

## Karakterisasi Spasio-Temporal Kualitas Air di Tambak dan Perairan Sekitar Kawasan Pertambakan Minapolitan

Spasio-temporal characterization of water quality in the pond and around minapolitan-based aquaculture zone

Kamariah\*, Tarunamulia dan Hasnawi

<sup>1</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan  
Jalan Makmur Dg. Sitakka No. 129 Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan

\*Corresponding author: qmria@yahoo.com

### ABSTRAK

Kualitas air merupakan salah satu variabel yang menentukan kualitas lahan. Selain sebagai media utama budidaya, air merupakan tempat tumbuhnya pakan alami dan terjadinya berbagai reaksi kimia yang kemungkinan menjadi faktor pembatas, untuk itu kualitas air baik di tambak maupun di perairan sekitar tambak perlu diketahui. Kualitas air sangat sensitif dengan perubahan musim sehingga informasi kualitas air berbasis spasial sangat dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik spasio-temporal kualitas air di tambak dan di perairan laut yang menjadi sumber air tambak. Pengambilan sampel dan pengukuran langsung dilakukan pada 10 titik mengikuti metode purposive sampling yakni dengan memilih unit tambak dan lokasi perairan yang memiliki karakteristik spesifik seperti warna air dan kegiatan budidaya. Pengukuran kualitas air dilaksanakan pada musim hujan, peralihan dan kemarau untuk mengetahui pengaruh musim terhadap kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi kualitas air utamanya pada perairan laut dekat muara sungai dandi mulut saluran pembuangan tambak. Nilai DO didapatkan mencapai nilai kritis (2 mg/L) untuk kegiatan budidaya dimuara sungai pada musim kemarau, dengan nilai NO<sub>3</sub> lebih tinggi dari standar kualitas air budidaya pada musim hujan. Nilai total ammonia nitrogen (TAN) rata-rata lebih tinggi juga ditemukan pada mulut saluran tambak pada musim hujan dan musim kemarau dibandingkan pada lokasi lain. Dengan hasil demikian, kondisi optimum atau musim tanam yang baik untuk budidaya udang didapatkan pada musim peralihan yakni pada bulan Mei sampai dengan Juli setiap tahunnya.

**Kata kunci:** Spasio-temporal, kualitas air, tambak, perairan.

### Pendahuluan

Karakteristik kualitas air merupakan salah satu informasi untuk menentukan kualitas lahan yang sangat dibutuhkan dalam menetapkan strategi pengelolaan lahan dan pemilihan lokasi budidaya perikanan. Kualitas perairan sangat ditentukan oleh berbagai proses alami dan pengaruh antropogenik. Berbagai input yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia menimbulkan dampak pada ekosistem alami perairan dalam bentuk proses fisik, kimia, maupun biologi dan menyebabkan perubahan kondisi kualitas perairan (Lobato, *et al.*, 2015). Kajian kualitas air dapat diketahui dengan pendekatan sebaran spasial (Salim, *et al.*, 2007). Informasi spasial kualitas lahan dapat digunakan antara lain untuk membantu memilih komoditas budidaya yang tepat (secara ekonomi dan ekologis), estimasi jumlah agro-input (kapur, pupuk, pestisida, dll) yang diperlukan dan estimasi kebutuhan air tambak, konstruksi petak tambak hingga untuk kebutuhan estimasi luasan hutan mangrove yang harus disisakan sebagai biofilter/zona penyangga (Tarunamulia, *et al.*, 2016). Hampir semua komoditas perikanan (udang, ikan dan rumput laut), termasuk komoditas air payau membutuhkan kondisi lingkungan yang spesifik untuk bertahan hidup dan untuk mencapai produktivitas yang optimal.

Pada lokasi penelitian, yang merupakan kawasan pertambakan minapolitan telah dikembangkan komoditas antara lain : udang windu, udang vanamei, bandeng dan rumput laut yang merupakan komoditas perikanan unggulan di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan. Untuk mendukung kegiatan budidaya di tambak tersebut maka pembudidaya memanfaatkan perairan sekitar sebagai sumber pasokan air. Perairan di sekitar kawasan pertambakan merupakan sumber air untuk keperluan budidaya, akan tetapi perairan tersebut juga merupakan tempat pembuangan akhir limbah dari daratan termasuk limbah dari tambak, sehingga dapat mempengaruhi kualitas perairan itu sendiri. Kualitas air merupakan faktor penting dalam keberhasilan usaha budidaya. Selain sebagai media utama budidaya, air merupakan tempat tumbuhnya pakan alami dan terjadinya berbagai reaksi kimia yang kemungkinan menjadi faktor pembatas, untuk itu kualitas air baik di tambak maupun di perairan sekitar tambak perlu diketahui.

