

EFEKTIFITAS BAKTERI NITRIFIKASI DAN DENITRIFIKASI PADA LIMBAH ORGANIK BUDIDAYA UDANG VANNAMEI

THE EFFECTIVENESS OF NITRIFICATION AND DENITRIFICATION BACTERIA ON ORGANIC WASTE OF VANNAMEI SHRIMP CULTIVATION

Abdul Haris Sambu¹, Abdul Malik¹, Asni Anwar¹

^{1,2,3} Dosen Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Muhammadiyah Makassar

*Email : malik@unismuh.ac.id,

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi senyawa nitrogen anorganik (NH_3 , NO_2 dan NO_3) dengan memanfaatkan bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi. Penelitian dilakukan mulai bulan Januari sampai Maret 2021 di laboratorium Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar. Percobaan menggunakan 3 perlakuan 4 kali ulangan, sehingga berjumlah 12 percobaan, sampel yang digunakan yaitu limbah tambak. Hasil yang didapatkan bahwa perlakuan bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dapat menurunkan kandungan senyawa amonia 0,15 mg/L dan senyawa nitrat menjadi 3,8 mg/L. Berdasarkan uji regresi terdapat hubungan erat antara kandungan amonia, nitrit dan nitrat diawal dan akhir penelitian.

Kata kunci: *Bioremediasi, Bakteri, Mikroorganisme, Limbah.*

ABSTRACT

This study aims to analyze the concentration of inorganic nitrogen compounds (NH_3 , NO_2 , and NO_3) using nitrifying and denitrifying bacteria. The research was conducted from January to March 2021 in the laboratory of Aquaculture Study Program, Faculty of Agriculture, University of Muhammadiyah Makassar. The experiment used three treatments with four replications, so there were 12 trials, the sample used is pond waste. The results obtained that the treatment of nitrifying and denitrifying bacteria can reduce the content of ammonia compounds 0,15 mg/L and nitrate compound to 3.8 mg/L. Based on the regression test, there is a close relationship between the content of ammonia, nitrite, and nitrate at the beginning and the end of the study.

Keywords: *Bioremediation; Bacteria; Microorganisms; Waste*

PENDAHULUAN

Udang vannamei masuk ke Indonesia, diintroduksi dan dibudidayakan mulai awal tahun 2000-an dengan menunjukkan hasil yang menggembirakan. Masuknya udang vannamei ini telah mengairahkan kembali usaha pertambakan Indonesia yang mengalami kegagalan budidaya akibat serangan penyakit, terutama bintik putih (*white spot*) telah menyerang tambak-tambak udang

windu (Azmi *et al.*, 2017), baik yang dikelola secara tradisional maupun intensif meskipun telah menerapkan teknologi tinggi dengan fasilitas yang lengkap. Daya tarik udang vannamei sebagai udang budidaya karena tahan terhadap penyakit dan produktifitasnya yang tinggi, serta tersedia teknologi produksi induk atau benih bebas penyakit serta kebutuhan kandungan protein pakan yang relatif rendah (Sudrajat dan Wedjatmiko 2010).

Di Lampung, udang vannamei mulai menjadi spesies alternatif bagi petambak untuk dibudidayakan (Putri *et al.*, 2020). Beberapa perusahaan besar yang bergerak dalam agrobisnis udang mulai mencoba membudidayakan udang vannamei untuk meningkatkan produktifitas tambaknya, begitu juga dengan tambak-tambak tradisional dan semi intensif mulai mengalihkan jenis spesies yang dibudidayakan dengan udang vannamei (Purnamasari *et al.*, 2017; Hermawan *et al.*, 2020; Husada, 2020; dan Priyono, 2020).

