



Analisis Kualitas Air Untuk Marikultur di Moro, Karimun, Kepulauan Riau Dengan Analisis Komponen Utama

Analysis of Water Quality for Mariculture in Moro, Karimun, Riau Islands with Principal Component Analysis

Wiyoto Wiyoto^{1*} dan Irzal Effendi^{1,2}

¹Program Studi Teknologi Produksi dan Manajemen Perikanan Budidaya, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kumpang No. 14, Babakan, Bogor 16128, Indonesia

²Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Agatis, Babakan, Bogor 16128, Indonesia

*Correspondence :
wiyoto@apps.ipb.ac.id

Received : 2020-01-07
Accepted : 2020-02-10

Kata Kunci :
Budidaya Laut, Kualitas Air, PCA

Keywords :
Mariculture, PCA, Water Quality

Abstrak

Penentuan lokasi budidaya di laut merupakan hal yang penting dilakukan dengan mengkaji data-data kualitas air untuk kegiatan budidaya laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air laut di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau dan menganalisisnya dengan analisis komponen utama (PCA) dan regresi linear berganda untuk kegiatan budidaya laut. Sampel permukaan air laut yang diukur meliputi suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, amonia, nitrit, nitrat, fosfat, timbal, dan aluminium. Sampel tersebut diambil dari lima stasiun yang berbeda di perairan laut Moro dan diukur secara *in situ* maupun di laboratorium. Pengukuran kualitas air mengacu pada standar APHA. Secara umum kondisi kualitas air di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau memiliki kesesuaian untuk kegiatan budidaya laut berdasarkan baku mutu dan analisis PCA. Analisis PCA menghasilkan 3 komponen analisis utama dengan 95,4% ragam total yang berhubungan dengan parameter pH, DO, suhu, kekeruhan, NH₃ dan NO₂. Regresi linear berganda mendukung hasil dari PCA dan mengidentifikasi kontribusi setiap parameter dengan menunjukkan bahwa pH, DO, suhu dan NO₂ adalah sebagai parameter kunci yang mempengaruhi kualitas air laut di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau untuk kegiatan budidaya.

Abstract

Finding a good location is an essential aspect of mariculture. This can be done by evaluating the water quality data. The study aimed to assess the seawater quality at Moro, Karimun, Riau Islands and to analyze its compatibility for mariculture by using principal component analysis (PCA) and multiple linear regressions. The parameters observed for sea surface water were temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, turbidity, and the concentrations of ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, lead, and aluminum. Samples were

collected from five different sampling stations around Moro, and the parameters were measured both in situ and in the laboratory. Water quality measurement was done according to the APHA standard. Generally, based on the standard water quality and PCA analyses, the water conditions in Moro, Karimun, Riau Islands are suitable for marine aquaculture activities. PCA results demonstrated that there were three main analysis components, which explained 95.4% of the total variance associated with parameters pH, DO, temperature, turbidity, NH₃, and NO₂. Multiple linear regression supports the results of PCA. It identifies the contribution of each parameter by showing that pH, DO, temperature, and NO₂ are key parameters that affect the quality of seawater in Moro, Karimun, Riau Islands for aquaculture.

PENDAHULUAN

Pengembangan budidaya laut memerlukan analisis potensi berdasarkan data kualitas air suatu daerah sebagai data awal. Kualitas permukaan air memberikan informasi yang signifikan tentang ketersediaan sumberdaya alam untuk mendukung kehidupan dalam suatu ekosistem (Manikannan *et al.*, 2011). Parameter fisika, kimia dan komposisi biologi dari permukaan air dikontrol oleh banyak faktor seperti faktor alam (curah hujan, pelapukan lapisan batu oleh air, cuaca dan topografi) dan antropogen (domestik, aktivitas industri, dan buangan dari pertanian). Peningkatan polusi pada permukaan air tidak hanya menyebabkan penurunan kualitas air tetapi dapat berakibat pada kesehatan manusia, keseimbangan ekosistem akuatik, pengembangan ekonomi dan prospek sosial (Milovanovic, 2007).

Karakterisasi dari variasi tempat dan parameter kualitas air dapat memberikan peningkatan pemahaman tentang kondisi lingkungan dan membantu dalam pembuatan kebijakan berdasarkan prioritas untuk kelanjutan pengelolaan air (Huang *et al.*, 2010). Pengetahuan tentang karakter dan variasi parameter kualitas air laut merupakan salah satu hal penting untuk dikelola dalam kegiatan budidaya laut. Berdasarkan data-data kondisi kualitas air laut di suatu perairan maka dapat dibuat matriks kesesuaian lahan untuk pemilihan lokasi budidaya laut (Effendi *et al.*, 2016).