Pada pengelolaan lahan budidaya sangat penting untuk mempertimbangkan pengaruh temporal seperti musim, khususnya untuk variabel lingkungan seperti kualitas air yang sangat sensitif dengan perubahan tersebut. Pada lokasi yang sama, Tarunamulia, *et al.*, (2016) telah melakukan kajian spasio temporal berbagai variabel kualitas lingkungan untuk kegiatan budidaya. Tarunamulia, *et al.*, (2016) menyarankan perlunya pengamatan variasi spasial kualitas lingkungan perairan sumber air tambak yang mempertimbangkan perbedaan musim. Dengan demikian dapat diaplikasikan antara lain untuk menentukan musim tanam/tebar yang tepat untuk organisme yang akan dibudidayakan. Untuk itu penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik kualitas air baik di tambak maupun di perairan sekitar kawasan tambak pada tiga periode pengamatan yaitu musim hujan, peralihan dan kemarau sehingga informasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan tambak misalnya periode terbaik untuk kegiatan budidaya tambak.

## **Metode Penelitian**

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga November 2018. Di mana dilakukan tiga kali pengambilan dan pengukuran sampel yaitu sampling pertama pada bulan Maret (mewakili musim hujan), kedua pada bulan Mei (mewakili peralihan), dan ketiga pada bulan Agustus (mewakili musim kemarau). Sebanyak 30 sampel telah diambil dan dianalisis dari tiga lokasi dengan tiga kali sampling yaitu 4 titik di Teluk Parepare (ST.1 - ST.4), 3 titik di Selat Makassar (ST.5 – ST.7) dan 3 titik di tambak (ST.8 – ST.10) seperti terlihat pada Gambar 1. Titik-titik sampling tersebut telah ditentukan sebelumnya untuk menjamin distribusi dan keterwakilan sampel.

Penelitian berada di kawasan pertambakan minapolitan tepatnya di Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu kawasan minapolitan percontohan di Indonesia. Secara

geografis kawasan pertambakan di Kecamatan Suppa umumnya memasok air dari Teluk Pare-Pare dan Selat Makassar.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel di Teluk Parepare, Selat Makassar, dan tambak di Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan

#### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain : Peta lokasi, GPS, alat pengambil sampel air (Niskin Water Sampler), alat pengukur kualitas air (YSI Profesional Plus), botol sampel, lakban dan spidol. Sedangkan Bahan yang digunakan untuk analisis kualitas air antara lain : Pengawet sampel air, kertas saring, bahan kimia untuk analisis kualitas air

#### *Metode Pengukuran Kualitas Air*

Variasi spasio-temporal kualitas air di evaluasi untuk beberapa lokasi representatif untuk tiga periode pengamatan yakni musim hujan, peralihan dan kemarau. Penentuan musim ini mempertimbangkan data Metrologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk daerah Sulawesi Selatan. Penentuan titik pengamatan (total 10 titik) didasarkan pada kategori tambak yang terbentuk dari hasil analisis spasial variabel kunci variabel tambak seperti tingkat kemasaman lahan dan level nutrien (Tarunamulia, et al, 2016), sedangkan untuk perairan laut ditentukan berdasarkan variasi kualitas perairan (DO, BOT dan indeks biodiversitas plankton) dan letak geografis terkait dengan letak saluran tambak, lokasi budidaya rumput laut dan keberadaan sungai (Tarunamulia, et al, 2016). Variabel kualitas kimia fisika perairan yang diukur secara spasio-temporal adalah:

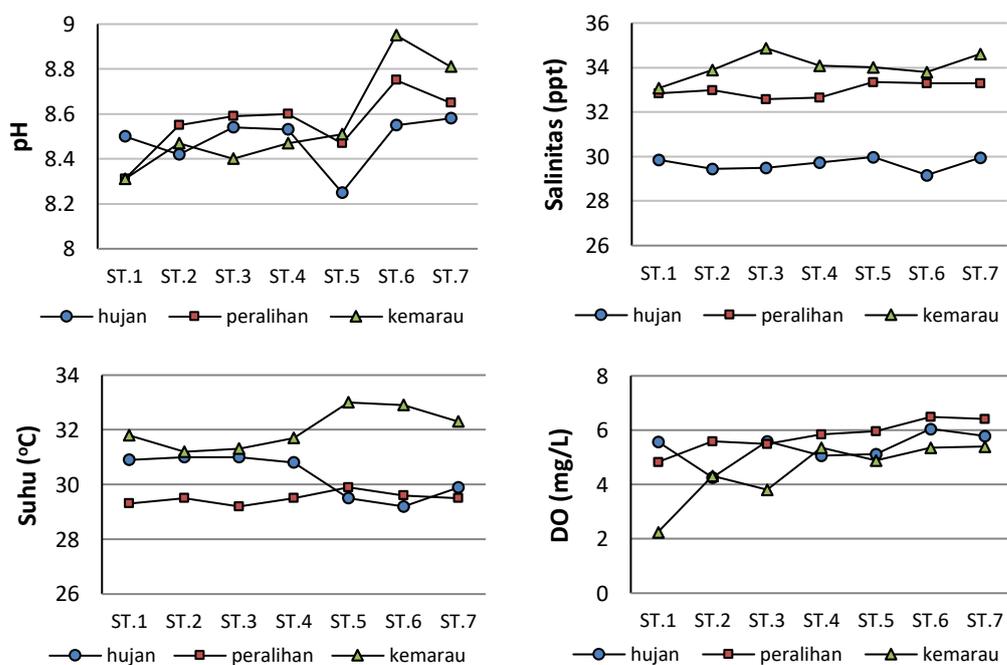
- Variabel insitu dengan menggunakan metode Elektrometrik dengan alat YSI Proffesional Plus antara lain : Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), DO (mg/L), Salinitas (ppt) dan pH
- Variabel yang dianalisis di laboratorium menggunakan Spektrofotometer (simadzu UV-2401 PC) meliputi : Fosfat,  $\text{PO}_4\text{-P}$  (mg/L), Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) (mg/L), Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (mg/L), TAN (mg/L).

### Pengolahan dan Analisis Data

Secara umum data hasil pengukuran secara spasio-temporal ini diolah dan dianalisis dengan metode analisis statistik deskriptif dengan menggunakan software Microsoft Exel. Kemudian nilainya ditampilkan untuk masing-masing lokasi menurut pengamatan dalam bentuk grafik.

### Hasil dan Pembahasan

Derajat keasaman (pH) perairan merupakan salah satu variabel yang penting dalam pemantauan kualitas perairan. Kematian lebih sering diakibatkan karena pH yang rendah dari pada pH yang tinggi (Pescod, 1973) serta Effendi (2000) menyatakan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5. Nilai pH perairan di lokasi penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2, memperlihatkan nilai yang hampir sama pada ST.1-ST.4 yang terletak di Teluk Parepare baik pada musim hujan, peralihan dan kemarau yakni berkisar 8,3 - 8,6. Sedikit berbeda dengan ST.5 - 7 yang berada di Selat Makassar, di mana nilai pH lebih tinggi yakni dapat mencapai 8,9 meskipun pola yang sama di tunjukkan pada variasi musim.



Gambar 2. Perbandingan variasi spasio-temporal kualitas air hasil pengukuran insitu di perairan sekitar kawasan tambak