Udang vannamei mempunyai beberapa keunggulan dibanding spesies udang lainnya yaitu, produktivitasnya mencapai lebih dari 13.600 kg/ha, produktivitas yang tinggi ini karena udang vannamei mempunyai beberapa keunggulan dibanding spesies jenis lainnya, antara lain: tingkat kelulushidupan tinggi, ketersediaan benur yang berkualitas, kepadatan tebar tinggi, tahan penyakit dan konversi pakan rendah. Tingkat kelulushidupan udang vannamei bisa mencapai 80-100%, menurut Boyd dan Clay (2002), tingkat kelulusan hidupnya mencapai 91%. Tingginya tingkat kelulushidupan karena benih udang vannamei sudah dapat diperoleh dari induk yang sudah berhasil didomestikasi sehingga benur yang dihasilkan tidak liar dan tingkat *kanibalisme* rendah, selain itu kebutuhan kandungan protein pakan yang relatif rendah (Boyd dan Clay (2002) ; Amri dan Kanna (2008) dan Sudrajat dan Wedjatmiko (2010)). Akibat dari kepadatan yang tinggi, maka akan terjadi akumulasi bahan organik yang tinggi juga dalam media budidaya udang (Syafaat *et al.*, 2012)Syah *et al.*, 2014). Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air sebagai akibat dari tingginya kandungan

senyawa nitrogen anorganik, baik yang berasal dari metabolisme (ekskresi) udang, sisa –sisa pakan (un eaten feed), kotoran (feses) udang, alga yang mati dan bahan-bahan organik lainnya (Durborow, *et al.*,1997). Kondisi ini menyebabkan terjadinya akumulasi kandungan senyawa amonia (NH₃), nitrit (NO₂) dan nitrat (NO₃), yang pada konsentrasi tertentu bersifat toksik pada udang (Wulandari *et al.*, 2015). Kualitas air yang rendah juga akan menjadi stressor munculnya serangan beberapa penyakit bakterial maupun viral yang dapat menyebabkan kematian udang secara massal, sehingga dapat menurunkan jumlah produksi udang.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan perbaikan kualitas air dari kontaminasi bahan organik atau anorganik menggunakan organisme hidup yang dapat menguraikan atau merombak limbah dalam tambak menjadi senyawa-senyawa yang tidak membahayakan udang dalam menurunkan kualitas air, proses biologis ini sering disebut bioremediasi. Salah satu bahan yang digunakan untuk agen bioremediasi ini yaitu mikroorganisme seperti bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobakteri*) dan bakteri denitrifikasi (Devaraja *et al.*, 2002). Adanya bakteri nitrifikasi amonia yang bersifat toksik dapat dioksidasi menjadi nitrat (Yuka *et al.*, 2021). Selain itu nitrat dapat diambil langsung oleh alga sebagai sumber nutrisi. Pendekatan mekanisme bioremediasi yang dilakukan adalah pengontrolan senyawa nitrogen anorganik pada sistem budidaya udang. Perkembangan bioteknologi mikroba dalam sistem bioremediasi pendekatannya banyak berlandaskan pada aktivitas mikroba yang berperan pada siklus nitrogen (Naskah, 2019).

Proses pengendalian senyawa nitrogen diperairan (amonia, nitrit dan

nitrat) dengan aktivitas mikroba tersebut tidak menghasilkan produk samping N_2O yang akan berdampak negatif bagi lingkungan. Salah satu produk akhir dari reduksi nitrat ditentukan oleh keberadaan dan dominasi bakteri agen bioremediasi pada lingkungannya. Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi senyawa nitrogen anorganik (NH_3 , NO_2 dan NO_3) dengan memanfaatkan bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan mulai bulan Januari sampai Maret 2021 di laboratorium Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar, sedangkan analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Universitas Hasanuddin.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan nitrifikasi dan denitrifikasi adalah: limbah tambak udang intensif 30 liter, reagen untuk analisis kualitas air laut dan limbah tambak, reagen untuk pengujian mikroba air laut sebagai pengencer 360 liter, limbah tambak, tepung agar dan nutrient untuk media pertumbuhan mikroba. Sedangkan alat yang digunakan adalah: wadah percobaan 12 buah (kapasitas 30 liter), aerator 72 unit, botol contoh 12 buah (250 ml), autoklaf, filter membran, pompa vakum, furnacer, gelas ukur, erlenmeyer, pipet tetes dan volumetrik, tabung ulir, cawan petri, neraca sartorius, spektrofotometer, mikroskop, inkubator, mikrogen GN-ID dan buku identifikasi bakteri. Limbah tambak yang digunakan dalam percobaan nitrifikasi ini diambil dari 3 lokasi budidaya udang intensif di Kabupaten Pangkep.

Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan adalah sebagai berikut: *pertama*, Limbah tambak dan air laut pengencer segera diukur kadar ammonia, nitrit dan nitrat di laboratorium; *kedua*, Air laut pengencer disterilisasi untuk media perlakuan kontrol dan diukur kadar ammonia, nitrit dan nitrat; *ketiga*, Pengenceran limbah tambak dilakukan untuk membuat perlakuan T0 (limbah tambak diencerkan dengan air laut steril mikroba dengan kadar TSS 100 ppm), dan perlakuan A1 – C3 dengan kadar TSS dalam media percobaan: 100, 200 dan 300 ppm; *keempat*, Kemudian ditempatkan dalam 12 wadah terbuka dengan volume total 360 liter dan diberikan aerasi dengan 72 unit aerator; *kelima*, Pengambilan contoh dimulai setelah 3 hari percobaan dilakukan untuk melihat apakah sudah terjadi proses nitrifikasi atau belum. Pengukuran kadar ammonia, nitrit dan nitrat dilakukan sebanyak 2 kali dalam waktu 7 hari untuk mengetahui laju nitrifikasi, kemudian dilakukan kembali percobaan untuk melihat efektivitasnya membentuk senyawa nitrat dalam media steril limbah tambak yang diencerkan dengan air laut steril.

Metode Pengukuran Sampel

Pengukuran parameter suhu dan salinitas menggunakan *Water Quality Checker* Horiba U-10 (Jepang). Pengamatan dilakukan secara in-situ pada saat pengambilan contoh air. Sedangkan untuk kandungan senyawa amonia, nitrit dan nitrat dilakukan di laboratorium Kualitas Air, Universitas Hasanuddin.

Populasi bakteri heterotrofik dihitung menggunakan perhitungan cawan tebar dengan pengenceran bertingkat pada media SWCA (*Sea Water Complete Agar*).

Analisis Amonia

Pengukuran konsentrasi amonia digunakan dasar kolorimetri, *metode phenate* (Cleseri *et al.* 1989). Senyawa amonia dalam larutan basa akan dioksidasi oleh hipoklorit membentuk monokloramin. Senyawa tersebut akan bereaksi dengan fenol, yang dikatalis oleh nitroprusid menjadi indofenol yang berwarna biru dan dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm.

Presentase jumlah amonia yang teroksidasi dan senyawa nitrat atau nitrit yang terbentuk dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$[AO] \% = \frac{[AK-AP]}{[AK]} \times 100$$

Keterangan :

AO : Presentase amonia yang teroksidasi

AK : Konsentrasi amonia (media kontrol)

AP : Konsentrasi amonia pada media yang diinokulasi bakteri

Analisis Nitrit

Metode yang digunakan untuk analisis nitrit adalah metode sulfanilamide (Cleseri *et al.* 1989). Penetapan senyawa nitrit didasarkan pada reaksi diazotasi, dimana nitrit dengan amina aromatik pada sulfanilamide akan membentuk diazonium. Senyawa tersebut dengan NED (N-1 *Naphtyl ethylene diamine dihydrochloride*) membentuk gugus kromofor yang berwarna merah muda dan dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

Jumlah nitrit (NI) yang terbentuk adalah jumlah nitrit pada suspensi perlakuan dikurangi dengan jumlah nitrit yang terdapat pada suspensi kontrol. Presentase jumlah nitrit yang terbentuk (PNI) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$[PNI] \% = \frac{[NIT - NIK]}{[AK - AP]} \times 100$$

Keterangan :

PNI : Presentase jumlah nitrit yang terbentuk

NIT : Kandungan nitrit pada suspensi perlakuan

NIK : Kandungan nitrit pada kontrol

AK : Kandungan amonia pada kontrol

AP : Kandungan amonia pada suspensi perlakuan

Analisis Nitrat

Metode yang digunakan untuk analisis senyawa nitrat adalah metode brusin (Cleseri *et al.* 1989). Senyawa nitrat akan dehidrasi oleh H₂SO₄ pekat, membentuk nitrit yang bersifat elektrofilik reaktif. Senyawa tersebut akan bereaksi dengan brusin (C₂₃H₂₅N₂O₄) membentuk gugus kromofor (N-NO₂), yang akan memberi warna kuning pada brusin (Merck, Jerman) dan dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm.

