

# PEMANFAATAN SELADA ROMAIN (*Lactuca sativa L.*) DAN *Pseudomonas putida* SEBAGAI BIOREMEDIATOR LIMBAH IKAN KOI (*Cyprinus carpio L.*) PADA SISTEM AKUAPONIK

Maharrani Rahayu Pratiwi<sup>a\*</sup>, Sri Andayani<sup>a</sup>, M. Firdaus<sup>a</sup>  
Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Brawijaya Malang Jl. Veteran No. 1 Malang, Indonesia

\*Koresponden penulis : [maharranirahayup@gmail.com](mailto:maharranirahayup@gmail.com)

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu sentra perikanan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap produksi ikan secara internasional. Jumlah produksi ikan tersebut tak lepas dari kegiatan budidaya yang baik dan akuaponik dengan system apung yang mampu membantu produksi ikan melimpah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh perbedaan pemberian pemanfaatan selada romain dan *Pseudomonas putida* terhadap kelangsungan hidup ikan Koi bermanfaat untuk pertumbuhan siikan dan membuat kualitas air menjadi bersih. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang kemudian diulang 3 kali. Hasil uji pengaruh pemberian *Pseudomonas putida* pada penelitian ini menghasilkan bahwa pertambahan bobot ikan Koi pada sistem akuaponik system apung yang lebih tinggi yaitu  $4,8 \pm 0,12\%$ , yang terendah didapatkan hasil yaitu  $3,6 \pm 0,12\%$ . Kemudian pada pH rata-rata pH ikan Koi yang lebih tinggi yaitu 8,36 yang terendah didapatkan hasil yaitu 8,25 dan Fosfat bahwa rata-rata Fosfat ikan Koi yang lebih tinggi yaitu 2,58 mg/l, yang terendah didapatkan hasil yaitu 1,11 mg/l. SR ikan koi yang lebih tinggi yaitu 100% dengan kepadatan 5 dan 15 tanaman. yang terendah didapatkan hasil yaitu 86% dengan kepadatan 10 dan 15 tanaman. pada suhu ikan Koi yang lebih tinggi yaitu 25–29°C dengan kepadatan 10 tanaman, yang terendah didapatkan hasil yaitu 22,6 - 25,7°C dengan kepadatan 5 tanaman. Pada DO diketahui bahwa rata-rata nilai pH ikan koi pada sistem akuaponik yang lebih tinggi yaitu 7,33 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman, yang terendah didapatkan hasil yaitu 3,3 mg/l dengan kepadatan 10 tanaman. Dan pada amonia selama penelitian diketahui bahwa rata-rata Amonia ikan koi yang lebih tinggi yaitu 0,28 mg/l dengan kepadatan 5 tanaman, yang terendah didapatkan hasil yaitu 0,04 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman.

Kata Kunci : Bioremediasi, SGR, *Pseudomonas putida*, Selada Romain, Ikan Koi

## ABSTRACT

Indonesia is a fishery center that contributes significantly to international fish production. The amount of fish production can not be separated from good cultivation activities and aquaponics with a floating system that is able to help abundant fish production. Therefore, it is necessary to conduct research on the effect of differences in the use of romain lettuce and *Pseudomonas putida* on the survival of Koi fish, which is beneficial for fish growth and makes water quality clean. The method used in this research is the experimental method, which is then repeated 3 times. The results of the test of the effect of giving *Pseudomonas putida* in this study resulted that the higher weight gain of Koi fish in the aquaponic system of floating systems was  $4.8 \pm 0.12\%$ , the lowest was  $3.6 \pm 0.12\%$ . Then at the higher average pH of Koi fish, namely 8.36, the lowest result was 8.25 and Phosphate that the higher average phosphate of Koi fish was 2.58 mg/l, the lowest result was 1.11 mg/l. The higher SR of koi fish was 100% with densities of 5 and 15 plants. the lowest yield was 86% with a density of 10 and 15 plants. at a higher Koi fish temperature of 25–29°C with a density of 10 plants, the lowest yield was 22.6–25.7°C with a density of 5 plants. In DO, it is known that the higher average pH value of koi fish in aquaponics system is 7.33 mg/l with a density of 15 plants, the lowest yield is 3.3 mg/l with a density of 10 plants. And in ammonia during the research, it was known that the higher average koi fish Ammonia was 0.28 mg/l with a density of 5 plants, the lowest yield was 0.04 mg/l with a density of 15 plants.

Keywords: Bioremediation, SGR, *Pseudomonas putida*, Romaine Lettuce, Koi Fish

---

Article history:

Diterima / Received 30 August 2021

Disetujui / Accepted 15 December 2021

Diterbitkan / Published 22 December 2021

©2021 at <http://jfmr.ub.ac.id>

## PENDAHULUAN

Salah satu ikan hias yang dikembangkan dan menjadi komoditas utama untuk diperdagangkan ialah ikan Koi. Budidaya ikan Koi dengan menggunakan akuaponik system rakit apung dapat menghemat tempat pemeliharaan. Ikan Koi bahkan menjadi komoditas andalan di beberapa daerah diantaranya Sukabumi, Cianjur, dan Blitar.

Seiring dengan meningkatnya kegiatan budidaya perikanan, dampak negatif terhadap lingkungan juga muncul, salah satunya yaitu meningkatnya akumulasi limbah budidaya. Akumulasi limbah budidaya berasal dari hasil sisa metabolisme ikan dan sisa pakan yang terlarut di dalam air yang bersifat toksik bagi kelangsungan hidup ikan. Dalam upaya mengurangi akumulasi limbah budidaya dan mempertahankan kualitas air maka diperlukan ketersediaan air yang cukup. Kegiatan budidaya menyebabkan kebutuhan air semakin meningkat disertai dengan meningkatnya dampak lingkungan. Upaya dalam mengurangi limbah dapat dilakukan dengan cara yang ramah lingkungan yaitu memanfaatkan agen biologis, salah satunya adalah bakteri melalui proses bioremediasi. Bioremediasi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah dengan cara mengeksploitasi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Setiap spesies bakteri membutuhkan substrat yang spesifik untuk mendegradasi keseluruhan komponen penyusun. Pada kultur campur (konsorsium) bakteri akan terjadi dua kemungkinan yang dapat berpengaruh pada proses bioremediasi yaitu sinergisme dan antagonisme. Proses sinergisme bakteri kultur campur dapat meningkatkan proses bioremediasi dan sebaliknya jika antagonisme akan terjadi penurunan proses bioremediasi. Dengan menggunakan tanaman selada romaine dan penambahan *Pseudomonas putida* dapat membantu pertumbuhan dan kualitas air pada budidaya ikan Koi. Perlu adanya penelitian ini dilakukan agar masyarakat yang tidak memiliki lahan dapat membudidayakan ikan dan dengan penambahan *Pseudomonas putida* akuarium tidak sering dibersihkan.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi dan Pemuliaan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak kelompok (RAK) dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah penambahan bakteri dalam sistem budidaya ikan, dimana ikan diberikan 20 ekor per-akuarium dan kepadatan tanaman selada yang mengacu pada penelitian Marpaung *et al.* (2017) [1] dengan modifikasi, yaitu:

Tabel 1. Rancangan Penelitian

Perlakuan	Populasi Tanaman Selada		
	5 tanaman (T1)	10 tanaman (T2)	15 tanaman (T3)
Tanpa <i>Pseudomonas putida</i> (P1)	P1T1	P1T2	P1T3
Dengan <i>Pseudomonas putida</i> (P2)	P2T1	P2T2	P2T3

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 18 akuarium berukuran 60 x 40 x 40 cm<sup>3</sup>, dengan air berisi 30 L, 18 nampan, Styrofoam, aluminium foil, pot berdiameter 16 cm, pipa paralon ukuran AW 1 inch, pompa air celup, keran buka tutup, termometer, water heater, serta peralatan lainnya untuk pengujian kualitas air, seperti test kit ammonia, fosfat, ammonia, nitrat dan nitrit.

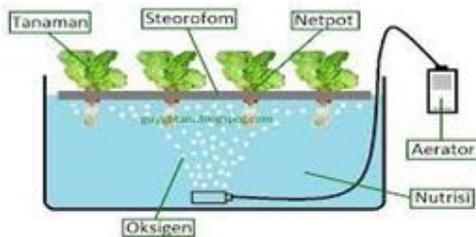
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit selada yang berumur dua minggu dengan tinggi rata-rata 4-5 cm, ikan Koi (*Cyprinus carpio* L.) dengan panjang total 5-6 cm, *Pseudomonas putida*, nutrisi tambahan AB mix untuk tanaman, media tanam selada Romain (*rockwool*), pakan ikan, air media pemeliharaan dan bahan-bahan lainnya untuk pengujian kualitas air.

### Penanaman Selada Romain

Sebelumnya media tanam berupa nampan, *rockwool*, bibit selada romaine, cutter / pisau,

botol *spray* dipersiapkan terlebih dahulu. *Styrofoam* dipotong sesuai dengan ukuran nampan kemudian dilapisi dengan aluminium foil dan dilubangi sesuai dengan diameter *net pot* bagian tengah (5 mm).

Selanjutnya styrofoam di letakkan di atas nampan. Net pot diletakkan pada setiap lubang hingga dasar net pot menyentuh permukaan air yang tercampur dengan nutrisi AB mix, di mana jarak antara dasar gelas dan dasar bak berkisar 5 cm. Setelah itu memotong *rockwool* dengan ukuran 3 x 3 x 3 cm (dadu) dan membuat celah pada bagian tengahnya sebagai tempat untuk menaruh bibit tanaman. *Rockwool* yang sudah terisi bibit selada romain ditata pada nampan kemudian dibasahi dengan cara menyemprotkan air sedikit demi sedikit. Setelah tanaman mengeluarkan daun, *rockwool* dipindah pada *net pot* tersebut.



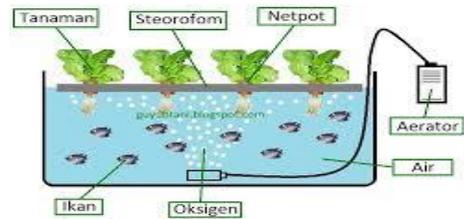
Gambar 1. Penanaman Selada Romaine Sistem Rakit Apung

### Pemeliharaan Ikan

Pada Sistem Akuaponik Ikan Koi (*Cyprinus carpio L.*) berukuran 5-6 cm ditebar dengan padat tebar 20 ekor per akuarium. Penebaran ikan Koi dapat dilakukan dengan padat tebar 200 - 400 ekor/m<sup>3</sup>, dengan pembagian perakuariumnya 20 - 25 ekor/m<sup>3</sup> [12].

Sebelum ditebar, ikan akan diaklimatisasi selama satu minggu agar ikan saat di tebar pada akuarium ikan tidak cepat mati dan dapat beradaptasi dilingkungan yang baru. Selama 60 hari ikan dipelihara dan diberi pakan komersil dengan komposisi tepung kedelai, tepung ikan, kaldu sebanyak 3% dari bobot rata-rata ikan dengan frekuensi pemberian pakan tiga kali sehari. Pengukuran panjang dan bobot dilakukan setiap minggu.

Penanaman selada Romaine berumur sekitar dua minggu dengan tinggi rata-rata 4-5 cm ditanam pada *net pot* dengan jarak tanam  $\pm$  5 cm untuk jumlah tanaman 5, 10 dan 15 selada pada sistem resirkulasi akuaponik. Pada sistem resirkulasi hidroponik selada Romaine ditanam dengan jarak tanam  $\pm$  5 cm.



Gambar 2. System Rakit Apung

Pemindahan selada ke nampan hidroponik dilakukan satu minggu setelah ikan dimasukkan ke akuarium. Selama pemeliharaan, selada pada sistem resirkulasi akuaponik, tidak ada penambahan nutrisi. Nutrisi hanya berasal dari limbah budidaya ikan Koi. Pengukuran tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun dilakukan setiap minggu, sedangkan penimbangan bobot dilakukan pada awal dan akhir percobaan.

### Pemberian Pakan

Pemberian pakan ikan Koi dilakukan pada masing-masing akuarium perlakuan sebanyak tiga kali sehari yaitu pada pukul 08.00, 12.00 dan 16.00. Pakan yang diberikan sejumlah 3%-5% dari biomassa ikan.