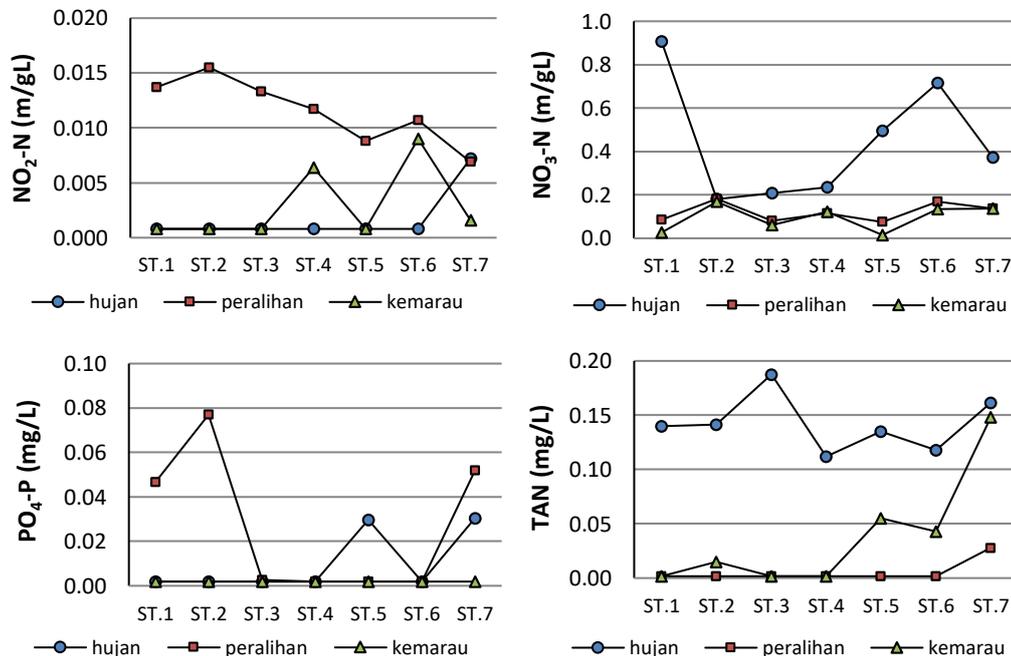
Salinitas sangat jelas terlihat bahwa pada musim hujan salinitas perairan lebih rendah dari pada peralihan lebih-lebih pada musim kemarau. Tentu saja hal ini dipengaruhi oleh input air hujan yang dapat mengencerkan salinitas di perairan. Nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh suplai air tawar ke air laut, curah hujan, musim, topografi, pasang surut dan evaporasi (Nybakken, 2000). Kondisi salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut yaitu berkisar antara 15 - 35 ppt (Aslan, 1999) dan pendapat Milero dan Sohn (1992) yang menyatakan bahwa fitoplankton dapat berkembang dengan baik pada salinitas 15 – 32 ppt. Sementara

kisaran salinitas hasil penelitian pada ketiga periode pengukuran adalah 29 – 35 ppt. Dengan demikian untuk budidaya rumput laut yang dijumpai pada ST.2 dan ST.3 sebaiknya dilakukan pada musim hujan dan peralihan.

Pada musim kemarau suhu lebih tinggi dari variasi musim yang lainnya utamanya perairan di Selat Makassar yang suhunya dapat mencapai 33°C. Sedangkan Riyadi (2006) menyatakan suhu yang baik untuk kehidupan ikan di daerah tropis berkisar antara 25 - 32 °C. Variasi suhu di pesisir dipengaruhi oleh pola arus yang dihasilkan oleh pasang surut, angin maupun aliran sungai (Hadikusumah, 2008).

Pada masa peralihan nilai DO lebih tinggi dari musim hujan dan musim kemarau. Nilai kritis oksigen terlarut yaitu 2 mg/L di temukan di ST.1 pada musim kemarau, hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kamariah & Tarunamulia, (2017) di lokasi yang sama yaitu pada lokasi tertentu seperti muara sungai Labili-bili (ST.1 pada penelitian ini) nilai BOD mendekati kondisi perairan yang tercemar sehingga perlu dipertimbangkan dalam penetapan strategi pengelolaan dan pemanfaatan wilayah perairan khususnya untuk budidaya.

Pada Gambar 3, untuk nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) di perairan pada peralihan musim nilainya lebih tinggi dari dua musim lainnya yaitu musim hujan dan musim kemarau namun belum membahayakan organisme di perairan tersebut. Menurut Moore (1991) dalam Effendi (2000) bahwa kadar nitrit yang melebihi dari 0,05 mg/L dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif.