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kualitas perairan adalah dengan analisis deskriptif dan analisis multivarian. Menurut Vialle *et al.* (2011), banyak peneliti menggunakan aplikasi multivarian untuk menganalisis data-data yang kompleks. Analisis komponen utama (PCA) adalah teknik analisis statistik multivarian yang terbaik untuk mengekstrak hubungan linear di antara berbagai kelompok variabel (Simeonov *et al.*, 2003). Salah satu keuntungan dari teknik ini adalah memiliki peluang untuk menganalisis kelompok data yang jumlahnya banyak. Kelompok data tersebut terdiri dari banyak variabel dan unit-unit eksperimen. PCA dapat mengidentifikasi kelompok-kelompok dan kumpulan beberapa variabel yang memiliki kesamaan dan memungkinkan untuk menyederhanakan deskripsi dari observasi dengan menemukan struktur atau pola-pola dalam kelompok data yang beragam. Sebagai tambahan, teknik ini memungkinkan untuk menganalisis data variabel-variabel yang tidak homogen. Selain itu metode ini dapat digunakan untuk menganalisis keterkaitan antar parameter kualitas air (Mustapha dan Abdu, 2012). Analisis komponen utama juga digunakan untuk menganalisis dan memprediksi kualitas air permukaan secara umum (Giri dan Qiu, 2016; Sahoo *et al.*, 2017), maupun kualitas air tanah (Bhuiyan *et al.*, 2016; Sahoo *et al.*, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi kualitas air laut di Moro, Karimun, Kepulauan Riau dan analisisnya menggunakan metode analisis komponen utama (PCA) untuk budidaya komoditas ikan laut.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2011 di perairan laut Kecamatan Moro, Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau. Pengukuran dan pengambilan sampel air laut dilakukan pada siang hari dengan kondisi lokasi tidak hujan.

Materi Penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan meliputi pH meter (Lutron-PH201, Taiwan), DO meter (Lutron-DO5510, Taiwan), refraktometer (ATAGO, Jepang), alat tulis, dan botol sampel air laut.

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil data kualitas air pada lima stasiun yang berbeda (Gambar 1). Pada setiap stasiun dilakukan pengukuran dan pengambilan sampel sebanyak 3 ulangan. Lokasi pengukuran dan pengambilan sampel yang dipilih adalah lokasi yang berada di dekat pulau, di antara pulau dan daerah terlindung lainnya untuk lokasi budidaya laut.

Pengukuran kualitas air dan pengambilan sampel yang dilakukan difokuskan pada daerah-daerah yang terlindung dari arus dan gelombang besar yaitu lokasi antara pulau maupun dekat dengan pulau. Tujuan pengukuran dilakukan pada daerah yang terlindung adalah untuk melihat kondisi perairan yang tidak terkena dampak secara langsung dengan adanya gelombang dan arus. Hal ini sesuai dengan tujuan pengukuran untuk mencari lokasi akuakultur yang sesuai untuk komoditas ikan laut.



Gambar 1. Lokasi pengukuran dan pengambilan sampel kualitas air di lima titik stasiun yang berbeda (ST1, ST2, ST3, ST4, dan ST5) di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau.

Prosedur Kerja

Pengukuran kualitas air dilakukan di lokasi dan laboratorium. Kualitas air yang diukur di lokasi meliputi parameter fisika yaitu suhu dan salinitas sedangkan parameter kimia adalah oksigen terlarut (DO) dan pH. Parameter kualitas air lainnya yang meliputi kekeruhan, amonia (NH_3), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), fosfat

(PO_4), timah (Pb), dan aluminium (Al) dianalisis di laboratorium kualitas air. Suhu diukur menggunakan termometer, salinitas dengan refraktometer, pH diukur dengan menggunakan pH meter, dan oksigen terlarut dengan menggunakan DO meter. Secara lengkap parameter kualitas air yang diukur serta alat/metode yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan metode yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis parameter fisika dan kimia air laut di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau.

No.	Parameter	Alat ukur/metode
Fisika		
1	Suhu	Termometer
2	Salinitas	Refraktometer
Kimia		
1	pH	pH meter
2	Oksigen terlarut	DO meter
3	Kekeruhan	APHA, ed. 20, 1998,2130-B/Turbidimetrik
4	Amonia (NH ₃)	APHA, ed.21, 2005,4500-F/Phenat/Spectro
5	Nitrit (NO ₂)	APHA, ed. 21, 2005,4500-B/Colorimetrik
6	Nitrat (NO ₃)	APHA, ed.14, 1989,4500-NO ₃ -B/Brusin Slft
7	Fosfat (PO ₄)	APHA, ed. 14, 1975, 425-E
8	Timbal (Pb)	APHA, ed. 20, 1998, 3111-B/AAS
9	Aluminium (Al)	APHA, ed. 20, 1998, 3111-B/AAS

Analisis Data

Data kualitas air laut yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif kemudian dibandingkan dengan standar mutu untuk biota laut (Effendi *et al.*, 2016). Data kualitas air laut juga dianalisis dengan PCA dan regresi linear berganda untuk memperoleh model kualitas air di lokasi penelitian.