### Pemberian Bakteri

Inokulan *Pseudomonas putida* diperoleh dari Fakultas Kedokteran. Sebelum ditanam, dilakukan pengenceran bakteri terlebih dahulu. Pemberian *Pseudomonas putida* diberikan dengan dosis 1,5 mL / liter air setiap satu minggu sekali dengan kepadatan 10<sup>8</sup>.

### Pengambilan Sampel Bakteri pada Media Akuaponik

Pengambilan sampel *Pseudomonas putida* dari sistem akuaponik. dilakukan sebanyak 2

kali selama pemeliharaan yaitu awal pemeliharaan dan akhir pemeliharaan. Sampel diuji di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya.

### **Sterilisasi**

Sterilisasi merupakan upaya pemusnahan bakteri-bakteri yang tidak diinginkan. Menurut Kismiyati, (2009) [2] metode yang digunakan untuk mensterilkan media adalah menggunakan autoclave, dengan menggunakan uap bertekanan untuk menaikkan suhu media yang disterilkan sampai suatu taraf yang mematikan semua bentuk kehidupan. Sterilisasi media dengan *autoclave* menggunakan suhu 121 °C pada tekanan uap 1 atm selama 15 - 20 menit. Pada penelitian ini sebelum dilakukan sterilisasi dengan *autoclave*, alat dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan sisa kotoran dan debu.

### **Pembuatan Media Tumbuh Bakteri**

Media tumbuh bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah media TSA. Langkah yang dilakukan untuk membuat media tumbuh bakteri adalah terlebih dahulu ditimbang 10 g TSA lalu dicampurkan dengan akuades sebanyak 250 mL. Selanjutnya dihomogenkan dengan spatula dan dibungkus dengan kapas dan aluminium foil untuk selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan autoclave selama 15-20 menit. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kontaminan yang masuk ke dalam media hidup bakteri. Setelah diperoleh media yang telah dipanaskan dan steril, media tersebut dibagi ke dalam 12 cawan petri yang tersedia dimana untuk 1 cawan petri biasanya dapat diisi dengan 20 mL media agar.

### **Pengenceran**

Langkah awal yang dilakukan saat pengenceran adalah setiap tabung reaksi terlebih dahulu diisi dengan 9 mL Na fisiologis. Selanjutnya sampel bakteri yang telah dicampur dengan akuades diambil 1 mL dan dimasukkan

pada salah satu tabung reaksi. Tabung reaksi ini kemudian dihomogenkan dengan vortex mixer dan didapatkan pengenceran  $10^{-1}$ . Kemudian, dari pengenceran  $10^{-1}$  ini diambil 1 mL menggunakan mikropipet bluetip steril kemudian dimasukkan pada tabung reaksi kedua yang berisi 9 mL Na fisiologis dan dihomogenkan sehingga didapatkan pengenceran  $10^{-2}$ . Selanjutnya sampai didapatkan pengenceran sampai  $10^{-8}$ .

### **Penanaman**

Bakteri yang terdapat pada sampel diinokulasi pada media dengan metode tuang. Metode tuang dilakukan dengan dengan cara menghomogenkan sampel pada pengenceran  $10^8$  dengan vortex mixer kemudian masing masing sampel diambil 1 mL dengan mikropipet bluetip steril. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam cawan petri dan diberi label. Selanjutnya dituang media ke dalam cawan petri sebanyak  $\pm 20$  mL secara aseptik dan diinkubasi pada suhu 33°C di dalam inkubator selama 1x24 jam. Isolat bakteri menunjukkan bentuk yang berbeda-beda seperti warna dan bentuk koloni bakteri.

### **Isolasi**

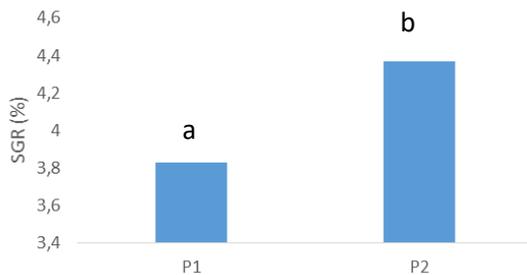
Bakteri pada media tumbuh tanaman diambil sebanyak 2 sampel dari masing-masing perlakuan berbeda yaitu tanaman selada 5 tanaman, selada 10 tanaman dan tanaman selada 15 tanaman serta pada akuarium kontrol. Proses isolasi atau pemisahan serta pemurnian isolat bakteri ini mengacu pada [3], bahwa pemisahan dan pemurnian isolat bakteri dilakukan dengan metode gores (*streak method*). Masing-masing cawan petri pada tiap pengenceran diambil koloni-koloni bakteri yang menunjukkan morfologi dan warna yang berbeda. Selanjutnya masing-masing koloni bakteri digoreskan pada permukaan media steril yang telah disiapkan. Cawan petri tersebut diinkubasi pada suhu kamar selama 1x24 jam dan diamati laju pertumbuhannya, apakah sudah menjadi kultur murni atukah belum. Apabila masih terdapat jenis bakteri lainnya maka dilakukan pemisahan

kembali dengan metode gores sehingga didapatkan kultur murni pada masing-masing cawan petri. Setelah didapatkan biakan murni pada cawan petri kemudian ditumbuhkan pada agar miring untuk selanjutnya dilakukan identifikasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Dari pengukuran Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya perbedaan pada penambahan *Pseudomonas putida* terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan koi. Laju pertumbuhan spesifik ikan koi akibat penambahan *P.putida* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh penambahan *P. putida* terhadap SGR Ikan Koi

Gambar 3 menjelaskan bahwa penambahan *P. putida* menghasilkan nilai SGR yang lebih tinggi yaitu  $4,3 \pm 0,25\%$  dibandingkan tanpa penambahan *P. putida*. Hal ini sesuai dengan [4], yang menyatakan bahwa penambahan *P. putida* pada perairan akan membuat perairan normal, membuat pertumbuhan ikan meningkat, dapat membantu memperbaiki kualitas air dan dapat bekerja dalam saluran pencernaan ikan.