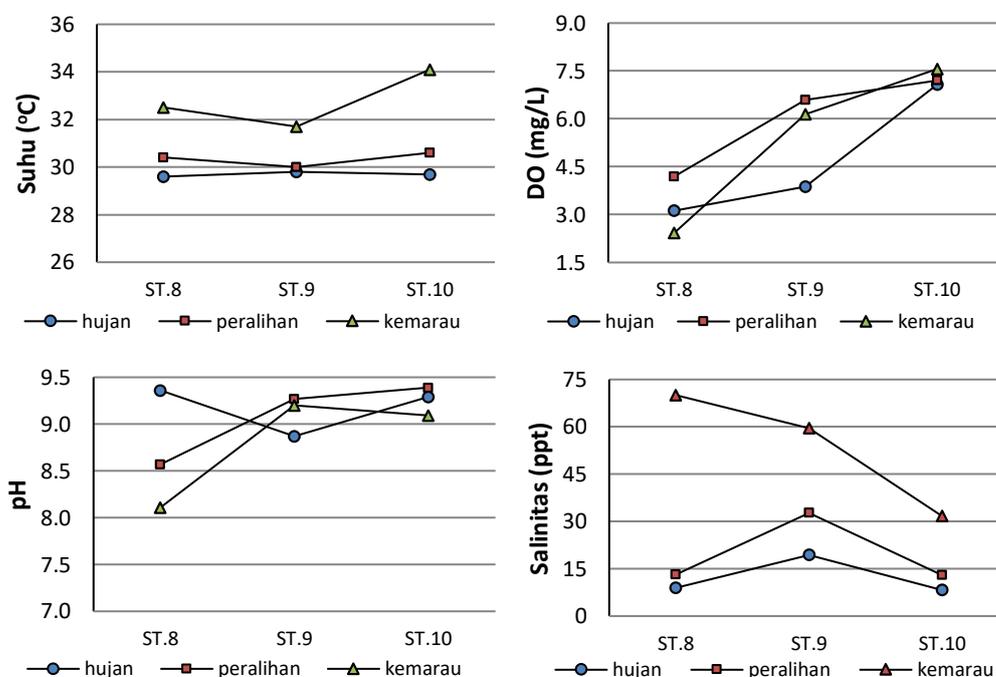


Gambar 3. Perbandingan variasi spasio-temporal kualitas air hasil pengukuran laboratorium di perairan sekitar kawasan tambak

Total ammonia nitrogen (TAN) lebih tinggi dijumpai pada musim hujan bahkan jauh melampaui pada musim kemarau dan peralihan di semua stasiun pengamatan. Namun demikian konsentrasi TAN tersebut belum membahayakan organisme akuatik. Akan tetapi perlu di waspadai pada musim hujan untuk kedua

sumber air, dimana terjadi peningkatan konsentrasi yang cukup drastis utamanya di ST.3 (mulut saluran tambak) yang mencapai 0,19 mg/L dan juga di perairan Selat Makassar pada musim kemarau. Apabila kadar  $\text{NH}_3$  lebih dari 0,2 mg/L, perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Sawyer & Mc.Carty, 1978). Selanjutnya menurut Kordi (2010), tingginya kadar amoniak suatu perairan erat kaitannya dengan suhu dan kadar derajat keasaman yang dikandungnya. Menurut Samuel *et al.* (2010), kriteria amonia pada perairan tropis yang tidak membahayakan kehidupan ikan, jangan lebih dari 1,0 mg/L.

Suhu air di tambak pada musim kemarau lebih tinggi dari musim hujan dan peralihan. Kordi (2010), menyatakan bahwa suhu yang cocok untuk kegiatan budidaya biota air antara 23 - 32 °C. Sedangkan menurut Buwono (1993), suhu yang ideal untuk kehidupan udang berkisar antara 25 – 30°C. Dengan demikian pada musim kemarau dimana suhu sangat tinggi di tambak yaitu mencapai 34°C (Gambar4) sudah tidak cocok untuk kegiatan budidaya dan dapat membahayakan pertumbuhan udang.