Analisis Komponen Utama (PCA)

Analisis komponen utama (*Principal Components Analysis*, PCA) dilakukan menggunakan program minitab 15. Hasil analisis berupa data angka dan gambar selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan parameter fisika dan kimia perairan yang ada. Analisis PCA memberikan informasi parameter-parameter yang signifikan dengan minimum kehilangan informasi aslinya (Singh *et al.*, 2004). Komponen utama dapat diekspresikan dengan persamaan berikut:

$$Z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + \dots + a_{im}x_{mj}$$

dimana Z adalah skor komponen, *a* adalah muatan komponen, *x* adalah hasil pengukuran variabel, *i* adalah nomor komponen, *j* adalah nomor sampel, dan *m* adalah jumlah total dari variabel.

Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda dilakukan menggunakan program minitab 15. Regresi linear berganda (*multiple linear regressions*) adalah alat statistik

untuk memahami hubungan antara variabel dan beberapa prediksi (variabel independen) yang memberikan hubungan terbaik dalam populasi (Koklu *et al.*, 2010). Teknik ini digunakan untuk memprediksi dan menjelaskan antara desain eksperimen dan non-eksperimen. Regresi linear berganda dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_mX_m + \varepsilon$$

dimana Y adalah variabel dependen, *X*₁...*X*_{*m*} menggambarkan beberapa variabel independen dan ε mewakili *random error*. Tahapan yang harus dilakukan dalam regresi linear berganda adalah melihat normalitas data menggunakan p-p plot. Selanjutnya dilakukan beberapa kemungkinan regresi yang memberikan R² tertinggi sebagai model regresi yang terbaik (Mustapha dan Abdu, 2012). Selanjutnya dilakukan ANOVA. Kemungkinan model regresi dilakukan dengan berbagai parameter kualitas air yang diukur. Satu parameter kualitas air sebagai variabel Y dan parameter lainnya sebagai variabel X sehingga menghasilkan model yang terbaik berdasarkan kriteria di atas untuk dijadikan model prediksi kunci terhadap parameter kualitas air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air

Pengamatan kualitas air laut dilakukan untuk mengetahui kondisi

perairan sebagai lokasi kegiatan budidaya laut berdasarkan nilai baku mutu untuk biota laut (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004). Secara umum parameter suhu, salinitas, kekeruhan, dan amonia (NH₃) berada pada kisaran optimal untuk budidaya komoditas biota laut (Tabel 2). Nilai kekeruhan yang kurang dari 5 NTU menunjukkan bahwa perairan laut di Kecamatan Moro termasuk dalam kondisi jernih sehingga penetrasi cahaya cukup untuk kehidupan biota laut. Pada saat pengukuran, kondisi kualitas air yang ideal adalah hanya suhu, salinitas, kekeruhan, dan NH₃. Parameter lainnya seperti nilai pH, DO, NO₃, PO₄ dan Pb berada sedikit di atas atau di bawah nilai baku mutu, namun masih berada dalam toleransi untuk kegiatan budidaya ikan laut sehingga lokasi masih sesuai untuk kegiatan budidaya namun perlu pengelolaan yang lebih baik seperti pengaturan padat tebar, pengelolaan pemberian pakan dan dikombinasikan antara budidaya ikan dengan rumput laut sebagai biofilter (Yu *et al.*, 2016). Kisaran parameter suhu dan pH sedikit lebih tinggi dibandingkan pada pengukuran kualitas air di Pulau Kundur, Kepulauan Riau yang hanya berkisar antara 27,4-28,9°C dan

7,7-8,0 (Amin *et al.*, 2018). Nilai parameter kualitas air di Pulau yang berbeda juga menunjukkan sedikit perbedaan pada daerah Kepulauan Riau (Rosady *et al.*, 2016; Hariyati dan Putro, 2018; Rosdatina *et al.*, 2019).

Nilai oksigen sebagai persyaratan utama dalam budidaya sedikit di bawah nilai baku mutu yaitu berkisar antara 4,10-5,10 mg/L. Fluktuasi nilai oksigen terlarut dapat terjadi karena faktor waktu pengukuran (Abhilash *et al.*, 2019; Song *et al.*, 2019), pengaruh suhu, dan salinitas (Song *et al.*, 2019). Nilai oksigen terlarut akan menjadi pertimbangan dalam menentukan padat tebar kegiatan budidaya (Stortini *et al.*, 2017). Berbeda dengan oksigen terlarut, nilai pH termasuk tinggi di setiap stasiun pengambilan sampel air. Menurut Burford *et al.* (2003), adanya fotosintesis oleh alga pada siang hari akan menyebabkan kenaikan pH, konsentrasi NH₃, dan oksigen terlarut dalam perairan. Untuk melihat dinamika dan perubahan parameter kualitas air kunci yang harus diamati untuk kegiatan budidaya laut dapat dilakukan analisis kualitas air yang meliputi analisis komponen utama dan regresi linier berganda.

