang

Namun pada grafik dapat dilihat pada hari ke 20 terjadi peningkatan kadar nitrat secara drastis sampai akhir penelitian pada perlakuan menggunakan *trickling filter*, yaitu sebesar 0,937 mg/l. Pada perlakuan kontrol tidak menggunakan sistem biofilter, sehingga air yang tercemar sisa pakan dan feses yang mengendap pada dasar perairan dapat mengakibatkan penumpukan amonia dalam air. Kasus ini diperparah dengan jumlah bakteri nitrifikasi yang lebih sedikit dari pada perlakuan yang menggunakan sistem biofilter, sehingga keseimbangan kandungan amoniak, nitrit dan nitrat dalam perairan tidak terkontrol dengan baik karena proses nitrifikasi yang tidak optimal. Hasil nitrat pada perlakuan kontrol telah melewati standar baku mutu kandungan nitrat dalam budidaya udang galah. Hal ini selaras dengan pernyataan Sawyer (2008), keberadaan nitrat yang tinggi diperlukan untuk merangsang pertumbuhan klekap, plankton dan lumut sebagai pakan alami bagi udang, nitrat kurang diperlukan di teknologi udang intensif karena dikhawatirkan menyebabkan eutrofikasi dan goncangan kualitas air (Boyd, 1990). Nilai nitrat yang dipersyaratkan menurut SNI 2006 untuk budidaya udang galah intensif adalah maksimal 0,5 ppm.

4.3 Hasil Pengamatan Udang Galah (SGR dan SR)

4.3.1 *Specific Growth Rate* (SGR)

Data pengukuran SGR pada media budidaya udang (*M. rosenbergii*) *Biofilter Aerob-Anaerob* diperoleh setelah pengukuran berat ikan pada akhir penelitian yang selama 30 hari dapat dilihat pada lampiran 5. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data yang disajikan pada Gambar 23.

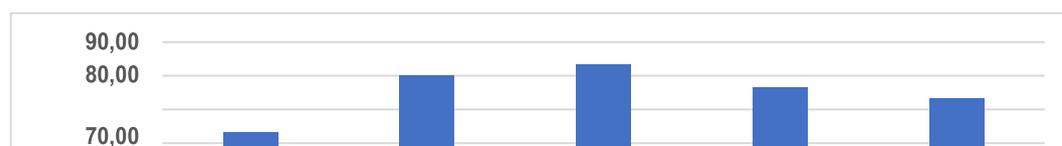


Gambar 23. Specific Growth Rate (SGR)

Berdasarkan Gambar 23 diperoleh data SGR seluruh perlakuan biofilter dan kontrol yaitu berkisar 0,012-0,028 g/hari. SGR yang paling tinggi diperoleh perlakuan trikling biofilter dan perlakuan yang menggunakan sistem biofilter mendapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan perlakuan sistem biofilter lainnya, namun hasil yang berbeda terdapat pada perlakuan kontrol dengan nilai 0,012 g/hari. Hal ini disebabkan karena udang pada perlakuan kontrol kurang mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan sehingga udang tidak dapat mengoptimalkan pakan yang diberikan untuk pertumbuhan bobotnya. Hal ini selaras dengan pernyataan Yurihartini, *et al.* (2002), menyatakan bahwa pertumbuhan terjadi pada makhluk hidup apabila jumlah makanan dan kalsium yang dimakan melebihi kebutuhan untuk mempertahankan hidupnya. Dan kejadian ini diperparah dengan tidak menggunakannya sistem biofilter maka parameter kualitas air terutama amonia yang terlalu berlebihan akan menyebabkan pertumbuhan udang galah semakin menurun seperti pernyataan Boyd (1990), kandungan amoniak 0,45 mg/l dapat menghambat laju pertumbuhan udang sampai dengan 50%, sedangkan pada tingkat amoniak 1,29 mg/l dapat membunuh beberapa udang jenis *Penaeus*, kandungan amoniak 0,05-0,2 mg/l mempengaruhi terjadinya gangguan pertumbuhan secara umumnya organisme aquatik.

4.3.2 Survival Rate (SR)

Data pengukuran SR pada media budidaya udang (*M. rosenbergii*) *Biofilter Aerob-Anaerob* diperoleh setelah akhir penelitian yang selama 30 hari



dapat dilihat pada lampiran 5. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data yang disajikan pada Gambar 24.

