

# HUBUNGAN pH DENGAN PARAMETER KUALITAS AIR PADA TAMBAK INTENSIF UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*)

Supriatna<sup>a</sup>, Mohammad Mahmudi<sup>a</sup>, Muhammad Musa<sup>a</sup>, Kusriani<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Water Resources Management, Faculty of Fisheries and Marine, Brawijaya University. Jl. Veteran Malang, East Java, Indonesia. Tel./Fax. +62-812-167-26736

\*email: supriatna@ub.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memahami model pH harian dan hubungannya dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei. Penelitian ini menggunakan metode analitik yang bersifat *ex post-facto* atau kajian fenomena dengan mengobservasi kegiatan budidaya udang vannamei intensif pada tambak beton yang terkendali selama  $\pm 100$ . Pengelolaan tambak dilakukan sesuai dengan prosedur operasional baku BAPC berpola intensif dengan padat tebar  $120 \pm 20.91$  ekor/m<sup>2</sup>. Parameter utama yang dikaji adalah pH harian pada pagi hari dan siang hari mulai awal penebaran sampai panen. Parameter pendukung yang diukur setiap hari adalah suhu, salinitas, kecerahan dan yang diukur mingguan berupa TOM, karbonat, bikarbonat dan total alkalinitas. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk melihat keragaman data yang diukur. Selanjutnya dibuat model pH harian dan korelasi antara pH dengan parameter kualitas air lainnya dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 16. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata pH ditambak udang adalah  $7.94 \pm 0.41$  (7.70-9.00) dengan model pH harian di pagi hari mengikuti pola  $(Y) = 0.0065x^2 - 1.3811x + 9.087$  ( $R^2 = 0.80$ ,  $x = \text{doc}$ ) dan pH harian di sore hari mengikuti  $(Y) = 0.0064x^2 - 1,2250x + 9.4825$  ( $R^2 = 0.77$ ,  $x = \text{doc}$ ). pH air tambak berkorelasi positif dengan suhu, total alkalinitas dan karbonat dan korelasi negatif dengan ortofosfat, bikarbonat dan TOM.

**Kata kunci:** tambak, alkalinitas, bahan organik, kualitas air

## Abstract

This study conducted to understand the daily pH model and its relationship with water quality parameters in intensive white leg shrimp ponds. This study used an ex-post-facto analytical method or a phenomenon study by observing intensive white leg shrimp farming activities in controlled concrete ponds for  $\pm 100$  days. They have carried out management under BAPC standard operational procedures with an intensive pattern with a stocking density of  $120 \pm 20.91$  individuals / m<sup>2</sup>. The main parameter studied was daily pH in the morning and during the day from the beginning of stocking to harvest. Supporting parameters measured every day are temperature, salinity and transparency, and weekly measurements are TOM, carbonate, bicarbonate and total alkalinity. The data collected was analyzed to see the diversity of the measured data. Furthermore, a daily pH model was created, and the correlation between pH and other water quality parameters was made with SPSS version 16 software. The results showed that the average pH in the shrimp ponds was  $7.94 \pm 0.41$  (7.70-9.00) and the daily pH model in the morning  $(Y) = 0.0065x^2 - 1.3811x + 9.0877$  ( $R^2 = 0.80$ ,  $x = \text{doc}$ ) and daily pH in the afternoon  $(Y) = 0.0064x^2 - 1,2250x + 9.4825$  ( $R^2 = 0.77$ ,  $x = \text{doc}$ ). Pond water pH correlates with temperature, total alkalinity and carbonate and negatively correlates with orthophosphate, bicarbonate and TOM

**Key Words:** brackish water ponds, alkalinity, organic matter, water quality

## PENDAHULUAN

Penggunaan tambak beton pada sistem budidaya udang vannamei banyak dilakukan di Indonesia, khususnya di wilayah Jawa timur. Penggunaan tambak beton dapat meningkatkan biaya investasi sehingga budidaya udang

vannamei cenderung padat tebar udang yang tinggi. Fenomena yang sering dikaitkan dengan kepadatan udang yang lebih tinggi meliputi peningkatan masukan bahan organik ke dalam kolam melalui pelet pakan, peningkatan produksi limbah, pertumbuhan, tingkat ketahanan hidup udang yang kurang