Tabel 2. Parameter fisika dan kimia air laut di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau dan baku mutu air laut untuk biota laut.

No	Parameter	Stasiun					Baku Mutu Biota Laut
		St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	
1	Suhu (°C)	30,3±0,00	29,7±0,10	29,7±0,10	29,7±0,10	29,6±0,10	28 - 32
2	Salinitas (‰)	29,33±0,58	30,00±0,00	30,00±0,00	30,00±0,00	30,00±0,00	alami
3	pH	9,78±0,04	9,76±0,01	9,27±0,31	9,31±0,04	9,42±0,09	6,8 - 8,7
4	Oksigen terlarut (mg/L)	4,70±0,10	4,60±0,50	4,60±0,35	4,90±0,00	4,90±0,00	≥5
5	Kekeruhan (NTU)	3,10±0,00	1,35±0,00	1,70±0,00	1,77±0,00	1,77±0,00	<5
6	NH ₃ (mg/L)	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,01	0,05±0,00	0,04±0,00	0,3
7	NO ₂ (mg/L)	1,39±0,00	0,02±0,00	0,10±0,00	0,01±0,00	0,00±0,00	
8	NO ₃ (mg/L)	0,11±0,00	0,19±0,00	0,10±0,00	0,11±0,01	0,10±0,00	0,008
9	PO ₄ (mg/L)	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,10±0,00	0,09±0,00	0,015
10	Pb (mg/L)	0,01±0,00	0,01±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00	0,008
11	Al (mg/L)	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,00±0,00	

1) Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air laut untuk Biota Laut

Analisis Komponen Utama (PCA)

Tahapan awal untuk melakukan analisis komponen utama adalah dengan melakukan analisis *Eigen* dari matriks korelasi *Eigen analysis of the Correlation*

Matrix. Hasil analisis menunjukkan bahwa analisis komponen utama yang pertama memiliki ragam 5,68 atau sama dengan proporsi sebesar 51,60% dari total ragam dari keseluruhan data. Analisis komponen

utama yang kedua memiliki ragam 2,79 dengan proporsi 25,30% dari ragam total data dan yang ketiga dengan ragam 2,03 dengan proporsi 18,50% (Tabel 3).

Berdasarkan kriteria Kaiser-Meyer (Parinet *et al.*, 2004), ketiga komponen utama dengan ragam sama dengan ragam Eigen lebih besar dari satu mewakili

95,4% dari keragaman total menunjukkan bahwa 3 komponen utama cukup menjelaskan ragam dalam data. Derajat inter korelasi di antara beberapa variabel dan kelayakan analisis PCA adalah valid. Untuk data kualitas air dapat disimpulkan bahwa tiga komponen utama menjelaskan sebagian besar dari keragaman total data.

Tabel 3. Ragam setiap analisis komponen utama hasil analisis Eigen dari matriks korelasi (*Eigen analysis of the Correlation Matrix*) untuk kualitas air laut di Moro, Karimun, Kepulauan Riau.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
Eigenvalue	5,676	2,786	2,034	0,503	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,000	-0,000	-0,000
Proportion	0,516	0,253	0,185	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,000
Cumulative	0,516	0,769	0,954	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Kombinasi linear dari komponen utama dapat ditentukan berdasarkan Tabel 1. Kombinasi linear dari komponen utama yang pertama adalah $PC_1 = 0,336 \text{ pH} + 0,204 \text{ DO} + 0,386 \text{ suhu} - 0,367 \text{ salinitas} + 0,319 \text{ kekeruhan} + 0,329 \text{ NH}_3 + 0,368 \text{ NO}_2 + 0,104 \text{ NO}_3 + 0,266 \text{ PO}_4 - 0,364 \text{ pb} + 0,04 \text{ Al}$. Parameter pH (0,336), DO (0,204), suhu (0,386), kekeruhan (0,319), NH_3 (0,329), dan NO_2 (0,368) memiliki beban positif yang besar dibandingkan parameter yang bernilai positif lainnya (NO_3 , PO_4 dan Al) pada komponen pertama dan menjelaskan 51,6 % ragam total serta dapat dikelompokkan dalam kelompok utama yang erat kaitannya. Grup ini memiliki kontribusi yang tinggi dan positif dengan parameter-parameter yang berhubungan dengan proses nitrifikasi. Kenaikan suhu dapat meningkatkan reaksi biokimia atau metabolisme dalam tubuh (Levinton dan Levinton, 1995). Parameter NO_3 , PO_4 dan salinitas memiliki kontribusi yang tinggi pada produktivitas primer sebagai sumber nutrisi dan dalam proses osmoregulasi.