Gambar 24. *Survival Rate (SR)*

Berdasarkan Gambar 24 diperoleh data SR seluruh perlakuan biofilter dan kontrol yang berkisar antara 63,3 - 83,3%. SR terbesar diperoleh perlakuan *bead* sebesar 83,3% sedangkan kontrol memperoleh SR terkecil sebesar 63,3%. Namun terdapat perbedaan SR yang sangat signifikan antara udang galah yang diberi perlakuan biofilter dan kontrol. Perbedaan besar ini disebabkan karena pada perlakuan tidak terdapat sistem biofilter sehingga jumlah kelimpahan bakteri nitrifikasi lebih sedikit dan proses nitrifikasi tidak mampu mengimbangi tingkat pencemaran pada media pemeliharaan terutama kandungan amonia, nitrit dan nitrat. Hal ini selaras dengan pernyataan Boyd (1990), bahwa salah satu faktor lain yang dapat menyebabkan penurunan tingkat kelangsungan hidup udang galah yaitu faktor lingkungan. Udang galah sangat rentan terhadap kualitas media pemeliharaan yang kurang baik. Pemberian pakan terutama pakan pelet akan berpotensi menurunkan kualitas air media pemeliharaan. Semakin tinggi kepadatan ikan, maka feces dan urin yang dikeluarkan akan semakin banyak. Sisa pakan yang terdapat di dasar wadah merupakan komponen yang dapat memicu peningkatan amonia.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh media biofilter yang berbeda (*Trickling, Bead, Aerob-anaerob* dan RBC) terhadap kelimpahan bakteri pada media budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) yaitu:

1. Bakteri *Nitrobacter* yang teridentifikasi pada *biofilter* adalah bakteri *Nitrobacter winogradsky*.
2. Dari keempat model sistem *biofilter* yang berbeda, *biofilter trickling* merupakan *biofilter* yang paling efektif dalam menumbuhkan bakteri *Nitrobacter* karena memiliki kelimpahan bakteri terbanyak, yaitu sebesar 7,763 CFU/ml.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, untuk memperoleh kelimpahan bakteri *Nitrobacter* terbaik pada budidaya udang galah (*M. rosenbergii*) dapat disarankan

menggunakan media *biofilter trickling*, sedangkan untuk meningkatkan nilai SGR udang galah (*M. rosenbergii*) disarankan untuk menggunakan *biofilter bead*. Selain itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai jumlah bakteri *Nitrobacter* pada media *biofilter* yang berbeda dan pertumbuhan biota akuatik selain udang galah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P. D. 1989. *Water Pollution Biology*. Ellis Horwood Limited. Chichester: England. 231 h.
- Adil, M. 2005. Penggunaan Nutrient Terlarut dalam Budidaya Udang Galah. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB: Bogor.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*. 140–147.
- Boyd, C. E, dan C. S. Tucker. 1992. *Water Quality in Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. United States. 183 pp.
- Boyd, C. E. 1979. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Agricultural Experiment Station. Auburn. Alabama: USA. 359 pp.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta. 258 hlm.
- Firdausi, N., W. Muslihatin dan T. Nurhidayati. 2016. Pengaruh kombinasi media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap pH dan unsur hara fosfor dalam tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2): 53-56.

- Greiner, A. D. dan M. B. Timmons. 1998. Evaluation of the nitrification rates of microbead and trickling filters in an intensive recirculating tilapia production facility. *Aquacultural Engineering*. **18**: 189-200.
- Gujer, W. dan M. Boller. 1986. Design of a nitrifying tertiary trickling filter based on theoretical concepts. *Water Research*. **20**(11):1353-1362.
- Hadie, L. E. dan W. Hadie. 2002. Budidaya Udang Galah GI Macro. Penebar Swadaya: Jakarta. 123 hlm.
- Hariyadi dan A. W. Ganjar. 2011. Pengembangan Model Biofiltering pada Sistem Budidaya Akuaponik sebagai Inovasi Sistem Budidaya Ikan yang Ramah Lingkungan. Blockgrand FPP UMM: DPPM UMM. 97 hlm.
- Hendrawati, H., T. H. Prihadi dan N. N. Rohmah. 2008. Analisis Kadar Fosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau Akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Kimia VALENSI*. **1**(3): 135-143.
- Hickling, C. F. 1971. Fish culture faber and faber: London. 348 hlm.
- Hochheimer, J. N. 1990. Trickling Filter Model for Closed System Aquaculture. Unpublished Ph.D. dissertation. University of Maryland, College Park: MD. 107 pp.
- Jati, O. E. 2012. Analisis Hubungan Parameter Fisika Kimia Air dengan Total Bakteri pada Tambak Udang di BBPBAP Jepara. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro: Semarang. 69 hlm.
- Jimoh, A. Abayomi, O. C. Edwin, W. O. Olusegun and A. B. Haleemah. 2011. Food and feeding habits of the African river prawn (*Macrobrachium vollehovenii*) in Epe Lagoon, southwest Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. **3**(1): 10-15.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2012. Indonesian Fisheries Statistic Index. <http://www.kkp.go.id/index.php/arsip/c/7667/optimalikan-lahan-sawahkkp-galakkan-udang-galah-dan-padi/>. 29 Januari 2014. 1 hal.
- Koch, M., A. Yediler, D. Lienert, G. Insel dan A. Kettrup. 2002. Ozonation. Malang. **18**(1): 81-92.
- Mangampa, M. Busran dan S. H. Suswoyo. 2008. Optimalisasi Padat Tebar Terhadap Sintasan Tokolan Udang Windu dengan Sistem Aerasi di Tambak.
- Nandlal, S. dan T. Pickering. 2005. Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming in Pacific Island Countries. Volume One. Hatchery Operation. Secretariat of the Pacific Community and Marine Studies Program, The University of the South Pacific: Noumea, New Caledonia. pp. 2.