Menurut Utomo *et al.* (2015) [5], jumlah konsumsi pakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ikan selain faktor lingkungan dan genetik. Nilai tingkat konsumsi pakan yang sama dari semua perlakuan diduga karena pakan yang ditambahkan *P. putida* dengan dosis yang sama

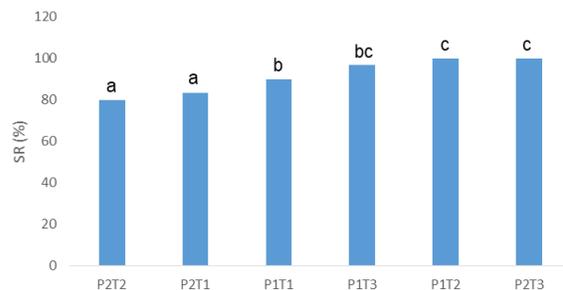
mempunyai aroma yang berbeda sehingga meningkatkan nafsu makan ikan. Menurut Samsudin *et al.* (2018) [6], pakan yang baik untuk ikan selain ditentukan oleh nilai nutrisinya, dipengaruhi juga oleh aroma pakan, karena aroma mampu merangsang nafsu makan ikan. Selain itu diduga yang mempengaruhi tingkat konsumsi pakan salah satunya adalah daya tarik pakan (atraktan). Semakin tinggi daya tarik pakan maka akan menyebabkan ikan semakin tertarik untuk memakan pakan tersebut yang dapat meningkatkan konsumsi ikan terhadap pakan. Selain daya tarik, hal tersebut diduga karena ikan koi yang digunakan dalam penelitian memiliki umur yang sama sehingga jumlah pakan yang dibutuhkan juga hampir sama. Menurut Wiyanto dan Hartono (2013) [7], bahwa ikan yang masih muda memiliki pergerakan yang aktif sehingga membutuhkan makanan yang cukup banyak dibandingkan dewasa. Sehingga semakin kecil ikan maka nafsu makan semakin besar.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *P. putida* mampu menghidrolisis senyawa kompleks dalam pakan, seperti protein menjadi asam amino, karbohidrat menjadi glukosa dan bahan lainnya dalam pakan, sehingga pakan yang diberikan kepada ikan koi dapat dimanfaatkan secara efisien. Menurut Halver (1972) [8], semakin tinggi nilai efisiensi pakan memberikan gambaran bahwa kualitas pakan semakin baik. Kualitas pakan tersebut tidak hanya terdiri dari protein saja, tetapi tersusun atas karbohidrat, lemak dan mikronutrien lainnya. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis penambahan *P. putida*, semakin tinggi pula kandungan protein dalam pakan tersebut. Hal ini diduga penambahan *P. putida* saling melengkapi satu sama lain dan memberikan pengaruh yang signifikan yaitu meningkatkan kadar protein dalam pakan. Menurut Arief (2013) [9], menyatakan bahwa pemberian pakan dengan penambahan *P. putida* mampu meningkatkan kandungan gizi nilai protein dan menurunkan serat kasar pada pakan. Hal tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian Irawati *et al.* (2015)[10], semakin tinggi jumlah *P. putida* yang digunakan akan mempengaruhi

banyaknya protein yang dapat dihidrolisis. Menurut Subandiyono dan Hastuti (2011) [11], protein yang berkualitas adalah protein yang mempunyai nilai pencernaan tinggi serta memiliki konfigurasi dan jumlah asam amino yang mirip dengan konfigurasi maupun jumlah asam amino yang terdapat pada spesies ikan yang diberi pakan.

### Survival Rate (SR)

Dari pengukuran Survival Rate (SR) pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya interaksi pada penambahan *Pseudomonas putida* dan tanaman selada romaine terhadap survival rate ikan koi. Survival rate ikan koi akibat penambahan *P. putida* dan tanaman selada romaine dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Interaksi *Pseudomonas putida* dan Selada Terhadap SR

Gambar 4 menyatakan bahwa interaksi penambahan *P. putida* dan selada air menghasilkan nilai yang lebih tinggi yaitu 100% dengan kepadatan 5 dan 15 tanaman dibandingkan dengan yang tidak diberi keduanya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan tanaman selada romaine dan *P. putida* dalam penelitian dengan perlakuan yang berbeda-beda memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan koi. Terlihat bahwa pada perlakuan dengan sistem akuaponik (P1T2 dan P2T3), pertumbuhan ikan koi lebih baik dibandingkan dengan P2T2. Metode akuaponik bisa memberikan lingkungan yang nyaman bagi ikan. Dediu *et al.* (2011) [12], menyatakan bahwa pertumbuhan ikan yang dipelihara pada sistem resirkulasi dengan

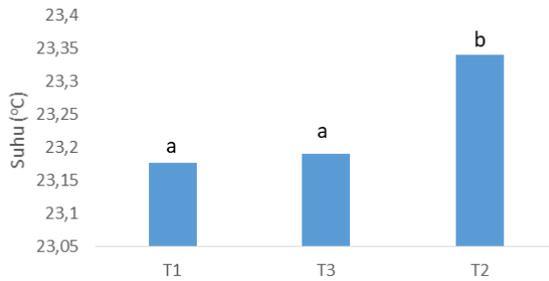
tambahan tanaman, memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem resirkulasi tanpa tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan P1T2 dan P2T3 memiliki kemampuan yang sama dalam proses resirkulasi air dan filtrasi yang optimal, sehingga menghasilkan kualitas air yang lebih baik dibandingkan kontrol di dalam media pemeliharaan ikan koi dan juga pemberian pakan dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan ikan.

Pada hasil menunjukkan bahwa penambahan *P. putida* melalui perairan memberikan hasil berbeda nyata terhadap efisiensi pemanfaatan ikan koi. Hal ini dikarenakan peran dari *P. putida* yang diaplikasikan melalui perairan dapat berkembang secara baik dan dapat merubah pakan yang tidak termanfaatkan dapat dicerna kembali oleh ikan tersebut. Hal ini sesuai dengan [13], bahwa *P. putida* dapat mengatur lingkungan mikroba pada usus dengan melepas enzim-enzim yang membantu proses pencernaan makanan.

*P. putida* merupakan agen mikroba hidup yang dapat berpengaruh terhadap kelulushidupan ikan koi. Dari hasil yang didapatkan bahwa spesies bakteri yang diberikan dapat mempengaruhi ikan koi. Hal ini sesuai dengan pernyataan [14], *P. putida* merupakan mikroba yang aman dan relatif menguntungkan dalam sauran pencernaan. Mikroba ini menghasilkan zat yang tidak berbahaya bagi kultivan tetapi justru menghancurkan mikroba patogen pengganggu system pencernaan. Manfaat *P. putida* yaitu terhadap kelangsungan hidup ikan, mampu meningkatkan pertumbuhan, respon imun dan resistensi terhadap penyakit [15].