Jumlah nitrat (NT) yang terbentuk adalah jumlah nitrat pada suspensi perlakuan dikurangi dengan jumlah nitrat yang terdapat pada suspensi kontrol. Presentase jumlah nitrat yang terbentuk (PNA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$[PNA] \% = \frac{[NT - NK]}{[AK - AP]} \times 100$$

Keterangan :

PNA : Presentase jumlah nitrat

NT : Kandungan nitrat (suspensi perlakuan)

NK : Kandungan nitrat pada kontrol

AK : kandungan amonia pada kontrol

AP : Kandungan amonia pada suspensi perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN**Kualitas air**

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu data kualitas air seperti Tabel 1. Hasil pengukuran salinitas dan suhu selama penelitian.

salinitas dan suhu. Hasil pengukuran kualitas air disajikan pada Tabel 1.

Sampel	Salinitas (‰)		Suhu (°C)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
A1	30	32	27	27
A2	30	32	27	27
A3	30	32	27	27
rerata	30	32	27	27
B1	30	32	27	27
B2	30	32	27	27
B3	30	32	27	27
rerata	30	32	27	27
C1	30	32	27	27
C2	30	32	27	27
C3	30	32	27	27
rerata	30	32	27	27

Parameter kualitas air seperti suhu relatif baik untuk pertumbuhan udang dan bakteri pada semua perlakuan. Sedangkan salinitas air yang tinggi disebabkan oleh penguapan dan sistem pergantian air yang

tidak sempurna, akan tetapi udang masih relatif baik untuk pertumbuhan udang.

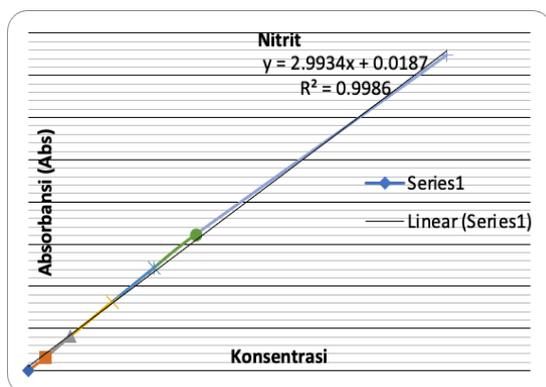
Parameter amonia nitrit, dan nitrat yang dilakukan dua kali pengukuran yaitu diawal dan akhir penelitian yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran amonia, nitrit dan nitrat selama penelitian

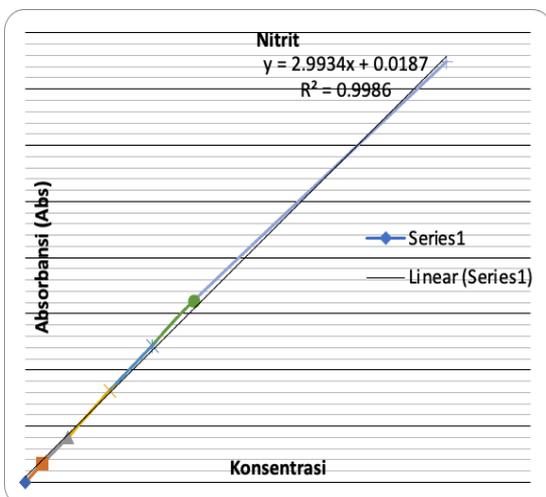
Perlakuan	Nitrit (mg/L)		Nitrat (mg/L)		Amonia (mg/L)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
A1	0,52	0,01	1,41	1,08	0,14	0,14
A2	0,52	0,44	1,41	1,08	0,14	0,13
A3	0,52	0,63	1,41	0,71	0,14	0,11
rerata	0,52	0,36	1,41	0,96	0,14	0,13
B1	0,45	0,61	1,31	0,96	0,23	0,08
B2	0,64	0,12	1,16	1,26	0,04	0,11
B3	0,34	0,00	1,04	0,66	0,13	0,08
rerata	0,48	0,25	1,17	0,96	0,14	0,09
C1	0,59	0,00	1,91	1,05	0,14	0,09
C2	0,51	0,63	0,65	0,97	0,14	0,07
C3	0,51	0,27	1,10	1,20	0,17	0,02
rerata	0,54	0,30	1,22	1,07	0,15	0,06