Menurut Stumm dan Morgan (2012), biosintesis alga sebagai produsen primer dapat dilihat dari 2 cara berdasarkan sumber nitrogennya yaitu dengan memanfaatkan NH_3 atau NO_3 . Selain proses biosintesis alga terjadi juga proses nitrifikasi oleh bakteri. Selama proses nitrifikasi terjadi penurunan oksigen (O_2), peningkatan konsentrasi H^+

yang berarti terjadi kenaikan nilai pH, oksidasi NH_4^+ menjadi NO_2 oleh bakteri nitrifikasi. Kandungan amonia, nitrat, dan fosfat dapat dimanfaatkan dalam budidaya rumput laut. Menurut Qin *et al.* (2005), lokasi perairan laut yang digunakan untuk budidaya rumput laut memiliki kandungan nutrisi yang rendah. Hal tersebut dapat menjadi dasar untuk melakukan kombinasi budidaya ikan dengan rumput laut karena limbah dari hasil budidaya ikan dapat dimanfaatkan oleh rumput laut.

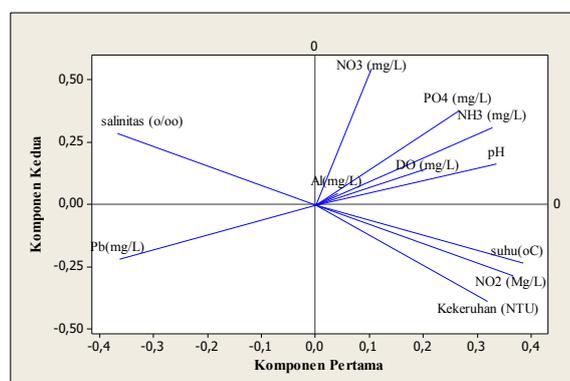
Parameter pH, DO, suhu, kekeruhan, NH_3 , dan NO_2 memiliki beban positif yang besar pada komponen pertama dan dapat dikelompokkan dalam kelompok utama. Salinitas dan Pb memberikan muatan negatif paling besar pada komponen pertama, sedangkan NO_3 , PO_4 dan salinitas memberikan muatan positif paling besar untuk komponen kedua. Semua parameter menjauhi titik 0, kecuali Al yang posisinya paling dekat dengan sumbu 0. Parameter-parameter yang berada paling jauh pada setiap stasiun dengan sumbu 0 merupakan penciri stasiun yang paling kuat. Hal ini menunjukkan bahwa ada parameter kualitas air (fisika dan kimia) yang berperan atau sebagai penciri dominan pada masing-masing stasiun (Gambar 2). Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa pada stasiun I, penciri kuatnya adalah suhu, NO_2 , dan kekeruhan.

Menurut Brune *et al.* (2003), peningkatan suhu akan meningkatkan metabolisme. Proses metabolisme bakteri nitrifikasi yang menghasilkan NO_2 mengalami peningkatan dengan adanya kenaikan suhu perairan. Nitrit dapat mengalami proses denitrifikasi/oksidasi menjadi NO_3 atau mengalami reduksi oleh bakteri menjadi NH_4^+ dalam siklus nitrogen (Boyd, 1990). Kedua nitrogen tersebut dapat dimanfaatkan oleh alga dengan adanya PO_4 sehingga apabila populasi alga naik maka perairan menjadi lebih keruh. Menurut Boyd (1990), selain padatan terlarut kekeruhan di perairan disebabkan oleh adanya alga di perairan.

Stasiun II dicirikan oleh penciri kuat NO_3 , PO_4 , NH_3 , pH, DO dengan Al yang mendekati sumbu 0 sebagai penciri lemah. Kadar NO_3 dan PO_4 yang tinggi dalam perairan dapat menyebabkan eutrofikasi. Menurut Welch dan Naczk (1992) dan Payne (1986), perairan yang kaya kalsium, fosfat, dan nitrat menyebabkan pertumbuhan alga dan vegetasi tanaman akuatik lainnya meningkat. Hal tersebut termasuk dalam keadaan eutropik. Parameter yang saling berkaitan pada

stasiun II ini merupakan parameter utama dalam proses biosintesis alga dan nitrifikasi bakteri (Brune *et al.*, 2003; Ebeling *et al.*, 2006), sedangkan Al di perairan dipengaruhi nilai pH dalam hal toksisitasnya. Pada perairan yang bersifat asam (pH sekitar 4,4 – 5,4), aluminium bersifat lebih toksik. Toksisitas aluminium maksimum terjadi pada pH 5,0-5,2 (Effendi, 2003).

Stasiun III dicirikan dengan parameter utama yang dominan yaitu salinitas. Salinitas merupakan ciri dari perairan laut. Faktor salinitas di stasiun III lebih kuat untuk dilakukan *monitoring* secara rutin dibandingkan parameter lainnya. Salinitas dapat berubah dengan cepat pada daerah pasang surut maupun daerah selat yang mengalami pergerakan massa air. Perubahan ini dapat berakibat pada pola adaptasi organisme laut melalui mekanisme osmosis dan difusi (Levinton dan Levinton, 1995). Stasiun IV dan V lebih dicirikan dengan adanya Pb di perairan. Pb dapat berasal dari pencucian daratan yang mengandung logam tersebut.