### Suhu

Dari pengukuran Suhu pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya interaksi pada penambahan tanaman selada romaine terhadap suhu ikan koi. suhu ikan koi akibat penambahan tanaman selada romaine dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Jumlah Selada Terhadap Suhu

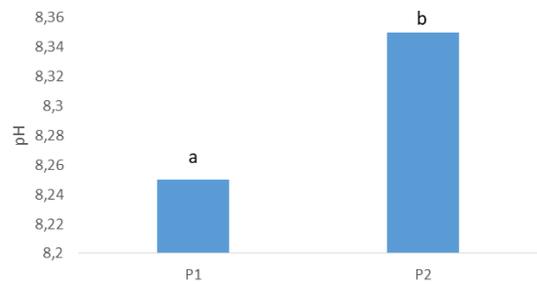
Gambar 5 menyatakan bahwa hasil dari penambahan selada air dengan kepadatan 10 tanaman mendapatkan hasil nilai suhu yang tertinggi yaitu 25–29°C. Hal ini sesuai dengan [16], bahwa salah satu parameter lingkungan yang mempunyai pengaruh besar terhadap hewan akuatik adalah suhu. Ikan memiliki kemampuan untuk menyesuaikan suhu tubuhnya dengan suhu lingkungannya sehingga disebut hewan poikilothermal. Suhu air pada sistem akuaponik tidak hanya berpengaruh terhadap jenis ikan yang dipelihara, akan tetapi berpengaruh juga terhadap pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan Khairuman *et al.* (2008) [17], secara umum ikan koi tumbuh maksimum pada suhu 25-30°C, ketika suhu air turun di bawah 20°C maka pertumbuhan dan reproduksi ikan akan melambat, serta akan menimbulkan penyakit. Menurut Samsudari dan Wirawan (2013) [18], suhu air yang sudah melewati sistem filtrasi oleh akar tanaman akan mengalami kenaikan dan cenderung akan lebih stabil dimana pada penelitian tanaman yang pas untuk system filtrasi memakai kepadatan 10 tanaman. Hal ini, dikarenakan adanya peran sistem resirkulasi dimana air di pompa dari media pemeliharaan ikan dan selanjutnya terjadi gesekan mekanis antara partikel air, media tanam dan akar tanaman sehingga suhu air dalam kolam dapat meningkat dan cenderung lebih konstan. Suhu yang berfluktuasi terlalu besar akan berpengaruh pada sistem metabolisme ikan. Pada kondisi suhu rendah akan berpengaruh terhadap imunitas atau kekebalan tubuh ikan, serta pada kondisi suhu yang turun secara mendadak akan mengakibatkan terjadinya degenerasi sel darah

merah sehingga proses respirasi yaitu pernapasan atau pengambilan oksigen akan terganggu [17]. Selain itu suhu media yang optimum berpengaruh terhadap kinerja enzim pencernaan dan metabolisme yang efektif.

### Power of Hydrogen (pH)

Dari pengukuran pH pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya perbedaan pada penambahan *Pseudomonas putida* terhadap pH ikan koi. pH ikan koi akibat penambahan *P. putida* dapat dilihat pada gambar 6.



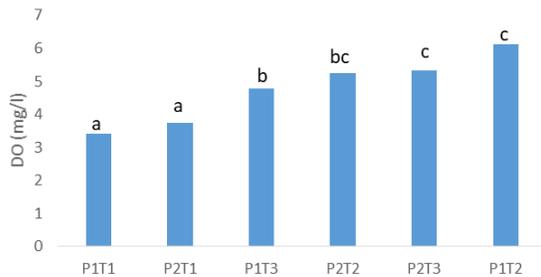
Gambar 6. Pengaruh penambahan *P. putida* Terhadap pH

Gambar 6 menyatakan bahwa hasil penambahan *P. putida* menghasilkan nilai yang tinggi yaitu 8,36 dengan kepadatan 15 tanaman dibandingkan yang tidak diberi. pH yang didapatkan pada pemeliharaan ikan koi 7-8 juga masih dalam kisaran normal untuk kehidupan ikan koi [20].

Menurut Murhananto (2002) [21], pH yang baik untuk pertumbuhan ikan koi yaitu antara 6,5-9,0. pH < 5 sangat buruk bagi kehidupan ikan koi, karena dapat menyebabkan penggumpalan lendir pada insang dan dapat menyebabkan kematian, sedangkan pH di atas 9 dapat menghambat pertumbuhan, karena menimbulkan nafsu makan yang kurang bagi ikan koi [22]. Menurut Triyono *et al.* (2014) [23], penurunan nilai pH terjadi karena senyawa asam laktat yang dihasilkan oleh *P. putida* dari hasil metabolisme yang diekskresikan keluar sel sehingga terakumulasi ke dalam perairan.

## Dissolved Oxygen (DO)

Dari pengukuran Dissolved Oxygen (DO) pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya interaksi pada penambahan *Pseudomonas putida* dan tanaman selada romaine terhadap DO ikan koi. DO ikan koi akibat penambahan *P. putida* dan tanaman selada romaine dapat dilihat pada gambar 7.



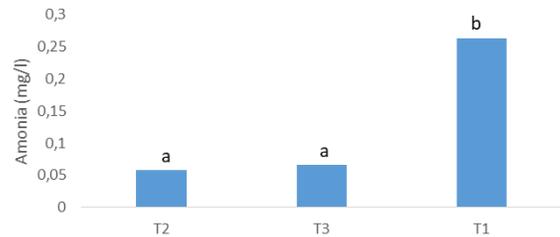
Gambar 7. Pengaruh Interaksi *Pseudomonas putida* dan Selada Terhadap DO