Nitrit

Berdasarkan Tabel 2 disajikan bahwa dari semua perlakuan yaitu A, B, dan C kandungan nitrit pertama pengukuran cenderung lebih besar dibanding pada pengukuran yang kedua. Kisaran nitrit awal berkisar antara 0.48-0.54 atau nilai rata-rata sekitar 0.51, yang menunjukkan bahwa perlakuan awal dengan limbah organik awal adalah sama. Pada pengukuran yang kedua terjadi penurunan sebesar 0.2 yaitu menjadi 0,30. Hasil pengukuran nitrit awal dan akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Grafik 1. Slope data hasil pengukuran nitrit pada awal penelitian



Grafik 2. Slope data hasil pengukuran nitrit pada akhir penelitian

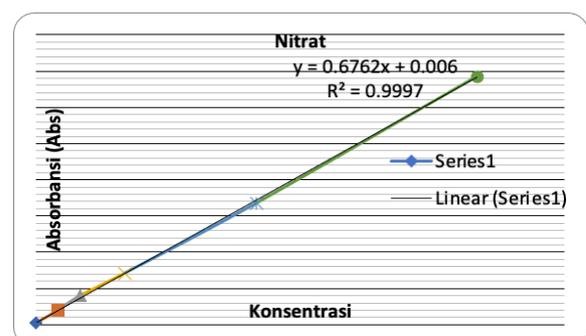
Grafik slope pengukuran nitrit yang pertama dengan persamaan

$Y=2.993x+0.018$ dan $R^2=0.995$ atau sebesar 99,5%, ada keeratan antara kandungan nitrit dengan bakteri diawal dan akhir, dan 0,5% dari faktor lain.

Senyawa nitrit digunakan sebagai salah satu target yang harus dihilangkan atau dikurangi dari sistem perairan tambak udang, menurut SNI (2006) konsentrasi nitrit dalam media budidaya udang adalah $< 0,01$ mg/L dan bila melebihi 0,5 mg/l akan bersifat racun (Romadhona *et al.*, 2016), dimana senyawa nitrit banyak terakumulasi pada sistem sedimen atau bagian air yang menggenang (Widiyanto, 2005). Kemampuan bakteri nitrifikasi dalam mengoksidasi amonia hampir sama, hal ini ditunjukkan oleh berkurangnya amonia pada pengukuran akhir penelitian.

Nitrat

Berdasarkan Tabel 2, disajikan bahwa dari semua perlakuan yaitu A, B, dan C kandungan nitrat pertama pengukuran cenderung lebih besar dibanding pada pengukuran yang kedua. Kisaran nitrat awal berkisar antara 0.65-1.91 atau nilai rata-rata sekitar 1.22-1.41. Pada pengukuran yang kedua terjadi penurunan sebesar dengan nilai sebesar 0.66-1.26 yaitu rata-rata 0.96-1.07 dengan besar penurunan sebesar 0.2. Hasil pengukuran nitrat pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



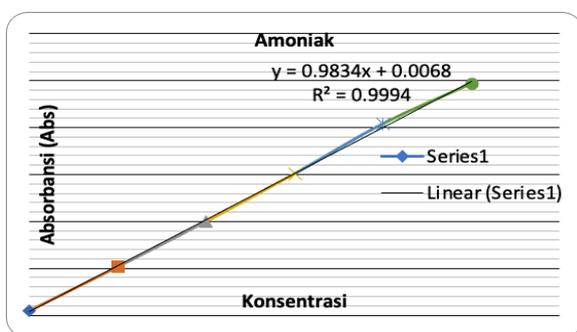
Gambar 3. Slope data hasil pengukuran nitrat pada akhir penelitian