- Novotny, V. dan H. Olem. 1994. *Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York. 1054 p.
- Odal, Shingo, K. Fujie, dan H. Kubota. 1981. Effect of rotation speed on reaction rate on a rotating biological contactor. *Journal Fermentation Technology*. **59**(3): 227-234.
- Petrucci, R. H. 1989. *Kimia Dasar. Prinsip dan Terapan Modern*. Edisi Keempat. Alih Bahasa: Suminar. Erlangga. Jakarta. 488 hlm.
- Prayogo, B. S. 2012. Eksploritasi Bakteri Indigen pada Pembenihan Ikan Lele Dumbo (*Clarias* sp.) Sistem Resirkulasi Tertutup. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 193-197.
- Redner, R. dan R. R. Stickney. 1979. Acclimation to Ammonia by *Tilapia aurea*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108: 383– 388.
- Sawyer, N. Clair, L. Perry, Mc Carty dan P. F. Gene. 2008. *Chemistry for Enviromental Engineering and Science*. (5 th ed). Singapore. 106 pp.
- Slamet, J. S. 1996. *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 85 hlm.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. *Produksi Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) ditambah dengan Teknologi Intensif*. Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-7246- 2006.
- Widanarni, D. Wahjuningrum dan M. Setiawati. 2009. *Optimasi Budidaya Super-Intensif Ikan Nila Ramah Lingkungan: Dinamika Mikroba Bioflok*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor. 85 hlm.
- Roy, D. dan S. R. Singh. 1997. The Food and Feeding Habits of Freshwater Prawn *Macrobrachium choprai*. *Asian Fisheries Science*. **10**: 51-63.
- Smith, M. 2003. *Biological Filters for Aquaculture*, L.S. Enterprises. USA. 348 pp.
- Stanley, C., K. Lau, V. Thiyagarajan, S. C. K. Cheung dan P. Y. Qian. 2005. Roles of bacterial community composition in biofilms as a mediator for larval settlement of three marine invertebrates. *Aquat. Microb. Ecol.* **38**: 41-51.
- Viessman W, Jr., Hamer M.J. 2008. *Water Supply And Polution Control*. Harper & Row, New York. 797 pp.
- Weng, C. dan A. H. Molof. 2001. Nitrification in the biological fixed-film rotating disk system. *Journal Water Pollution Control Federation*. **46**: 1674.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology*. 3rd ed. Academic Press. London. 1006 pp.
- Wheaton, F. W., J. N. Hochheimer, G. E. Kiser, F. R. Malone, M. J. Krones, S. G. Libey dan C. C. Easter. 1994. *Nitrification filter design methods*.

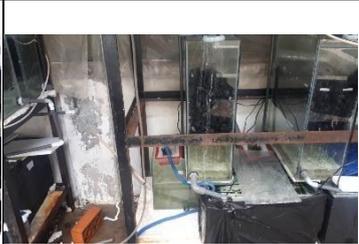
Aquaculture water reuse systems: engineering design and management, 3rd ed. Isevier of hydrolyzed azo dye reactive yellow 84 (Cl). *Chemosphere*. **46**(1): 109-113.