Gambar 7 menyatakan bahwa interaksi penambahan *P. putida* dan selada air menghasilkan nilai DO tinggi yaitu 7,33 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman, dibandingkan dengan yang tidak diberi. Hal ini sesuai [24], yang menyatakan bahwa konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang ideal untuk budidaya adalah 3-7 mg/L. Kekurangan kadar oksigen dapat berakibat stress, mudah terserang penyakit dan terhambatnya pertumbuhan ikan. Dengan penambahan *P. putida* pada perairan Keberadaan DO dibutuhkan oleh semua organisme yang hidup diperairan tersebut untuk bernapas, melakukan proses metabolisme yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan. Kandungan DO yang terukur selama proses penelitian mendukung untuk kegiatan budidaya ikan [25]. Penurunan kadar oksigen akibat adanya organisme dalam air yang melakukan pernapasan serta terjadinya perombakan bahan organik. Kebutuhan oksigen dalam air yang tidak terpenuhi akan mengakibatkan penurunan kondisi kesehatan ikan akibat dari tingkat konsumsi yang rendah [26]. Kemampuan tanaman selada yang tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang

lainnya memberikan pengaruh terhadap penyerapan nitrogen anorganik yang lebih baik sehingga kualitas air menjadi lebih baik, hal ini memberikan pengaruh terhadap kandungan DO pada media budidaya ikan. Menurut Sikawa (2010) [27], kandungan oksigen yang optimum untuk respirasi akar tanaman adalah 2,5 mg/l, apabila dibawah 0,16 mg/l menyebabkan akar dan daun tanaman akan layu sehingga penyerapan unsur hara tidak optimal.

## Amonia

Dari pengukuran Amonia pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya perbedaan pada penambahan tanaman selada romaine terhadap amonia ikan koi. Amonia ikan koi akibat penambahan tanaman selada romaine dapat dilihat pada gambar 8.



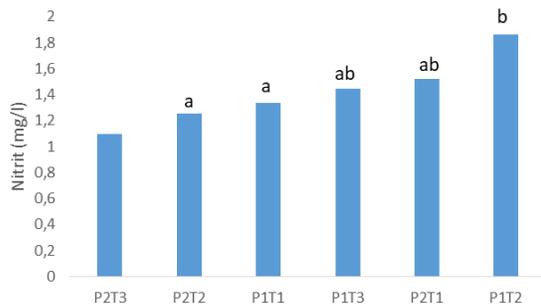
Gambar 8. Pengaruh Jumlah Selada Terhadap Amonia

Gambar 8 menyatakan bahwa hasil penambahan selada romaine menghasilkan nilai Amonia yang tinggi yaitu 0,28 mg/l dengan kepadatan 5 tanaman, dibandingkan dengan yang tidak diberi. Hasil dari penelitian pada kandungan ammonia selama penelitian mengalami penurunan, hal ini diduga adanya proses nitrifikasi oleh bakteri, Hal ini sesuai dengan [28] yang menyatakan bahwa terjadinya proses reduksi ammonia dapat melalui beberapa proses diantaranya adalah melalui proses biologi seperti asimilasi alga dan tumbuhan, dekomposisi oleh bakteri, nitrifikasi dan proses aerasi. Tanaman memanfaatkan amonia dalam air sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya. Hasil pengamatan setiap minggu menunjukkan adanya penurunan kadar amonia total dari tiap

minggunya. Dari tanaman yang digunakan Selada Romaine pada akuarium pemeliharaan ikan menunjukkan tingkat penyerapan yang berbeda. Penggunaan tanaman selada dalam penelitian ini menjadikan nilai amonia total dalam air akuarium penelitian lebih kecil, hal ini diduga akibat dari perbedaan kemampuan fotosintesis yang juga dipengaruhi oleh jumlah daun yang dimiliki oleh tanaman, mengakibatkan ikan mengalami pertumbuhan yang signifikan meningkat.

### Nitrit

Dari pengukuran Nitrit pada mediabudidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya interaksi pada penambahan *Pseudomonas putida* dan tanaman selada romaine terhadap nitrit ikan koi. Nitrit ikan koi akibat penambahan *P. putida* dan tanaman selada romaine dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Interaksi *Pseudomonas putida* dan Selada Terhadap Nitrit

Gambar 9 menyatakan bahwa interaksi penambahan *P. putida* dan selada air menghasilkan perhitungan Nitrit tinggi yaitu 1,094 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman dibandingkan dengan yang tidak diberi. Hal ini sesuai dengan Tingginya konsentrasi nitrit pada perlakuan tanpa penambahan *P. putida* diduga karena bakteri alami untuk menguraikan dan memanfaatkan nitrit jumlahnya sedikit. Namun kandungan nitrit pada perlakuan tanpa *P. putida* masih dalam batas normal. Menurut Khairuman (2008) [29], ambang batas nitrit adalah < 0,05 mg/L. Senyawa nitrit yang berlebih dalam suatu perairan akan menyebabkan menurunnya

kemampuan darah ikan untuk mengikat oksigen (O<sub>2</sub>), karena nitrit akan bereaksi lebih kuat dengan hemoglobin yang menyebabkan tingginya angka kematian [30]. Konsentrasi nitrit terendah pada perlakuan penambahan *P. putida* disebabkan karena bakteri mampu memanfaatkan nitrit sebagai sumber energy untuk pertumbuhannya. Menurut Pitrianingsih (2014) [31] *P. putida* yang ditambahkan pada media pemeliharaan berfungsi untuk merombak bahan organik melalui proses nitrifikasi membentuk nitrat. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Effendi *et al.* (2015) [32], yang menyatakan bahwa sistem akuaponik memiliki kemampuan untuk mengkonversi senawa-senyawa nitrit dan ammonia menjadi nitrat. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat juga bawa konsentrasi nitrat mengalami penurunan seiring dengan lamanya masa perlakuan. Hal ini dapat dijelaskan bila dikaitkan dengan pertumbuhan tanaman, dimana semakin tinggi tingkat pertumbuhan tanaman maka asupan nitrat juga semakin tinggi [33].