Grafik slope pengukuran nitrat dengan persamaan $Y=0.676X+0.006$ dan $R^2=0.999$ atau sebesar 99,9%, ada keamatan antara kandungan nitrat dengan bakteri diawal dan akhir, dan 0,1% dari faktor lain. amonia yang teroksidasi diubah menjadi senyawa nitrat. Hal ini dilihat terbentuknya senyawa nitrat pada media, walaupun senyawa nitrat yang terbentuk masih relatif rendah. Senyawa nitrat pada umumnya dihasilkan oleh bakteri nitrifikasi yang berasal dari media penelitian.

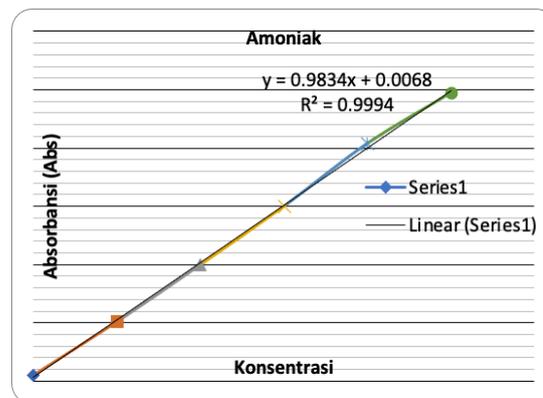
Amonia

Berdasarkan Tabel 2, disajikan bahwa dari semua perlakuan yaitu A, B, dan C kandungan amonia pertama pengukuran cenderung lebih besar dibanding pada pengukuran yang kedua. Kisaran amonia awal berkisar antara 0.14-0.17 atau nilai rata-rata 0,15. Pada pengukuran yang kedua terjadi penurunan sebesar dengan nilai sebesar 0.02-0,09 yaitu rata-rata 0.06 dengan besar penurunan sebesar 0.09.

Hasil pengukuran amonia awal dan akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Slope data hasil pengukuran amonia pada awal penelitian



Gambar 5. Slope data hasil pengukuran amonia pada akhir

Grafik slope pengukuran amonia dengan persamaan $Y=0.9834X+0.0068$ dan $R^2=0.9994$ atau sebesar 99,94%, ada keamatan antara kandungan amonia dengan bakteri diawal dan akhir, dan 0,06% dari faktor lain. Hal tersebut sejalan dengan laju mineralisasi perubahan amonia menjadi nitrit oleh jenis bakteri nitrifikasi.

Koloni bakteri

Dalam penelitian ini bakteri yang digunakan adalah probiotik komersial dengan merk dagang EM₄ yang diproduksi oleh PT Songgo Langit Persada. Dengan komposisi setiap 1 liter mengandung bakteri *Lactobacillus casei*, minimum 2 juta sel/ml, *Saccharomyces cerevisiae*, minimum 3,5 juta sel/ml. Total bakteri keduanya adalah 5.5×10^{11} . Hasil perhitungan bakteri selama penelitian dilakukan 2 kali, pertama ketika awal penelitian dan akhir penelitian.