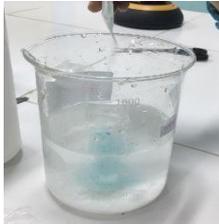
LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat-Alat Penelitian

		
<p>Trickling Biofilter</p>	<p>Bead Biofilter</p>	<p>DO meter</p>

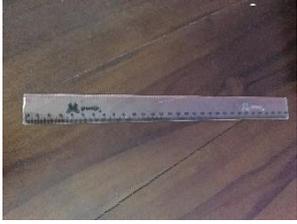
		
<p>Aerob-anaerob Biofilter</p>	<p>RBC</p>	<p>Media Pemeliharaan</p>
		
<p>pH meter</p>	<p>Thermometer</p>	<p>TDS</p>
		
<p>Inkubator</p>	<p>Hot plate</p>	<p>Pompa air</p>

Lampiran 1. Gambar Alat-Alat Penelitian (Lanjutan)

		
<p>Beaker glass</p>	<p>Erlenmeyer</p>	<p>Washing bottle</p>

 <p>Colony counter</p>	 <p>Tabung dan Rak Tabung Reaksi</p>	 <p>Gelas ukur</p>
 <p>Seser</p>	 <p>Bola Hisap</p>	 <p>Nampan</p>
 <p>Cawan Petri</p>	 <p>Jarum ose</p>	 <p>Vortex mixer</p>

Lampiran 1. Gambar Alat-Alat Penelitian (Lanjutan)

		
Pipet volume	Blue tip	Spatula
		
Lemari Pendingin	Lamina Air Flow	Destruktor
		
Botol Sprayer	Net Pot	Timbangan Digital
		
Penggaris	Korek Gas	Tempat Sampel

Lampiran 2. Bahan-Bahan Penelitian

 <p data-bbox="395 607 564 645">Alkohol 70%</p>	 <p data-bbox="778 613 887 680">Nutrient Agar</p>	 <p data-bbox="1123 618 1241 651">Akuades</p>
 <p data-bbox="432 1039 531 1077">Spirtus</p>	 <p data-bbox="786 1059 879 1093">Tissue</p>	 <p data-bbox="1110 1021 1257 1088">Aluminium Foil</p>
 <p data-bbox="427 1453 537 1523">Benang Kasur</p>	 <p data-bbox="786 1458 882 1525">Plastik Wrap</p>	 <p data-bbox="1098 1469 1273 1503">Kertas Label</p>
 <p data-bbox="395 1868 564 1906">Kapas Putih</p>	 <p data-bbox="786 1865 879 1933">Kertas bekas</p>	

Lampiran 3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda

a. Data Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (CFU/ml)

Perlakuan	Ulangan	Masa Pemeliharaan	
		H0	H30
K	1	$5,4 \times 10^7$	$5,7 \times 10^7$
	2	$6,1 \times 10^7$	$5,4 \times 10^7$
	3	$5,1 \times 10^7$	$4,6 \times 10^7$
A	1	$5,3 \times 10^7$	$4,2 \times 10^9$
	2	$5,2 \times 10^7$	$4,1 \times 10^9$
	3	$5,4 \times 10^7$	$4,1 \times 10^9$
B	1	$5,0 \times 10^7$	$4,0 \times 10^9$
	2	$4,8 \times 10^7$	$4,0 \times 10^9$
	3	$5,2 \times 10^7$	$4,1 \times 10^9$
C	1	$5,6 \times 10^7$	$4,1 \times 10^9$
	2	$5,0 \times 10^7$	$3,8 \times 10^9$
	3	$5,7 \times 10^7$	$4,1 \times 10^9$
D	1	$4,9 \times 10^7$	$6,4 \times 10^8$
	2	$5,6 \times 10^7$	$6,1 \times 10^7$
	3	$5,5 \times 10^7$	$3,8 \times 10^9$

b. Data Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Log CFU/ml)

Perlakuan	Ulangan	Masa Pemeliharaan		Rata-Rata
		H0	H30	
K	1	7,74	7,76	7,75
	2	7,79	7,74	7,76
	3	7,72	7,67	7,69
A	1	7,73	9,62	9,33
	2	7,72	9,61	9,32
	3	7,74	9,61	9,32
B	1	7,70	9,61	9,31
	2	7,69	9,61	9,31
	3	7,72	9,61	9,32
C	1	7,75	8,61	8,37
	2	7,71	8,58	8,33

3 7,76 9,61 9,32

Lampiran 3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Lanjutan)

b. Data Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Log CFU/ml) (Lanjutan)