Gambar 2. *Loading plot* di stasiun I, II, III, IV dan V perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau.

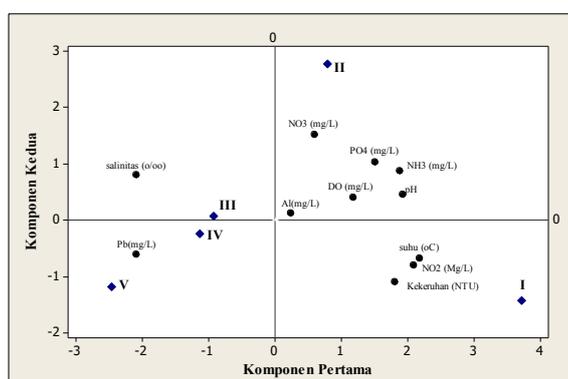
Gambaran biplot lebih memperjelas gambaran dari *loading plot* sekaligus memberikan gambaran kondisi stasiun pengambilan sampel. Gambar 2 menunjukkan bahwa stasiun I terpisah sendiri. Stasiun I berada antara P. Panjang dekat dengan pemukiman dan hutan mangrove, P. Muret dan P. Kelancing dengan hutan mangrove. Selain itu, lokasi

stasiun I berada dalam perairan yang lebih terbuka dibandingkan stasiun yang lain. Parameter yang termasuk dalam kuadran *linkage* (kuadran 1) adalah parameter NO_3 , PO_4 , DO, Al, dan pH. Nitrat dan fosfat merupakan nutrisi dalam proses fotosintesis alga dimana hasil dari proses fotosintesis ini adalah O_2 sehingga

kandungan oksigen akan meningkat (Brune *et al.*, 2003).

Produksi amonia (NH_3) dikontrol melalui oksidasi ke nitrat (NO_3) dengan kombinasi proses autotropik oleh bakteri nitrifikasi dan proses fotoautotrop yang mengasimilasi amonia ke dalam biomassa alga (Brune *et al.*, 2003). Amonia sebagai produk akhir katabolisme protein dikeluarkan sebagai amonia yang tidak terionisasi melalui insang organisme akuatik. Amonia, nitrit, dan nitrat sangat larut dalam air (Ebeling *et al.*, 2006). Secara umum parameter di kuadran ini memiliki keterikatan antar parameter yang kuat, namun setiap perairan memiliki ciri tersendiri. Sebagai contoh penelitian yang dilakukan oleh Gaol *et al.* (2017), parameter kuadran *linkage* adalah suhu, kedalaman, dan salinitas. Suhu, kedalaman dan salinitas memiliki hubungan yang erat, semakin dalam perairan laut maka salinitas semakin naik tetapi suhu semakin turun.

Parameter yang termasuk dalam kuadran *independent* adalah salinitas. Perairan yang memiliki salinitas tinggi adalah daerah pantai yang memiliki pasang surut. Salinitas mempengaruhi kelarutan oksigen dan parameter lainnya. Salinitas sedikit terpengaruh oleh curah hujan dan penambahan air tawar dari daratan. Salinitas akan mempengaruhi kelarutan oksigen dalam bentuk O_2 (Boyd, 1990). Selain itu juga terlihat hubungan linier antara salinitas dan NO_2 . Menurut Boyd (1990), kelarutan nitrogen di perairan dipengaruhi oleh suhu dan salinitas. Semakin meningkat suhu dan salinitas, kelarutan nitrogen di perairan akan menurun. Menurut Levinton dan Levinton (1995), perubahan salinitas akan mempengaruhi organisme akuatik terutama dalam kaitannya dengan osmosis dan difusi. Jika terjadi perbedaan kadar garam antar membran, air murni akan menembus membran ke arah kandungan garam yang lebih tinggi.



Gambar 3. Biplot di stasiun I, II, III, IV, dan V perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau dan Matriks *Driver Power* (DP) + *Dependence* (D).

Parameter kualitas air yang berada pada kuadran *dependent* adalah suhu, NO_2 , dan kekeruhan. Suhu suatu perairan dipengaruhi oleh musim, lintang, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, partikel terlarut, aliran dari dan ke dalam air (Boyd, 1990; Effendi, 2003). Secara tidak langsung suhu dipengaruhi juga oleh keberadaan alga di perairan. Konsentrasi NO_3 dan PO_4 yang tinggi akan berpengaruh terhadap pertumbuhan alga. Pada kelimpahan alga yang tinggi maka penetrasi cahaya akan terhalang oleh alga

sehingga pemanasan oleh cahaya matahari pada perairan yang lebih dalam akan terhambat. Pb merupakan parameter kimia kelompok logam berat yang berada pada kuadran *autonomous*. *Autonomous* adalah parameter kualitas air yang termasuk dalam kategori logam berat dan berasal dari luar. Pb merupakan logam berat yang bukan berasal dari perairan dan berasal dari buangan limbah industri (Arifin, 2001).