Article history:

Diterima / Received 30-11-2018

Disetujui / Accepted 30-09-2020

Diterbitkan / Published 30-10-2020

©2020 at <http://jfmr.ub.ac.id>

baik, dan rendahnya kontribusi biota makanan alami. Pasokan pakan meningkat terus seiring dengan masa budidaya udang intensif. Peningkatan jumlah pakan dapat menyebabkan tingkat eutrofikasi di ekosistem tambak (1) yang diikuti dengan peningkatan biomassa fitoplankton yang selanjutnya dapat mempengaruhi fluktuasi pH air tambak.

Derajat keasaman atau pH menggambarkan aktivitas potensial ion hidrogen dalam larutan yang dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen ( $\text{mol/l}$ ) pada suhu tertentu, atau  $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ . Air murni mempunyai nilai  $\text{pH} = 7$ , dan dinyatakan netral, sedang pada air payau normal berkisar antara 7-9 (2). Konsentrasi pH mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Perairan yang asam cenderung menyebabkan kematian pada ikan demikian juga pada pH yang mempunyai nilai kelewat basa. Pada pH perairan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada udang dan lembeknya kulit udang dan rendahnya kelangsungan hidup udang (3). pH perairan yang optimal untuk budidaya udang adalah 6,5 sampai 9 (4).

Nilai pH air dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{CO}_2$  pada siang hari karena terjadi fotosintesa maka konsentrasi  $\text{CO}_2$  menurun sehingga pH airnya meningkat. Sebaliknya pada malam hari seluruh organisme dalam air melepaskan  $\text{CO}_2$  hasil respirasi sehingga pH air menurun. Namun demikian air payau cukup ter-*buffer* dengan baik sehingga pH airnya jarang turun mencapai nilai dibawah 6,5 atau meningkat hingga mencapai nilai 9, sehingga efek buruk pada kultivan jarang terjadi (2).

Proses penguraian bahan organik menjadi garam mineral, seperti amonia, nitrat dan fosfat berguna bagi fitoplankton dan tumbuhan air. Proses ini, lebih cepat jika kisaran pH berada pada kisaran basa. Peningkatan pH dapat meningkatkan konsentrasi amonia, sedang pada pH rendah terjadi peningkatan konsentrasi  $\text{H}_2\text{S}$ . Hal ini juga berarti meningkatkan daya racun dari amonia pada pH tinggi dan  $\text{H}_2\text{S}$  pada pH rendah. Kondisi perairan dengan pH ekstrem juga dapat membuat udang tertekan, pelunakan karapaks, serta kelangsungan hidup rendah. Mortalitas tinggi pada udang terjadi pada pH perairan di bawah 6 sedangkan pada pH 3 dalam 20 jam

terjadi kematian 100% (38). Mortalitas udang yang tinggi juga dapat disebabkan karena adanya perubahan salinitas secara cepat (3,5).

Perubahan nilai pH akan mempengaruhi sebaran faktor kimia perairan. Hal ini juga akan mempengaruhi sebaran mikroorganisme yang metabolismenya dipengaruhi oleh sebaran faktor-faktor kimia tersebut oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk membuat model pH dan hubungannya dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei.

## METODE

### Desain penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di tambak intensif udang vannamei di Desa Bomo Kecamatan Rogojampi Situbondo Jawa Timur ( $8^{\circ}22'27.1''\text{S}$   $114^{\circ}21'02.2''\text{E}$ ). Metode penelitian menggunakan desain kausal dengan metode analitik yang bersifat *ex post-facto design* atau kajian fenomena alami yang mempelajari proses-proses yang terjadi di tambak udang sesuai dengan kondisi yang ada dengan mengobservasi kegiatan budidaya udang vannamei secara intensif pada petak tambak udang yang terkendali selama  $\pm 100$  hari. Kegiatan pengelolaan tambak dilakukan sesuai dengan prosedur operasional baku *Best Aquaculture Practices Certification* (BAPC, F10488). Petakan tambak yang digunakan dalam penelitian ini berukuran  $3.295,50 \pm 386,41 \text{ m}^2$ , berpola intensif dengan padat tebar  $120.72 \pm 20.91 \text{ ekor/m}^2$ . Pengumpulan data kualitas air dimulai pada awal penebaran hingga panen. Parameter utama yang diukur adalah pH harian pada pagi hari dan siang hari. Parameter pendukung lainnya yang diukur setiap hari adalah suhu, salinitas, kecerahan, dan mingguan TOM, karbonat, bikarbonat dan total alkalinitas