Perlakuan	Ulangan	Masa Pemeliharaan		Rata-Rata
		H0	H30	
D	1	7,69	8,81	8,54
	2	7,75	7,79	7,77
	3	7,75	9,58	9,28

c. Rerata Data Pertumbuhan Bakteri

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata ± STDEV
	1	2	3		
A	9,328	9,316	9,318	27,962	9,321 ± 0,006
B	9,309	9,310	9,317	27,937	9,312 ± 0,004
C	8,368	8,334	9,319	26,021	8,674 ± 0,559
D	8,541	7,769	9,283	25,593	8,531 ± 0,757
K	7,748	7,765	7,693	23,205	7,735 ± 0,038
Total				107,513	

d. Perhitungan Uji Statistik Kelimpahan Bakteri

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{\text{Total}^2}{\Sigma \text{Peralakuan}} = \frac{81,847^2}{5 \times 3} = \frac{11.583,8}{15} = 1.139,145$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JK}_{\text{total}}) &= (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - \text{FK} \\ &= (9,328^2 + 9,316^2 + \dots + 7,693^2) - 1.139,145 \\ &= 3,332 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK}_{\text{Perlakuan}} &= \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2 + \Sigma D^2 + \Sigma K^2)}{r} - \text{FK} \\ &= \frac{27,962^2 + 27,937^2 + 26,021^2 + 25,593^2 + 23,205^2}{3} - 1.139,145 \\ &= 1,560 \end{aligned}$$

$$\text{JK}_{\text{Acak}} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 3,332 - 1139,145 = 1,771$$

Lampiran 3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Lanjutan)

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (n) - 1 = (15) - 1 = 14$$

$$\text{Derajat Bebas (db) perlakuan} = (t) - 1 = (5) - 1 = 4$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 14 - 4 = 10$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{JK \text{ Perlakuan}}{db \text{ Perlakuan}} = \frac{1,560}{4} = 0,390$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Acak} = \frac{JK \text{ Acak}}{db \text{ Acak}} = \frac{3,332}{10} = 0,333$$

Uji Sidik Ragam Pertumbuhan Bakteri

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	5,157	1,289	7,267**	3,48	5,99
Acak	10	1,774	0,177			
Total	14	6,932				

Keterangan **: Berpengaruh Sangat Nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Acak}} = \frac{1,289}{0,177} = 7,267$$

Karena diperoleh hasil $F \text{ hitung} > F \text{ Tabel } 1\% > F \text{ Tabel } 5\%$ menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pertumbuhan Bakteri

$$SED = \frac{\sqrt{2 \times KT \text{ Acak}}}{Ulangan} = \frac{\sqrt{2 \times 0,177}}{3} = 0,221$$

$$BNT \ 5\% = t \text{ tabel } 5\% \times SED = 2,144 \times 0,00527 = 0,4756$$

$$BNT \ 1\% = t \text{ tabel } 1\% \times SED = 2,976 \times 0,00527 = 0,660$$

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pertumbuhan Bakteri

Rata-rata perlakuan	K	D	C	B	A	Notasi
K 7,735	-	-	-	-	-	a

D	8,531	0,796*	-	-	-	-	b
C	8,674	0,938**	0,142 ^{ns}	-	-	-	bc
B	9,312	1,577**	0,781**	0,639 ^{ns}	-	-	c
A	9,321	1,585**	0,789**	0,647**	0,008 ^{ns}	-	c

Keterangan:

ns : *non-significant* (tidak berbeda nyata)

** : berbeda sangat nyata

* : berbeda nyata

Uji Polinomial Ortogonal Pertumbuhan Bakteri

Perlakuan	Data (Ti)	Pembanding (Ci)		
		Linier	Kuadratik	Kubik
A	20,360	-3	1	-1
B	20,477	-1	-1	3
C	20,487	1	-1	-3
D	20,523	3	1	1
Q= $\sum(TiCi)$		-9,020588046	-0,40253485	3,380345681
Kn= $(\sum Ci^2)*r$		60	12	60
JK=Q2/Kn		1,35618	0,01350	0,19045

Sidik Ragam Regresi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	1,560				
Linier	1	1,356	1,356	7,66	3,11	5,04
Kuadratik	1	0,014	0,014	0,08		
Kubik	1	0,190	0,190	1,08		
Acak	10	1,771	0,177			

Menghitung R Square (R²)

$$R^2 \text{ Linier} = \frac{JK \text{ Linier}}{JK \text{ Linier} + JK \text{ Acak}} = \frac{1,356}{1,356 + 1,771} = 0,43361$$

$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{JK \text{ Kuadratik}}{JK \text{ Kuadratik} + JK \text{ Acak}} = \frac{0,014}{0,014 + 1,771} = 0,00756$$

Persamaan Regresi Linier yang diperoleh adalah $y = -1,0934x + 9,4104$
dengan perhitungan :

Lampiran 3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Lanjutan)