Prediksi Kualitas Air dengan Regresi Linear Berganda

Analisis komponen utama dapat menerangkan model hubungan parameter kualitas air dengan minimum kehilangan informasi aslinya. Namun, untuk memprediksi parameter kunci dari suatu perairan dapat dilanjutkan dengan analisis regresi. Analisis regresi linear berganda untuk mendapatkan model hubungan yang terbaik dan lebih spesifik dan untuk memahami hubungan antara variabel dan beberapa prediksi (variabel independen) yang memberikan hubungan terbaik dalam populasi. Variasi kualitas air di perairan laut Moro, Karimun, Kepulauan Riau dapat diterangkan dengan 4 prediktor kualitas air yaitu nitrit (NO_2) sebagai variabel dependen dan pH, suhu, dan oksigen terlarut (DO) sebagai variabel independen. R^2 regresi adalah 1 menunjukkan bahwa 100 % dari variasi dari kualitas air dijelaskan dari 4 prediktor tersebut, sedangkan kombinasi parameter

kualitas air lainnya memiliki $R^2 < 1$ sehingga bukan merupakan model terbaik.

Estimasi dari koefisien dari model disajikan dalam Tabel 4. Koefisien beta (β) di antara parameter dikalibrasi oleh langkah-langkah dalam analisis regresi. Suhu merupakan parameter yang paling kuat memberikan pengaruh pada variasi kualitas air (2,34). Nilai koefisien DO adalah yang kedua tertinggi (-0,243), selanjutnya yang memberikan kontribusi terakhir adalah pH (-0,164) sehingga prediksi model regresinya adalah $\text{NO}_2 = -66,77 - 0,164 \text{ pH} - 0,243 \text{ DO} + 2,34 \text{ suhu}$. ANOVA menunjukkan bahwa F -statistik ($F = 5163,12$) besar dan berkorespondensi dengan nilai P secara signifikan ($P = 0,01$) atau kurang dari nilai alpha (0,05). Hal ini mengindikasikan bahwa *slope* estimasi model regresi linear tidak sama dengan nol dan menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear antara prediktor dan model (Mustapha dan Abdu, 2012).

Tabel 4. Estimasi koefisien dari regresi linear berganda dengan nitrit (NO_2) sebagai variabel dependen.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-66,7696	0,5711	-116,92	0,005
pH	-0,16364	0,02594	-6,31	0,100
DO (mg/L)	-0,24319	0,01426	-17,06	0,037
Suhu (mg/L)	2,34008	0,02420	96,70	0,007

Keterangan : $S = 0,00977856$ $R\text{-Sq} = 100,0\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 100,0\%$

KESIMPULAN

Kondisi kualitas air di perairan Moro, Karimun, Kepulauan Riau memiliki kesesuaian untuk kegiatan budidaya laut berdasarkan baku mutu dan analisis PCA. Analisis kualitas air untuk *monitoring* kegiatan budidaya menggunakan analisis PCA menghasilkan 3 komponen analisis utama dengan 95,4% ragam total yang berhubungan dengan parameter pH, DO, suhu, kekeruhan, NH_3 , dan NO_2 . Regresi linear berganda mendukung hasil PCA dan mengidentifikasi kontribusi setiap parameter dengan menunjukkan bahwa pH, DO, suhu, dan NO_2 adalah parameter kunci yang mempengaruhi kualitas air laut di Moro, Karimun, Kepulauan Riau untuk kegiatan budidaya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Institut Pertanian Bogor dan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abhilash, K.R., Sankar, R., Purvaja, R., Deepak, S.V., Sreeraj, C.R., Krishnan, P., Sekar, V., Biswas, A.K., Kumarapandiyam, G. dan Ramesh, R., 2019. Impact of long-term seaweed farming on water quality: a case study from Palk Bay, India. *Journal of coastal conservation*, 23(2), pp.485-499. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-00678-4>