### Pengambilan contoh air pada tambak udang

Parameter fisika kimia air yang diamati meliputi oksigen terlarut, suhu, kecerahan, kecerahan, salinitas, pH, bahan organik total (TOM), total alkalinitas, karbonat dan bikarbonat. Parameter kualitas air yang diukur harian secara in situ adalah oksigen terlarut

(DO-meter), pH (pH-meter), salinitas (hand-refractometer), suhu (termometer Hg), kecerahan (secchidisk). Sementara untuk parameter kualitas air lainnya menggunakan botol sampel yang diukur seminggu dua kali. Sampel air diambil pada permukaan tambak dibagian tengah, atas dan bawah dengan menggunakan botol sampel steril volume 500 ml sampai penuh. Pengukuran TOM dengan kolorimeter (Merck) dan total alkalinitas, karbonat, bikarbonat dengan metode titrasi(6).

### Analisis Statistik

Data yang telah dikumpulkan kemudian disusun dan dikelompokkan sesuai dengan waktu pengukuran, yaitu harian, mingguan. Data yang telah terstruktur kemudian dianalisis dengan uji Cochran untuk melihat kenormalan dan kehomogenan datanya yang selanjutnya dianalisis sesuai dengan keperluannya. Nilai minimum, maksimum, rata-rata dan deviasi standar digunakan untuk analisis data setiap variabel kualitas air harian maupun mingguan. Analisis terhadap variabel data yang dilakukan meliputi: 1) Analisis pemecahan masalah digunakan untuk mencari persamaan dan perbedaan dari beberapa variabel dalam petak tambak, 2) Analisis ragam untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan nilai tengah (rata-rata) suatu variabel antar petak digunakan analisis ragam pada tingkat kepercayaan 95%. 3) Analisis kovarian dan regresi digunakan untuk mencari hubungan pH dengan parameter kualitas air lainnya dengan bantuan SPSS ver.16, serta dilanjutkan dengan menetapkan hubungan kuantitatifnya. Pada setiap analisis dilakukan uji untuk menentukan tingkat kepercayaannya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air tambak yang optimal akan memberi ruang hidup sehingga udang dapat hidup layak dan akan tumbuh maksimal. Apabila lingkungan dapat menyediakan kualitas air yang layak sesuai dengan kebutuhan udang maka sintasan menjadi tinggi dan pertumbuhan udang menjadi optimal sehingga target produksi tercapai sesuai harapan. Kualitas air ditentukan oleh variabel-variabel penyusunnya. Parameter kualitas air yang diukur selama penelitian oksigen terlarut

(*dissolved oxygen*, DO)  $4.81 \pm 0.49$  (4.30-5.54) mg/l, pH-pagi hari  $7.94 \pm 0.41$  (7.70-9.00), pH-siang hari  $8.59 \pm 0.32$  (8.40-9.40), salinitas  $29.00 \pm 0.87$  (26-29) ppt, suhu  $27.06 \pm 0.95$  (26-29) °C, kecerahan (*transparency*)  $38.33 \pm 27.04$  (25-110) cm, TOM  $66.26 \pm 8.28$  (46.77-73.91) mg/l, karbonat  $3.11 \pm 9.33$  (0.00-28.00) mg/l, bikarbonat  $181.11 \pm 35.55$  (113.00-230.00) mg/l, total alkalinitas  $184.00 \pm 29.77$  (113.00-230.00) mg/l. Pengukuran pH dan suhu air tambak dilakukan pada saat pagi dan siang hari, oksigen terlarut pada malam hari pukul 10 malam. Sementara parameter kualitas air lainnya dilakukan pada pagi hari