Gambar 4. Perbandingan variasi spasio-temporal kualitas air hasil pengukuran insitu di tambak

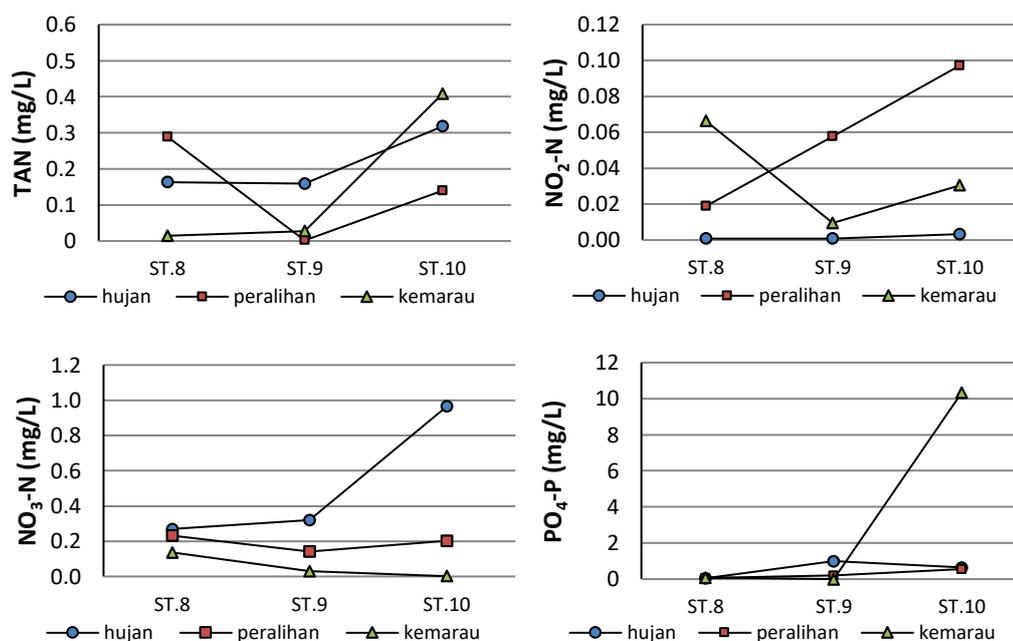
Konsentrasi oksigen yang baik dalam usaha budidaya perairan adalah antara 5 – 7 ppm (Kordi & Tancung, 2005). Oksigen terlarut pada air tambak lebih tinggi pada peralihan musim dibanding variasi musim lainnya. Secara spesifik kisaran nilai oksigen terlarut pada saat musim kemarau yaitu 2,5 – 7,5 mg/L dapat menjadi faktor pembatas. Batas oksigen terlarut untuk udang windu adalah 3 – 10 mg/L dan optimum 4 – 7 mg/L (Poernomo, 1989).

Nilai pH air tambak pada ketiga stasiun berkisar antara 8,1- 9,4. pH tersebut termasuk alkalis hal ini dimungkinkan karena tambak sudah lama dimanfaatkan karena menurut Kordi & Tancung (2005), perairan dengan usaha budidaya yang

telah lama dioperasikan cenderung memiliki pH yang alkalis yaitu pH yang tinggi. Menurut Cheng, *et al.* (2003), kisaran pH yang baik untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan ataupun udang adalah antara 7 - 8,5.

Hasil pengukuran salinitas pada musim kemarau sangat tinggi, bahkan pada ST. 8 nilai salinitas mencapai 70 ppt. Menurut Tseng, (1987) dalam Poernomo, (1988) menyatakan bahwa udang windu mampu menyesuaikan diri terhadap salinitas 3 - 45 ppt, namun untuk pertumbuhan optimum diperlukan salinitas 15-25 ppt (Poernomo, 1988). Dengan demikian salinitas pada musim kemarau merupakan faktor pembatas yang dapat menyebabkan kematian udang yang dibudidayakan. Sedangkan pada penelitian Tarunamulia, *et al.*, (2016) di dapatkan nilai salinitas yang sangat rendah di musim hujan. Sehingga nilai optimum salinitas air di tambak ditemukan pada musim peralihan seperti terlihat pada grafik Gambar 4.