Perhitungan Regresi Linier

Perlakuan	X	y	xy	x ²	y ²
A1	0	9,328	0	0	87,0068
A2	0	9,316	0	0	86,7935
A3	0	9,328	0	0	87,0068
B1	0,275	9,309	2,560076352	0,075625	86,6643
B2	0,275	9,317	2,562260323	0,075625	86,8123
B3	0,275	9,317	2,562260323	0,075625	86,8123
C1	0,55	8,368	4,602248855	0,3025	70,0188
C2	0,55	8,334	4,58384448	0,3025	69,4599
C3	0,55	9,319	5,125291026	0,3025	86,8384
D1	0,825	8,541	7,046711796	0,680625	72,9567
D2	0,825	7,769	6,409362809	0,680625	60,3562
D3	0,825	9,283	7,658514834	0,680625	86,1750
Jumlah (Σ)	5	107,530	43,111	3	966,9010
Rerata	0,413	8,961			

Mencari Persamaan

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \frac{(\Sigma y) \times (\Sigma X^2) - (\Sigma X) \times (\Sigma Xy)}{(n) \times (\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \\
 &= \frac{242,541 - 166,905}{36 - 25} \\
 &= \frac{75,636}{11} \\
 &= 9,4137
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{(n) \times (\Sigma Xy) - (\Sigma X) \times (\Sigma y)}{(n) \times (\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = \frac{(12) \times (33,831) - (5) \times (81,847)}{(12) \times (3) - (5)^2} \\
 &= \frac{405,972 - 409,235}{36 - 25}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{3,263}{11}$$
$$= -1,0980$$

Lampiran 3. Data dan Uji Statistik Pertumbuhan Bakteri pada Media Budidaya Udang Galah (*M. rosenbergii*) dengan Sistem Biofilter yang Berbeda (Lanjutan)

Persamaan regresi linier adalah $y = b_0 + b_1x$ sehingga dapat ditulis dengan persamaan $y = 9,4137 - 1,0980x$.

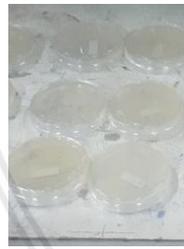


Lampiran 4. Hasil Penanaman dan Identifikasi Bakteri

Sampel Bakteri H-0

K	A	B	C	D
				

Sampel Bakteri H-30

K	A	B	C	D
				

Lampiran 4. Hasil Penanaman dan Identifikasi Bakteri (Lanjutan)

Hasil Identifikasi Bakteri






LABORATORIUM PENGUJI

BALAI KARANTINA IKAN PENGENDALIAN MUTU
DAN KEAMANAN HASIL PERIKANAN
SURABAYA II

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Report of Analysis

No: SP.S/00787/16.0/PB.610/N/2018

Nama Customer : Ahmad Yatsfa M
Customer Name

Pejabat yang Dihubungi : -
Contact Person

Alamat : Universitas Brawijaya Malang
Address

Kode Contoh Uji : SP.S/00787
Code of Test Sample

Tanggal Penerimaan : 19 November 2018
Received Date

Tanggal : 26 November 2018
Date

Tanggal Pengujian : 19 November 2018
Date of Analysis

No	JENIS CONTOH UJI <i>Type of test sample</i>	PARAMETER <i>Parameters</i>	JML. PENGUJIAN <i>Number of test</i>	HASIL UJI <i>Test result</i>		SPESIFIKASI METODE <i>Metode Specification</i>
				Hasil	Standar Mutu	
1.	Isolat Bakteri A	Bakteri	1	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Konvensional
2.	Isolat Bakteri B	Bakteri	1	<i>Proteus sp</i>	-	Konvensional
3.	Isolat Bakteri C	Bakteri	1	<i>Nitrosomonas eutropha</i>	-	Konvensional
4.	Isolat Bakteri D	Bakteri	1	<i>Nitrobacter winogradsky</i>	-	Konvensional
5.	Isolat Bakteri K	Bakteri	1	<i>clostridium sp</i>	-	Konvensional

Catatan : 1. Hasil Uji ini hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji.
These analytical result are only valid for the tested sample

2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan, kecuali secara lengkap dan seijin tertulis Manajer Puncak BKIPM Kelas I Surabaya II (stempel COPY)
The report of analysis shall not be reproduced (copied) except for the completed one and with the written permission of the Top Manager or BKIPM kelas I Surabaya II (COPY sign)



Surabaya, 26 November 2018

Kepala BKIPM Surabaya II
Manglap Teknis yang Mewakili,
ZAKIYUDDIN MAD WUJAYA, S.Pi
0813 200912 1 001

DP/5.8.2.6/BKITPE.Terbitan/Revisi 7/0; 01 Februari 2018

ORIGINAL

Jl. Sawunggaling 177 - 183, Ds. Jemundo, Kec. Taman - Sidoarjo, Telepon [031] 7873151 Faksimile [031] 7873148. Surat Elektronik : bkiperak@gmail.com