Suhu air tambak selama budidaya udang vannamei berlangsung ada pada kisaran toleransi udang vannamei. Menurut (1) bahwa suhu air optimal bagi pertumbuhan udang vannamei berkisar antara (26-32)°C. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (25), bahwa suhu terendah adalah 23°C dan maksimum adalah 32°C. Sementara suhu yang optimal untuk pertumbuhan udang vannamei adalah (28-32)°C (2; 4; 7). Jika suhu lebih dari angka optimum maka metabolisme dalam tubuh udang berlangsung cepat, namun jika suhu lingkungan lebih rendah dari suhu optimal, maka pertumbuhan udang menurun dengan menurunnya nafsu makan.

Derajat keasaman (pH) pada pagi hari dan siang hari masih dalam kisaran toleransi untuk kehidupan udang vannamei. Kisaran pH tersebut dapat dikatakan mendukung untuk kelanjutan usaha budidaya tambak udang. Kisaran nilai pH yang optimal untuk budidaya udang vannamei berkisar antara 7,0-8,5 (4; 8; 9; 10). Pada kisaran tersebut udang dapat mengalami pertumbuhan optimal. Konsentrasi pH air berpengaruh terhadap nafsu makan udang dan reaksi kimia di dalam air. Selain itu pH yang berada di bawah kisaran toleransi menyebabkan kesulitan ganti kulit dimana kulit menjadi lembek serta sintasan menjadi rendah (3).

Oksigen terlarut yang tercatat selama penelitian berada pada posisi yang baik. Konsentrasi oksigen terlarut yang optimum bagi udang adalah di atas 4 mg/l (3; 11; 12;13). Tingkat kelarutan oksigen di dalam air merupakan faktor kritis bagi kehidupan udang (11; 14; 15). Kandungan oksigen terlarut yang rendah di bawah 1,5 mg/l akan bersifat *lethal* bagi udang (16).

Kisaran salinitas pada setiap petakan tambak masih dalam batas toleransi untuk budidaya udang vannamei. Hal ini sesuai dengan pendapat (1,17), bahwa udang vannamei dapat hidup pada kisaran salinitas (0-31) ppt, namun masih tumbuh baik pada (15-25) ppt dan optimalnya pada salinitas (25-30) ppt (18). Sedangkan menurut (19) bahwa udang vannamei memiliki toleransi salinitas optimal yang luas yaitu (15-35) ppt.

Kecerahan air tambak (transparency) berada pada kondisi yang kurang baik, sesuai pendapat (20) bahwa kisaran kecerahan yang baik untuk pemeliharaan udang adalah 35–45 cm. Kecerahan air pada tambak udang vannamei sangat tergantung kepada kelimpahan fitoplankton, zooplankton dan bahan partikel yang terlarut. Kecerahan yang rendah dapat menyebabkan penurunan kelarutan oksigen di dalam tambak.

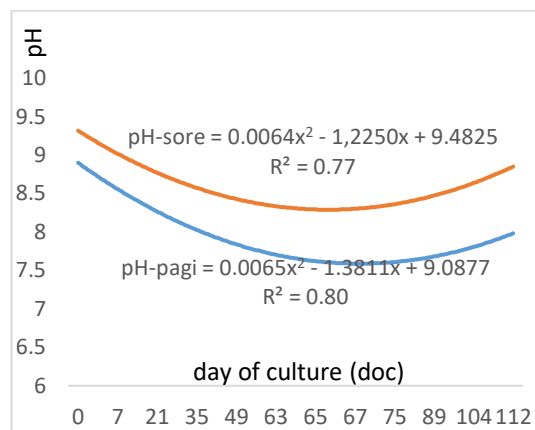
Bahan Organik Total (TOM) menggambarkan konsentrasi bahan organik total suatu perairan yang terdiri atas bahan organik terlarut, tersuspensi dan koloid. Kisaran konsentrasi TOM selama penelitian berlangsung dalam kondisi yang layak karena masih dalam batas toleransi untuk pertumbuhan udang vannamei. Menurut penelitian (19) menyebutkan bahwa batas maksimum bahan organik pada budidaya udang vannamei yakni 88,4 mg/l. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (18), kisaran TOM yang diperoleh selama penelitian memiliki batas minimum 25,91 mg/l dan batas maksimal sebesar 118,184 mg/l. Bahan organik yang ada pada tambak dapat berpengaruh langsung dan tidak langsung terhadap kehidupan biota tambak seperti ikan dan udang dan peliharaan (21; 22; 23).