TAN dapat berada dalam bentuk molekul ( $\text{NH}_3$ ) atau bentuk ion  $\text{NH}_4$ , dimana  $\text{NH}_3$  lebih beracun daripada  $\text{NH}_4$  (Poernomo, 1988). Konsentrasi  $\text{NH}_3$  berkisar 0,002 – 0,41 mg/L sudah menghambat pertumbuhan organisme akuatik pada umumnya. Chanratchakool *et al.*, (1995) menyatakan bahwa kandungan ammonia yang diperkenankan untuk budidaya udang windu adalah kurang dari 0,1 mg/L. Ikan tidak dapat bertoleransi terhadap konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang terlalu tinggi, karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan pada akhirnya dapat mengakibatkan sufokasi. Sementara itu hasil penelitian menunjukkan konsentrasi TAN yang tinggi pada musim hujan dan musim kemarau utamanya pada ST. 10 yang mencapai 0,4 mg/L (Gambar 5). Sehingga nilai TAN pada kedua musim tersebut menjadi faktor pembatas kegiatan budidaya.



Gambar 5. Perbandingan variasi spasio-temporal kualitas air tambak hasil pengukuran laboratorium

Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) juga bersifat racun terhadap ikan, sehubungan dengan kemampuan mengoksidasi besi (Fe) di dalam hemoglobin. Hal ini akan menurunkan kemampuan darah untuk mengikat oksigen terlarut (Poernomo, 1988). Terlihat pada grafik (Gambar 5), konsentrasi  $\text{NO}_2$  tertinggi pada ST.10 pada peralihan musim yaitu mencapai 0,09 mg/L, sehingga perlu diwaspadai untuk menghindari stress pada udang sebab Schmittou (1991) dalam Suharyanto *et al.*, (1996) menyatakan bahwa konsentrasi nitrit 0,1 mg/L dapat menyebabkan stress pada ikan dan udang serta dapat menyebabkan kematian bila konsentrasi nitrit mencapai 1,0 mg/L.

Menurut Effendi (2003) nitrat adalah nutrien utama bagi pertumbuhan. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Kadar nitrat-nitrogen melebihi 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*). Dari hasil penelitian menunjukkan konsentrasi nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) yang tertinggi di ST.10 yaitu 0.96 mg/L pada musim hujan dan terendah pada stasiun yang sama pada musim kemarau yaitu 0,001 mg/L.

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972). Konsentrasi fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) terlihat sangat tinggi di ST.10 pada musim kemarau yaitu mencapai 10 mg/L (Gambar 5).

## Kesimpulan

Beberapa variabel kualitas air menunjukkan nilai dan konsentrasi yang cukup tinggi pada musim hujan dan kemarau sehingga merupakan faktor pembatas dalam usaha budidaya di tambak maupun di perairan sekitar tambak. Dijumpai nilai kritis untuk DO pada musim kemarau dan TAN yang tinggi di perairan Teluk Parepare pada musim hujan utamanya di mulut saluran tambak, dan di Selat Makassar pada musim kemarau. Sedangkan di tambak di jumpai faktor pembatas seperti : suhu, DO, salinitas dan fosfat pada musim kemarau, nitrat pada musim hujan dan TAN pada kedua musim. Dengan demikian disarankan kondisi optimum untuk budidaya dilakukan pada masa peralihan yaitu sekitar bulan Mei sampai dengan Juli setiap tahunnya.

## Daftar Pustaka

- Anguilar-Manjarrez, J., Kapetsky, J.M., & Soto, D. 2010. The Potential of Spatial Planning Tools to Support The Ecosystem Approach to Aquaculture. Paper presented at the FAO/Rome Expert Workshop, 19-21 November 2008, Rome, Italy.
- Aslan, M. 1999. Budidaya Rumput Laut. Kanisius. Yogyakarta.
- Buwono, I. D. 1993. Tambak Udang Windu : Sistem Pengelolaan Berpola Intensif. Kanisius. Yogyakarta. 152 hal.
- Chanratchakool, P., J.F. Turnbull, S. Funge-Smith, & C. Limsuwan. 1995. Health Management in Shrimp Ponds. Second edition. Aquatic Animal Health Research Institute, Department of Fisheries, Kasetsart University Campus, Bangkok. 111 pp.
- Cheng, W., Su-Mei Chen, F.I. Wang, Pei-I Hsu, & C.H. Liu. 2003. Effects of Temperature, pH, Salinity and Ammonia on the Phagocytic Activity and Clearance