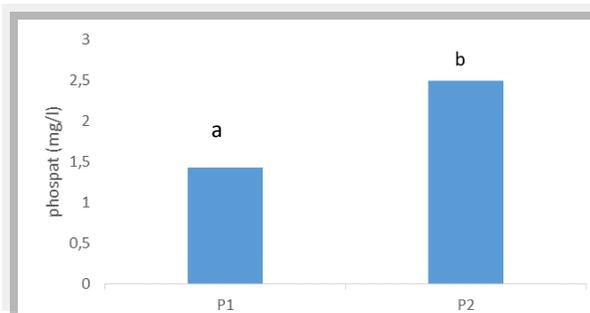
### Nitrat

Dari pengukuran nilai Nitrat pada media budidaya ikan koi menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara penambahan *Pseudomonas putida* dan selada romaine. Sehingga diperoleh hasil nilai Nitrat selama penelitian diketahui bahwa rata-rata Nitrat ikan koi pada sistem akuaponik yang lebih tinggi yaitu 3,07 mg/l dengan kepadatan 5 tanaman dan pada budidaya ikan koi yang terendah didapatkan hasil yaitu 1,39 mg/l dengan kepadatan 5 tanaman. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen diperairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Pada penambahan *P. Putida* menjadikan nitrat tidak menyebabkan toksik terhadap organisme akuatik dalam jumlah yang banyak, dikarenakan penambahan tersebut dapat membantu limbah ikan koi berkurang. Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman melalui proses bioremediasi. Selama penelitian ini terlihat bahwa tanaman

yang efektif dalam penyerapan nitrat pada media budidaya ikan adalah selada dan kangkung air. Hal ini ditandai dengan rendahnya konsentrasi nitrat yang terkandung didalam media penelitian ikan disebabkan oleh adanya penyerapan akar tanaman [34]. Tanaman pada system akuaponik memberikan peran biofilter dengan memanfaatkan nutrient yang berasal dari limbah budidaya. Akar tanaman juga menjadi media tambah bakteri nitrifikasi yang membantu mereduksi ammonia dan menyediakan nitrat yang dibutuhkan untuk tanaman. Menurut Nugroho *et al*, (2010) [35] nitrat diserap oleh tanaman melalui akar sebagai pupuk alami untuk pertumbuhan.

### Fosfat

Dari pengukuran fosfat pada media budidaya ikan koi. Hasil Analisis keragaman menunjukkan bahwa adanya interaksi pada penambahan *Pseudomonas putida* terhadap fosfat ikan koi. fosfat ikan koi akibat penambahan *P. putida* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh penambahan *P. putida* Terhadap Phospat

Gambar 10 menyatakan bahwa hasil dari penambahan *Pseudomonas putida* menghasilkan nilai yang tinggi yaitu 2,58 mg/l dengan kepadatan 5 tanaman dibandingkan dengan yang tidak diberi. Hal ini membuktikan bahwa proses pengolahan limbah budidaya yang mengandung racun, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik [36]. Dengan penambahan *P.*

*putida* mampu menurunkan kadar fosfat pada budidaya ikan koi. Proses pengolahan limbah budidaya secara hayati dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Bila kadar fosfor dalam air sangat rendah (< 0,01 mg/L) pertumbuhan ganggang dan tanaman akan terganggu, yang dinamakan oligotrop [37]. Terjadinya penurunan kadar Fosfat total pada penelitian diperkirakan diakibatkan adanya perombakan bahan organik oleh bakteri *P. putida* menjadi bahan anorganik seperti senyawa Fosfat [38].

### TDS

Dari pengukuran nilai TDS pada media budidaya ikan koi menunjukkan tidak ada interaksi antara perlakuan dan pada interaksi tanaman selada dan *Pseudomonas putida*, maka nilai TDS tinggi yaitu 140 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman, dan pada budidaya ikan koi yang terendah didapatkan hasil yaitu 142 mg/l dengan kepadatan 15 tanaman.

Nilai TDS selama penelitian pada tiap perlakuan cenderung mengalami penurunan tiap pengamatannya, hal ini dikarenakan pengaruh sistem resirkulasi dan media filter yang dibantu oleh akar tanaman selada air. Sesuai dengan pernyataan Sulastri dan Nurhayati, (2014) [39] bahwa media filtrasi dapat menurunkan kadar TDS. Tingginya nilai TDS dapat disebabkan oleh peningkatan aktivitas ikan yang semakin mengalami pertumbuhan perkembangan, dan pengaruh sisa pakan, serta hasil metabolisme ikan. Total padatan terlarut adalah padatan terlarut yang terkandung pada larutan dimana dipengaruhi oleh jumlah ion yang terkandung pada perairan tersebut [40]. Pada penambahan *P. putida* membuat air limbah budidaya ikan koi menjadi keruh tetapi pada kualitas air mengalami penurunan.

### KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa perlakuan bioremediasi dengan penambahan tanaman air dan *P. putida* pada penelitian selama 60 hari yaitu sebagai berikut : 1. Pada budidaya ikan

koi yang diberi *Pseudomonas putida* memberikan hasil yang nyata pada parameter pH, SGR, dan fosfat. 2. Pada budidaya ikan koi yang diberi Tanaman Selada Romain memberikan hasil yang nyata pada parameter suhu dan amonia, 3. Pada Budidaya ikan koi yang diberi *Pseudomonas putida* dan Tanaman selada Romaine memberikan hasil yang nyata pada parameter SR, Nitrit, dan DO.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marpaung, N. S., Santiyana. 2007. Penyerapan Logam Pb dan Cd oleh Eceng gondok: Pengaruh Konsentrasi logam dan lama Waktu Kontak. *Jurnal Teknik Industri*. 16 (1): 44 – 50
- [2] Kismiati. 2009. Keragaman Jenis dan Persen Penutupan Tumbuhan Air di Ekosistem Danau Laut Tawar, takengon, Provinsi Aceh. *Depik*. 1(2): 125 – 130.
- [3] Setyati, A., Subagio A., Ali N dan W. B dan Nik. 2012. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*. Vol 32(11) : 422- 430.
- [4] Mahardika, T. 2012. budidaya tanaman dengan metode hidroponik. jakarta: bibit publisher
- [5] Utomo, P dan Kusnadi. 2015. Kultur Campuran dan Faktor Lingkungan Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi Tea – Cider. Departemen Biologi – FMIPA Institut Teknologi Bandung. *PROC. ITB Sains dan Tek*. 35 A, No (2), 147 – 162.
- [6] Samsudin, M. dan Widiyanto, T. 2018. Penggunaan bakteri nitrifikasi untuk bioremediasi dan pengaruhnya terhadap konsentrasi amonia dan nitrit di tambak udang. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 32 (2): 261-278. ISSN 0125-9830.
- [7] Wiyanto D. H. Hartono, E.N. Faridah dan Oedjiono. 2013. Pengaruh pH dan fosfat organik terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri pengoksidasi amonia. *Biodiversitas* 5(2): 43-47 ISSN: 1412-033X
- [8] Never, C. dan R. Susiana. 1972. *Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran Dengan Sistem Akuaponik*. Yogyakarta.
- [9] Arief Purnomo, D. R., Shovitri, M. dan D. N. Kuswytasari. 2013. Isolasi dan Karakteristik Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*.1(1).
- [10] Irawati. 2015. Akumulasi Logam Pb di Perairan Sungai Sail dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 15,1 (2010) : 39-49.
- [11] Subandiyono, G. E., Hastuti, A. A. dan Berata, I. K. 2011. Pemberian Efektive Microorganism (Em4) terhadap Gambaran Histopatologi Hati Tikus Putih 45 (*Rattus Norvegicus*) Betina. *Indonesia Medicus veterinus*. ISSN. 1(5): 582-595
- [12] Dedi, H. 2011. respon pertumbuhan tanaman bayam hijau (*Amarathus sp* ) terhadap konsentrasi nutrisi pada hidroponik rakit apung. Tesis program studi agroteknologi UMJ.
- [13] Irianto, G.D., Suwardi dan Darmawan. 2013. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (slow release fertilizer) urea-zeolit-asam humat. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 8(2). ISSN: 1411-6723
- [14] Nizar P. 2006. Pengaruh pemberian karbon (sukrosa) dan probiotik terhadap dinamika populasi bakteri dan kualitas air media budidaya udang vaname *Litopenaeus vannamei*. Skripsi. Departemen Budidaya Perairan, Fakultas

- Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [15] Ai. M, dan Mills D. 2011. Freshwater ecology, principles, and applications. John Willey and Sons, Chicester, UK
- [16] Somervilla. DR, Herbert. RA, Holding AJ. 2014. Pollution of freshwater with organic nutrient. Di dalam : Sykes G dan Skinner FA. Microbial aspects of pollution. London: Academic Press
- [17] Khairuman, S.I. 2008. Kadar fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di perairan Pulau Talise Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah Platax. 1 (4) ISSN: 2302-3589
- [18] Samsuri, Wirawan. 2013. Telaah Kualitas Air : Bagi pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius Yogyakarta. 338 hlm.
- [19] Zidni, A., A. Ardi, dan Rosmiati. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dengan Aliran Batch.
- [20] [21] Insulistyowati. 2015. Tingkat Serangan Ektoparasit pada Ikan Patin (*Pangasius djambal*) pada Beberapa Pembudidaya Di Kota Makasar (Skripsi). Makasar, Universitas Hasanuddin. Tidak di Publikasikan.
- [22] Homerton, I. M. 2001. Gambaran Histopatologi Insang, Usus dan Otot pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Daerah Cimpea, Bogor. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak di Publikasikan.
- [23] Triyono, S.I. 2014. Kadar fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di perairan Pulau Talise Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah Platax. 1 (4) ISSN: 2302-3589
- [24] Sahrijanna., D. Septianingsih dan B. Gunadi. 2017. Budidaya Ikan Mas secara Intensif. Agromedia Pustaka. Jakarta. 100 hlm.
- [25] Ratih., S. 2013. Isolasi, populasi dan karakterisasi bakteri pelarut fosfat pada tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. Biologi 3(1): 22-31.
- [26] Mahardika, N. 2017. Analisa Pendapatan Usha Pengolahan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Perspektif Laporan Keuangan (Studi Kasus pada Limbung mas Indah, Kelurahan Kelebajeng, Kecamatan Bajeng, Kecamatan Gowa).
- [27] Sikawa, M. 2010. Monitoring water quality using benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters of Behzat stream in Turkey. Polish J. of Environ. Stud. 15 (5), p: 709-717.
- [28] Van rij. 2012. A bacteriocin of strain *Pediococcus* sp. ISK-1 isolated from human feces. J. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 61(6): 1049-1051.
- [29] Khairuman, T. 2008. perbandingan pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) secara hidroponik menggunakan POC. jurnal produksi tanaman , 6 (10).
- [30] Samsundari dan Wirawan. 2013. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (slow release fertilizer) urea-zeolit-asam humat. Jurnal Zeolit Indonesia. 8(2). ISSN: 1411-6723
- [29] Samsundari. 2013. Bioteknologi Lingkungan. Penerbit Alfabeta : Bandung
- [31] Pitrianingsih, Hefni. 2014. Telaah Kualitas Air : Bagi pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius Yogyakarta. 338 hlm.
- [32] Effendi. 2015. Tingkat Serangan Ektoparasit pada Ikan Patin (*Pangasius djambal*) pada Beberapa Pembudidaya Di Kota Makasar (Tesis). Makasar,

- Universitas Hasanuddin. Tidak di Publikasikan.
- [33] Dauhan, Ari Nidhi, Anggraini Puspa W., Nur Fathurahman R., Muhamad Nur R., dan Suranto. 2014. Pemanfaatan Limbah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Alternatif Media Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 6 hlm.
- [34] Zidni, H. 2013. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta, 258 hlm.
- [35] Nugrogo, Riyan. 2019. Analisis Kebutuhan Oksigen Untuk Dekomposisi Bahan Organik di Lapisan Dasar Perairan Estuari Sungai Cisadane, Tangerang [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 37 hlm.
- [36] Dian, Hari Budieni dan Kami Hari Basuki. 2010. Buku Ajar Statistika dan Probabilitas. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 184 hlm.
- [37] Salsa, Nina dan Surayah Aksar. 2012. Nilai Gizi Eceng Gondok dan Pemanfaatan sebagai Pakan Ternak Non Ruminansia. Balai Penelitian Ternak, Bogor, 62 hlm.
- [38] Walpole, Ronald E. 1997. Pengantar Statistika. Edisi ke 3 . PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 151 hlm.
- [39] Nurhayati Wahyulis., Vita Naurina, Desintan Wulan, Arista Wahyu, Agustin Merdekawati dan Karni. 2014. Analisis Data. Pendidikan Pra Sekolah dan Sekolah Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta.
- [40] Soeprobowati, T.R., S.D.T., S.S.H., dan P. Gell. 2010. Stratigrafi Diatom Danau Rawa Pening: Kajian Paleolimnologi sebagai Landasan Pengelolaan Danau Dalam: Prosiding Seminar Nasional Limnologi V tahun 2010, Semarang, pp.1-14.