Kisaran karbonat, bikarbonat dan alkalinitas total berada pada kondisi yang layak. Tingkat konsentrasi alkalinitas yang baik untuk udang vannamei adalah 80-200 mg/l (24; 25).

### Model Hubungan pH dengan Parameter Kualitas Air

pH merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam pengelolaan kualitas air media budidaya udang vannamei. Derajat keasaman atau pH menggambarkan aktivitas potensial ion hidrogen dalam larutan yang

dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (mol/l) pada suhu tertentu, atau  $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ . Hasil pengukuran pH air pada tambak udang vannamei pada awal pemeliharaan sampai menuju panen menunjukkan terjadinya penurunan nilai pH (Gambar 1), sedangkan bila dibandingkan dengan waktu pengukuran pagi dan sore hari cenderung meningkat.



**Gambar 1.** Model pH harian

pH tertinggi pada air tambak udang vannamei waktu pengukuran sore hari adalah 9.40 dan minimal 8.20 dengan rata-rata pH air tambak adalah  $8.59 \pm 0.34$ , sementara pH pada pagi hari tertinggi adalah 9.00 dan minimal 7.60 dengan rata-rata pH pagi hari adalah  $8.45 \pm 0.29$ . Rata-rata perbedaan pH pada pagi hari dan sore hari adalah  $0.65 \pm 0.19$ . Selisih pH pada pagi hari dan sore hari di pada sistem budidaya udang vannamei tidak boleh lebih dari 0.5 (20; 26).

Laju penurunan pH harian pada pagi hari menunjukkan persamaan kuadrat terbalik dengan persamaan pH pagi hari ( $Y$ ) =  $0.0065x^2 - 1.3811x + 9.0877$  ( $R^2 = 0.80$ ,  $x = \text{doc}$ ) dengan nilai pH terendah didapatkan pada hari ke 106 ( $dy/dx=0$ ) dan naik lagi hingga menjelang panen. Sementara puncak penurunan pH harian terendah pada sore hari terjadi pada hari ke-96 dengan persamaan yang dihasilkan. ( $Y$ ) =  $0.0064x^2 - 1,2250x + 9.4825$  ( $R^2 = 0.77$ ,  $x = \text{doc}$ ).

Penurunan pH air tambak ini terjadi akibat adanya penguraian atau dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme karena dalam prosesnya melepaskan  $\text{CO}_2$  yang dapat menurunkan konsentrasi oksigen dan pH air. Reaksi pH air tambak yang rendah dapat

meningkatkan kandungan bahan organik total (20). Hal ini disebabkan karena pH media air berpengaruh secara langsung dengan aktivitas mikroorganisme tanah untuk melakukan proses penguraian bahan organik (2,5).

Konsentrasi pH di dalam air tambak berhubungan erat dengan faktor fisika, kimia dan biologi air. Untuk melihat ada atau tidak adanya hubungan konsentrasi pH di dalam tambak dengan faktor fisika, kimia dan biologi perairan dilakukan uji korelasi. Berdasarkan analisis korelasi Pearson didapatkan bahwa pH air tambak udang vannamei dipengaruhi positif oleh total alkalinitas dan karbonat dan korelasi negatif dengan ortofosfat, bikarbonat dan TOM, taraf ketelitian  $\alpha$  (0.05).

Nilai pH dalam suatu perairan tidak terlepas dari berbagai aktivitas yang terjadi di perairan. pH perairan relatif konstan karena adanya penyangga cukup kuat dari hasil keseimbangan karbon dioksida, asam karbonat, karbonat dan bikarbonat yang disebut buffer (18, 27). Perubahan nilai pH suatu perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi, tergantung pada suhu air laut, konsentrasi oksigen terlarut dan adanya anion dan kation (28).