KESIMPULAN

Perlakuan bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dapat menurunkan kandungan senyawa amonia 0,15 mg/L dan senyawa nitrat menjadi 3,8 mg/L. Berdasarkan uji regresi terdapat hubungan erat antara kandungan amonia, nitrit dan nitrat diawal dan akhir penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., & Kanna, I. (2008). Budidaya Udang Vanname: Secara Intensif. *Semi Intensif, dan Tradisional*.
- Azmi, F., Faisal, T. M., Suransyah, A., Sinaga, S., & Firli, A. (2017). Identifikasi Penyebab Kegagalan Panen Petani Tambak: Inventory, Dan Implikasi Biosecurity Perikanan Kota Langsa. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 1(2), 26-36.
- Alexander M. 1999. Introduction to soil microbiology. 2nd Edition. John Wiley and Sons. Cornell University. New York.
- Boyd AW. 1990. Water quality in pond for aquaculture. Auburn University. Birmingham Publishing Co. Alabama 147p.
- Bullock GL. 1971. Identification of fish pathogenic bacteria. T.F.H. Publication. Inc West Sylvania Avenue. 41p.
- Burford MA, Preston NP, Gilbert PM, Dennison WC. 2002. Tracing the fate of 15N-enriched feed in an intensive shrimp system. *Aquaculture* 206: 199-216.
- Cleseri LS, Greenberg AE, Trussel RR. 1989. Standard metode for the examination of water and wastewater. Port city Press. Baltimore.
- Devaraja TN, FM yusoff, M. Shariff. 2002. Changes in bacterial population and shrimp production in pond treated with commercial microbial products. *Aquaculture*. 206 : 245 – 256.
- Dugan PR. 1972. Biochemical ecology of water pollution. Plenum Press. New York 159p.
- Durborow RM, Crosby DM, Brunson MW. 1997. Ammonia in fish ponds. Southern Regional Aquaculture center. SRAC Publ. No 463.
- Hermawan, R., Wahyudi, D., Akbar, M., Tanod, W. A., Salanggon, A. M., & Adel, Y. S. (2020). Penerapan Teknologi Budidaya Udang (Litopenaeus vannamei) Semi Intensif Pada Tambak Udang Tradisional. *Jces (Journal of Character Education Society)*, 3(3), 460-471.
- Husada, R. H. S. Y. (2020). *Analisis Usaha Udang Vaname (Liopenaeus vannamei) Tambak Tradisional dengan Sistem Monokultur di Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Putri, D. S., Affandi, M. I., & Sayekti, W. D. (2020). Analisis Kinerja Usaha dan Risiko Petambak Udang Vaname Pada Sistem Tradisional dan Sistem Semi Intensif di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *JIA (Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis)*, 8(4), 625-632.
- Purnamasari, I., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2017). Pertumbuhan udang vaname (litopenaeus vannamei) di tambak intensif. *Jurnal Enggano*, 2(1), 58-67.
- PRIYONO, S. B. (2020). *Daya Dukung Lahan Pasir Pesisir di Kabupaten Bantul Untuk Budidaya Intensif Berkelanjutan Udang Vaname (Litopenaeus vannamei Boone, 1931)* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Naskah (2019). Pengaruh Selang Waktu Pemberian Probiotik Terhadap Konsentrasi NH₃ Media Budidaya Udang Vannamei Di Bak Terkontrol. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Romadhona, B., Yulianto, B., & Sudarno, S. (2016). Fluktuasi Kandungan Amonia Dan Beban Cemar Lingkungan Tambak Udang Vaname Intensif Dengan Teknik Panen Parsial Dan Panen

- Total. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 11(2), 84-93.
- Sitorus, H., Widigdo, B., Lay, B. W., & Soewardi, K. (2005). Nitrifikasi Dalam Biodegradasi Limbah Tambak. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 12(1), 59-67.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) ditambak dengan teknologi Intensif. Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-7246-2006.
- Syah, R., Makmur, M., & Undu, M. C. (2014). Estimasi beban limbah nutrisi pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang vaname superintensif. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(3), 439-448.
- Syafaat, M. N., Mansyur, A., & Tonnek, S. (2012). Dinamika kualitas air pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) semi-intensif dengan teknik pergiliran pakan. *Inovasi Teknologi Akuakultur*, 487-493.
- Sudrajat A dan Wedjatmiko. 2010. Budidaya Udang di Sawah dan Tambak. Penebar Swadaya. Jakarta
- Widiyanto, T. 2005. Seleksi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi untuk bioremediasi di tambak udang. Disertasi Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, T., Widyorini, N., & Purnomo, P. W. (2015). Hubungan pengelolaan kualitas air dengan kandungan bahan organik, NO₂ dan NH₃ pada budidaya udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) di Desa Keburuhan Purworejo. *Management of Aquatic Resources Journal (Maquares)*, 4(3), 42-48.
- Yuka, R. A., Supono, S., & Setyawan, A. (2021). Identifikasi Bakteri Bioremediasi Pendegradasi Total Ammonia Nitrogen (TAN). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(1), 20-29.