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian

Pengamatan Suhu Selama Penelitian

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

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan Suhu Selama Penelitian

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

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan DO Selama Penelitian

Hari	Perlakuan											
	K1		K2		K3		A1		A2		A3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	7,18	6,92	7,16	6,76	7,12	6,56	6,95	6,58	7,3	6,76	7,48	6,32
2	8,4	6,11	8,5	6,54	5,92	5,85	6,66	5,77	6,33	6,11	6,24	6,05
3	6,47	6,32	6,45	6,34	6,31	7,03	6,19	7,03	6,37	6,02	6,65	6,51
4	6,46	6,13	6,04	5,89	6,49	6,1	6,14	5,63	5,99	5,88	6,43	6,3
5	6,34	5,87	6,34	5,72	5,87	5,8	5,45	5,18	6,38	5,76	6,1	5,62
6	5,91	5,52	6,39	5,52	6,36	5,96	5,8	6,14	6,37	5,59	6,02	5,74
7	6,4	5,42	6,34	6,62	6,5	5,76	5,98	5,11	5,97	5,37	6,45	5,48
8	6,3	5,25	6,26	5,48	6,22	5,47	5,76	4,97	5,85	5,39	6,42	5,6
9	5,71	5,13	5,12	6,09	6	5,91	5,77	4,95	6,02	5,29	6,01	5,54
10	6,05	5,27	6,18	5,66	6,09	5,62	5,75	5,22	6	5,35	6,14	5,33
11	5,82	5,27	6,01	5,66	5,77	5,62	5,21	5,22	5,57	5,35	5,75	5,33
12	6,17	4,49	6,45	5,6	6,18	5,23	5,93	4,55	6,09	5,55	5,75	4,8
13	5,72	5,1	6,29	6,02	6,29	5,56	5,9	4,9	6,58	5,8	6,03	5,24
14	5,63	4,43	6,16	5,77	6,04	5,55	5,5	4,5	6,22	5,39	5,77	4,59
15	5,65	4,16	6,05	5,83	6,28	5,85	5,61	5,03	6,02	5,86	5,96	5,27
16	5,38	3,33	6,06	5,1	6,24	4,97	5,3	3,99	6,21	5,34	5,76	4,2
17	4,88	4,4	5,85	5,12	5,7	5,77	5,25	4,82	6,02	5,22	5,53	4,52
18	4,39	3,37	5,85	5,02	5,88	5,26	5,56	3,98	5,98	5,48	5,54	4,18
19	4,67	2,96	5,63	4,56	5,25	3,35	5,18	3,93	5,82	5,16	5,15	3,49
20	4,85	4,56	5,81	4,95	5,86	5,1	5,12	4,8	6,07	5,77	5,4	4,98
21	5,39	3,3	5,9	3,9	6,79	3,24	5,1	3,64	6,55	3,92	6,38	3,54
22	4,96	4,52	5,34	4,88	5,49	4,72	4,11	4,65	6,11	5,48	4,56	4,35
23	5,45	4,43	5,85	5,22	5,5	5,32	4,81	4	6,52	5,81	4,62	4,29
24	4,87	4,66	5,33	5,86	4,78	5,02	4,57	3,58	5,97	5,84	5,17	5,56
25	4,69	4,53	5,66	4,54	4,91	4,37	4,17	3,56	6,14	5,31	5,59	4,42
26	4,3	4	5,67	4,77	4,72	4,14	3,76	4,13	5,98	5,75	5,3	4,21
27	3,66	3,68	5,27	3,68	4,31	3,43	3,21	3,2	5,4	4,71	4,43	3,14
28	7	3,3	7,1	4,46	7,4	3,85	6,9	3,48	7,2	4,33	6,4	4,12
29	4,42	3,83	4,89	4,76	5,12	4,73	3,03	3,66	5,34	5,44	5,28	4,75
30	5,9	3,63	6,11	4,38	5,72	3,7	4,88	3,26	6,47	5,03	6,27	4,11

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan pH Selama Penelitian

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

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan pH Selama Penelitian

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

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan TDS Pagi Selama Penelitian