Hubungan ketersediaan asam karbonat, karbon dioksida, karbonat dan bikarbonat pada suatu perairan tambak tergantung pada pH. Menurut (9) presentasi karbon dioksida akan tinggi jika kondisi pH di bawah 7, sementara jika pH di atas 7 maka ketersediaan bikarbonat akan tinggi jika dibandingkan dengan presentasi karbon dioksida dan asam karbonat, namun jika pH di atas 10 maka hanya karbonat saja yang tersedia pada perairan tersebut.

Umumnya, pH air tambak pada sore hari lebih tinggi daripada pagi hari. Penyebabnya yaitu adanya kegiatan fotosintesis oleh pakan alami, seperti fitoplankton yang menyerap CO<sub>2</sub>. Sebaliknya, pada pagi hari, CO<sub>2</sub> melimpah sebagai hasil pernapasan organisme yang hidup di dalam perairan (23). Hasil penelitian (29) menunjukkan bahwa nilai pH dapat menjadi lebih rendah akibat kandungan bahan organik yang tinggi. Nilai pH air dapat menurun karena proses respirasi dan pembusukan zat-zat organik. Nilai pH rendah tersebut dapat menurunkan pH darah ikan/udang yang disebut proses asidosis

sehingga fungsi darah untuk mengangkut oksigen juga menurun (30). Pada dasarnya keberadaan karbon dioksida di perairan terdapat dalam bentuk gas karbon dioksida bebas, ion bikarbonat, ion karbonat, dan asam karbonat yang diatur presentasinya berdasarkan pH perairan tersebut (26).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pH air tambak membentuk pola parabola terbalik dengan persamaan  $\text{pH-pagi} = 0.0065x^2 - 0.1973x + 9.48$  ( $R^2 = 0.80$ ;  $x=\text{doc}$ ) dan  $\text{pH-sore} = 0.0064x^2 - 0.2250x + 9.4825$  ( $R^2 = 0.77$ ;  $x=\text{doc}$ ). pH air tambak berkorelasi positif dengan suhu, total alkalinitas dan karbonat dan korelasi negatif dengan ortofosfat, bikarbonat dan TOM. Perlu dilakukan pengelolaan kualitas air tambak mulai hari ke 96 hingga menjelang panen untuk mengantisipasi perubahan pH yang terjadi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan yang telah membiayai Penelitian melalui dana operasional Fakultas
2. Direktur Uama Surya Windu Kartika (SWK) Banyuwangi yang telah memberi izin kepada Penulis untuk melakukan penelitian di tambaknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Briggs, S.F. Smith, R Subasinghe, Mn Phillips, "Introduction and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and the Pacific" RAP Publication, 2004.
- [2] C.E. Boyd, "Dissolved-Oxygen Concentrations In Pond Aquaculture". Global aquaculture advocate January, February 2010.
- [3] M.S. Chakravarty, P.R.C. Ganesh , D. Amarnath, B. Shanthi Sudha, and T. Srinu Babu, "Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and

- Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh". International Journal of Fisheries and Aquatic Studies; 4(4): 390-395, 2016.
- [4] M.A. Burford and K. Lorenzen "Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediment remineralization". Aquaculture 229, 129-145, 2004.
- [5] L. Cao, "Farming Shrimp For The Future: A Sustainability Analysis of Shrimp Farming In China". A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Natural Resource and Environment) in The University of Michigan, 2012.
- [6] P.G. Allen, L.W. Botsford, A.M. Schuur and W.E. Johnston, "Bioeconomics of Aquaculture. Amsterdam, The Netherlands" Elsevier Science Publishing Company, Inc., 1984.
- [7] R. Crab, Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier, W. Verstraete, "Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production". Aquaculture 270, 1-14. 2008.
- [8] J. Carbajal, L. Sánchez, O. Progrebnyak, "Assessment and prediction of the water quality in shrimp culture using signal processing techniques. Aquacult.Int. (Springer) 19, 1083–1104, 2011
- [9] F.S. Conte and D.J.S. Cabbage, "Phytoplankton and Recreational Ponds" Western Regional Aquaculture Center, 2001.
- [10] M.B. Pescod, " *Environmental Indices Theory and Practice*". Ann Arbor Science Inc. Michigan 59 pp., 1978.
- [11] American Public Health Association (APHA), "American Public Health Association-Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 15th ed. APHA/WWA- WPCF. Washington, DC, USA. , 1980.
- [12] M. Anongponyoskun, A. Choksuchart, J. Salaenoi and P. Aranyakananda , "Dissolved Oxygen Budget for Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture in Earthen Ponds" Kasetsart J. (Nat. Sci.) 46: 751 - 758, 2012.
- [13] C.E. Boyd, "Dissolved Oxygen Dynamic Shrimp and Other Aquaculture Ponds. Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, Alabama 36849 USA. [https://www.was.org/documents/Meeting Presentations/ AP2009/AP2009\\_0085.pdf](https://www.was.org/documents/Meeting Presentations/ AP2009/AP2009_0085.pdf) : 31/3/2017:4.09PM.
- [14] C.E. Boyd, "Water Quality in Warmwater Fish Ponds" Fourth Printing. *J Auburn Univ. Agricultural Experiment Station*. Alabama, USA 163 p., 1998.
- [15] Boyd C. E Boyd C. E and Tucker C. S. "Pond aquaculture water quality management" Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA, 1998.
- [16] D. Adiwijaya, P.R. Supto, E. Sutikno, Sugeng and Subiyanto, "Budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) sistem tertutup yang ramah lingkungan" Departemen Kelautan dan Perikanan. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. 29 hal., 2003.
- [17] J. Chen, and T. Kou, "Hemolymph acid-base balance, oxyhaemocyanin, and protein levels of *Macrobrachium rosenbergii* at different concentrations dissolved oxygen". J Crustacean Biol; 18: 437-441, 1998.
- [18] Y. Hirono, "Current Practices of Water Quality Management in Shrimp Farming and Their Limitations". In: Wyban J (editor). Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. USA: World Aquaculture Society, 1992.
- [19] J.A. Wyban and J. Sweeney, " *Intensif Shrimp Production Technology* ". Honolulu Hawaii, USA. 1991

- Technology Commission. hlm. 107-113, 2001.
- [20] C.E. Boyd, "Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Auburn" Fisheries and Allied Aquacultures Departmental, Auburn University, 1991.
- [21] C.E. Boyd, AND B.J. Watten "Aeration systems in aquaculture" CRC Crit Rev Aquat Sci; 1: 425-72, 1989.
- [22] C.A. Ching, "Water alkalinity in the cultivation of marine shrimp", Boletines Nicovita 3:1-3, 2007.
- [23] Suprpto, "Petunjuk teknis budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*)". CV Biotirta. Bandar Lampung. 25 hal., 2005.
- [24] Y.Y.Chen, J.C. Chen, K.C. Tseng, Y.C. Lin, C.L.Huang, "Activation of immunity, immune response, antioxidant ability, and resistance against *Vibrio alginolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei* decrease under long-term culture at low pH". Fish & Shellfish Immunology 46: 192 - 199, 2015.
- [25] H.C. Clifford, "Management of ponds stocked with Blue Shrimp *Litopenaeus stylirostris*". In Print, *Proceedings of the 1st Latin American Congress on Shrimp Culture*, Panama City, Panama, 101- 109 p., 1998.
- [26] M.L. Cobo, S. Sonnenholzner, M. Wille, and P. Sorgeloos, "Ammonia tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) larvae". *Aquaculture Research* 45:470-475, 2012.
- [27] Y. H. Chien, "Water quality requirements and management for marine shrimp culture. in Wyban J, editor. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. USA*" World Aquaculture Society. hlm.144-156, 1992.
- [28] K. Pankaj Kumar, S.I. Jetani, A.N.Yusuzai, Sayani, Shabir Ahamd Dar, Mohd Ashraf Rather, "Effect of sediment and water quality parameters on the productivity of coastal shrimp farm". *Adv. in ApplSci Res.*; 3(4):2033-2041. 2012.
- [29] D.J. Schuler, "Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp (*L. vannamei*) at low salinities". Master's thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2008.
- [30] I. D. Buwono," *Tambak Udang Windu Sistem Pengelolaan Berpola Intensif* ". PT. Kanisius, Yogyakarta 29-37, 1993.