- Efficiency of Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* to *Lactococcus garvieae*. *Aquaculture*, 219 : 111– 121.
- Dugan P.R. 1972. *Biochemical Ecology of Water Pollution*. Plenum press. Newyork. 159p.
- Effendi, H. 2000. Telaah kualitas air. Managemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 259 hal.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Goldman, C.R. & A.J. Horne. 1983. *Limnology*. Mac Graw Hill Int. Book Company. Tokyo. 464 p.
- Hadikusumah. 2008. Variabilitas Suhu dan Salinitas di Perairan Cisadane. *Makara Sains*, 12(2): 82-88.
- Kamariah & Tarunamulia. 2017. Variasi Spasio Temporal Nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Sekitar Kawasan Pertambakan Minapolitan. Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan ke-4 2017, Makassar, 19 Mei 2017. Prosiding. “Percepatan Pembangunan Ekonomi Kelautan Berkelanjutan di Era Persaingan Global dan Perubahan Iklim”. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas. Makassar. ISBN: 978-602-71759-3-8. hal. 727-734.
- Kamlasi Y. 2008. Kajian Ekologi dan Biologi untuk Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) di Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur. Tesis. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Kordi, M.G. 2010. Budi daya Ikan Bandeng Untuk Umpan. Penerbit Akademia, Jakarta. Hal 111.
- Kordi, M.G. & Tancung A.B. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 208 hal.
- Lobato, T.C., Hauser-Davis, R.A., Oliveira, T.F., Silveira, A.M., Silva, H.A.N., Tavares, M.R.M. & Saraiva, A.C.F. (2015). Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*, 522: 674-683.
- Pescod, M.B. 1973. *Investigation of ration effluent and stream of tropical countries*. Bangkok. AIT. 59 hal.
- Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Djambatan Jakarta
- Milero, F.J. & M.L. Sohn. (1992). *Chemical Oceanography*. CRC Press Inc. London. 531 pp.
- Mintardjo, K., Sunaryanto A., & Hermiyaningsih. 1985. *Pedoman Budidaya Tambak*. Dinas Perikanan. BBAP Jepara.
- Nyabakken, J.W. 2000. *Biologi laut suatu pendekatan ekologi*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Poernomo, A. 1988. *Pembuatan Tambak Udang di Indonesia*. Departemen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan, Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros
- Poernomo, A. 1989. Indonesia ought to learn from the failure of shrimp culture in Taiwan. *Proc. Sci. Workshop on Research Support to the National Shrimp Industry Development Program*. 1:81-161.
- Riyadi, A. 2006. Kajian Kualitas Air Waduk Tirta Shinta di Kotabumi Lampung. *Jurnal Hidrosfir*. 1(2): 75 82.
- Salim, H., Rustam, A., & Ati, R.N.H. 2007. Pola Sebaran Spasial Kualitas Air Teluk Bungkus Padang. *Jurnal Segara*, 3(1). 1-10.

- Samuel, Siti, N.A., Safran, M., & Subagdja. 2010. Perikanan dan Kualitas Lingkungan Perairan Danau Ranau Dalam Upaya Pelestarian dan Mendukung Produksi Hasil Tangkapan Nelayan. Laporan Akhir Riset. Kementerian Kelautan dan Perikanan. BRPPU Palembang (ID).
- Sawyer, C.N. & McCarty, P.L. 1978. Chemistry for Environmental Engineering. Third edition. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.532p
- Suharyanto, Muhariadi, A & Sudrajat, A. 1996. Penggunaan 3 jenis kerang sebagai Biofilter pada Pemeliharaan Udang Windu (*Penaeus monodon*) dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 2(1):80-87
- Tarunamulia, Mustafa, A., Utojo, Marsambuana, A., Asaad, I.J., Ratnawati, E., Hasnawi, Athirah, A., & Kamariah. 2016. Aplikasi Informasi dan analisis geospasial untuk inventarisasi dan monitoring kegiatan budidaya tambak skala hamparan. Laporan Teknis Akhir Tahun 2016, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. 53 hal.
- Yusuf, M.I. 2005. Laju pertumbuhan harian, produksi dan kualitas rumput laut *kappapycus alvarezii* yang dibudidayakan dengan sistem aliran air media dan tallus benih yang berbeda. Disertasi. Universitas Hasanuddin. Makassar.