Hari	Perlakuan											
	K1	K2	K3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1	250	250	249	250	280	282	287	290	290	300	301	304
2	285	284	290	297	298	300	310	325	328	340	342	341
3	328	344	343	368	367	369	395	396	389	421	426	415
4	315	339	330	359	362	363	370	387	376	405	405	405
5	342	352	351	378	384	383	388	417	396	429	442	436
6	336	341	334	365	383	369	390	400	384	420	418	413
7	343	350	342	375	381	371	402	398	393	428	425	427
8	361	362	359	394	395	388	422	415	409	451	448	445
9	376	378	371	433	431	426	485	482	479	554	548	543
10	383	384	376	444	445	438	489	493	484	558	542	528
11	393	590	382	455	453	488	498	501	493	572	570	542
12	394	389	384	458	459	453	499	505	498	578	561	543
13	405	399	389	469	468	469	510	518	561	593	582	504
14	422	407	401	478	476	479	524	525	515	588	591	401
15	432	416	412	490	488	493	539	542	541	610	609	558
16	432	410	402	510	503	514	591	591	604	667	684	500
17	455	430	428	537	524	549	617	614	639	694	711	523
18	465	439	433	544	533	565	633	621	649	703	721	535
19	483	457	457	578	549	594	657	648	670	714	735	530
20	497	473	463	593	559	610	678	666	696	732	755	559
21	495	470	471	576	559	605	672	647	690	727	747	546
22	504	479	485	586	570	621	681	653	698	717	763	550
23	501	498	526	674	651	732	799	774	836	912	483	746
24	547	502	511	680	660	743	829	756	885	933	1000	755
25	673	509	532	692	675	763	864	761	913	950	1020	769
26	601	538	548	705	680	788	889	773	938	961	1050	780
27	518	552	570	725	709	842	928	808	971	988	1120	829
28	604	562	578	730	690	826	901	790	950	993	1080	807
29	635	581	599	742	713	874	915	828	983	1110	1130	831
30	636	567	583	771	747	909	963	931	1080	110	1270	968

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan TDS Sore Selama Penelitian

Hari	Perlakuan											
	K1	K2	K3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1	260	262	262	280	282	290	296	297	300	312	315	320
2	310	328	329	338	345	345	367	356	367	410	415	408
3	335	359	349	383	379	375	402	409	396	435	446	438
4	344	375	356	397	404	388	410	431	405	458	460	452
5	347	364	345	384	401	385	405	423	398	444	447	444
6	359	354	358	382	406	387	416	414	408	448	432	434
7	383	385	382	418	419	447	448	439	477	474	477	474
8	393	358	391	455	450	455	506	502	505	582	579	581
9	397	401	392	461	461	459	507	509	504	585	567	557
10	408	410	403	475	474	473	520	525	511	602	588	570
11	408	410	403	475	474	473	520	525	511	602	588	570
12	444	435	430	504	502	503	559	567	560	643	630	615
13	464	438	434	509	506	510	561	577	565	640	636	618
14	479	461	456	537	534	544	597	605	603	668	669	624
15	462	437	433	547	538	557	636	638	649	726	729	684
16	487	462	456	576	570	596	660	652	686	733	749	568
17	510	477	478	604	568	624	685	678	714	755	768	598
18	517	487	483	609	597	637	690	687	721	756	768	576
19	561	516	514	642	624	681	729	715	756	782	804	618
20	518	487	486	602	588	537	696	675	719	750	761	565
21	540	505	509	625	607	666	714	593	740	750	803	594
22	576	534	517	714	457	557	384	829	671	482	836	517
23	565	509	519	690	672	743	836	807	898	939	1001	762
24	590	540	557	723	701	796	893	759	942	976	1009	803
25	634	574	591	742	721	845	934	826	981	1000	1150	634
26	662	599	617	764	744	903	975	870	1030	1060	1210	900
27	669	618	636	769	741	908	950	864	1010	1080	1180	878
28	683	630	651	776	751	932	959	873	1150	1110	1120	897
29	662	602	613	813	773	956	1000	963	1150	1230	1340	986
30	690	632	645	824	792	983	1030	983	1119	1260	1330	1000

Lampiran 5. Data Pengamatan Kualitas Air Selama Penelitian (Lanjutan)

Pengamatan Nitrit Selama Penelitian (mg/l)

Perlakuan	Hari ke-			
	0	10	20	30
K1	0,04	0,007	0,161	0,166
K2	0,075	0,216	0,264	0,163
K3	0,051	0,308	0,054	0,212
A1	0,011	0,003	0,057	0,064
A2	0,006	0,004	0,008	0,008
A3	0,029	0,045	0,016	0,055
B1	0,027	0,011	0,007	0,027
B2	0,015	0,016	0,024	0,035
B3	0,007	0,007	0,039	0,034
C1	0,007	0,047	0,036	0,07
C2	0,007	0,012	0,009	0,095
C3	0,054	0,124	0,019	0,066
D1	0,023	0,017	0,023	0,053
D2	0,004	0,203	0,001	0,063
D3	0,025	0,021	0,003	0,042