- Arifin, Z., 2001. Heavy metal pollution in sediments of coastal waters of Indonesia. In *Proceeding of the Fifth IOC/WESTPAC International Scientific Symposium*. Byun, SK (Ed) pp. 25-49.
- Amin, B., Nurrachmi, I. dan Setyani, R., 2018, Spatial distribution and potential ecological risk assessment of heavy metals in the North-West Coast of Kundur Island, Kepulauan Riau Province, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 216, No. 1, p.012015). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/216/1/012015>
- Bhuiyan, M.A.H., Bodrud-Doza, M., Islam, A.T., Rakib, M.A., Rahman, M.S. dan Ramanathan, A.L., 2016. Assessment of groundwater quality of Lakshimpur district of Bangladesh using water quality indices, geostatistical methods, and multivariate analysis. *Environmental Earth Sciences*, 75(1020), pp. 1-23. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5823-y>
- Boyd, C.E., 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama. p. 483.
- Brune, D.E., Schwartz, G., Eversole, A.G., Collier, J.A. dan Schwedler, T.E., 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural engineering*, 28(1-2), pp.65-86. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(03\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(03)00025-6)
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H. dan Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219(1-4), pp.393-411. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00575-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00575-6)
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B. dan Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), pp.346-358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- Effendi, H., 2003. *Telaah kualitas air, bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Effendi, I., Suprayudi, M.A., Nurjaya, I.W., Surawidjaja, E.H., Supriyono, E. dan Junior, M.Z., 2016. Oceanography and Water Quality Condition in Several Waters of Thousand Islands and Its Suitability for White Shrimp *Litopenaeus Vannamei* Culture. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1), pp.403-417. <https://doi.org/10.28930/jitkt.v8i1.13912>
- Gaol, A.S.L., Diansyah, G. dan Purwiyanto, A.I.S., 2017. Analysis of Seawater Quality in the Southern of Bangka Strait. *Maspari Journal*, 9(1), pp.9-16. <https://doi.org/10.36706/maspari.v9i1.4159>
- Giri, S. dan Qiu, Z., 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of environmental management*, 173, pp.41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.029>
- Hariyati, R. dan Putro, S., 2018. Environmental quality assessment using microalgae structures adjacent fish farming at Setoko Island, Batam City, Kepulauan Riau Province. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1025, No. 1, p. 012036). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1025/1/012036>
- Huang, F., Wang, X., Lou, L., Zhou, Z. dan Wu, J., 2010. Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques. *Water research*, 44(5), pp.1562-1572. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.11.003>
- Koklu, R., Sengorur, B. dan Topal, B., 2009. Water quality assessment using multivariate statistical methods—a case study: Melen River

- System (Turkey). *Water resources management*, 24(5), pp.959-978. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9481-7>
- Levinton, J.S. dan Levinton, J.S., 1995. *Marine biology: function, biodiversity, ecology* (Vol. 420). New York: Oxford University Press.
- Manikannan, R., Asokan, S. dan Ali, A.H.M.S., 2011. Seasonal variations of physico-chemical properties of the Great Vedaranyam Swamp, Point Calimere Wildlife Sanctuary, South-east coast of India. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(9), pp.673-681.
- Milovanovic, M., 2007. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*, 213(1-3), pp.159-173. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.06.022>
- Mustapha, A. dan Abdu, A., 2012. Application of principal component analysis & multiple regression models in surface water quality assessment. *Journal of environment and earth science*, 2(2), pp.16-23. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/download/1516/1448>
- Parinet, B., Lhote, A. dan Legube, B., 2004. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management—application to a tropical lake system. *Ecological modelling*, 178(3-4), pp.295-311. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.007>
- Payne, A.I., 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. United States.
- Qin, S., Jiang, P. dan Tseng, C., 2005. Transforming kelp into a marine bioreactor. *Trends in Biotechnology*, 23(5), pp.264-268. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2005.03.010>
- Rosady, V.P., Astuty, S. dan Prihadi, D.J., 2016. Kelimpahan dan kondisi habitat siput gonggong (*Strombus turturella*) di pesisir Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(2), pp. 34-44. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24040.26882>
- Rosdatina, Y., Apriadi, T. dan Melani, W.R., 2019. Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan Pulau Penyengat, Kepulauan Riau. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 3(2), pp.309-317. <https://doi.org/10.36813/jplb.3.2.309-317>
- Sahoo, M.M., Patra, K.C., Swain, J.B., dan Khatua, K.K., 2016. Analysis and Prediction of Water Quality Using Principal Component Analysis and Neural Network, in: *Soil and Water Engineering: Principles and Applications of Modeling*. CRC Press, p. 439.
- Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M. dan Kouimtzis, T., 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water research*, 37(17), pp.4119-4124. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1)
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D. dan Sinha, S., 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water research*, 38(18), pp.3980-3992. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
- Song, H., Wignall, P.B., Song, H., Dai, X. dan Chu, D., 2019. Seawater temperature and dissolved oxygen over the past 500 million years. *Journal of Earth Science*, 30(2), pp.236-243. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-1002-2>
- Stortini, C.H., Chabot, D. dan Shackell, N.L., 2017. Marine species in ambient low-oxygen regions subject to double jeopardy impacts of climate change. *Global change*

- biology*, 23(6), pp.2284-2296.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13534>
- Stumm, W. dan Morgan, J.J., 2012. *Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters* (Vol. 126). John Wiley & Sons.
- Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera, M., Jacob, S., Huau, M.C. dan Montrejaud-Vignoles, M., 2011. Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. *Water research*, 45(12), pp.3765-3775.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.04.029>
- Welch, E.B. dan Naczki, F., 1992. *Ecological effects of waste water: Applied limnology and pollutant effects*. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780203038499>
- Yu, Z., Robinson, S.M., Xia, J., Sun, H. dan Hu, C., 2016. Growth, bioaccumulation and fodder potentials of the seaweed *Sargassum hemiphyllum* grown in oyster and fish farms of South China. *Aquaculture*, 464, pp.459-468.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.031>