

PERMODELAN SPASIAL KUALITAS AIR SEBAGAI PARAMETER DALAM MENENTUKAN KELAYAKAN USAHA BUDIDAYA PERTAMBAKAN DI KELURAHAN MUARAREJA KOTA TEGAL

Suyono¹

Universitas Pancasakti Tegal

Abstract

Fishpond is brackish water aquaculture in the coastal areas which are vulnerable to environmental degradation. Remote sensing technology, GIS, and also determination of parametric approaches model by using a land quality test, are the appropriate alternatives to overcome the problems of fishpond aquaculture feasibility. The research purposes are to determine the feasibility of aquaculture by using a spatial modeling of water quality parameters and to identify the strategy of fishpond aquaculture development to deal with some water quality problems at Muarareja village. The research was conducted from November 2015 to January 2016. The results have shown that some physical and chemical parameters in the fishpond, especially around landfills, duck or chicken farm, and port had exceeded the limited threshold such as: ammonia, nitrate, nitrite, phosphate, total organic matter/ TOM, and some heavy metals like Plumbum/ Lead (Pb), zinc (Zn), and copper (Cu). The land feasibility range is S3 (appropriate with marginal/ almost appropriate) by the number among 253-331, the percentage is 33.33% (Stations 10 - 14, 16, 18), and NI (inappropriate at this time) with the number among 174 - 252 and the percentage is 66.67% (Station 0-9, 14, 17, 19, 20). The location which has S3 land feasibility criteria (Appropriate Marginal/ Almost Appropriate) is in the north area near by the estuary. The fishpond development at Muarareja village can be improved by some methods. They are a) implementation of polyculture pond such as fish, seaweed, and shrimp, b) implementation of biosecurity fishpond management by using closed water circulation system, c) implementation of filtering system by using mussels to reduce heavy metals, d) improvement of farmers' skills to increase aquaculture production, e) water management quality and feeding.

Keywords: *Spatial Modeling, Water Quality, Aquaculture Pond..*

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pancasakti Tegal

Abstrak

Tambak merupakan budidaya perikanan air payau di pesisir pantai yang rentan terhadap degradasi lingkungan. Teknologi penginderaan jauh dan SIG serta penentuan model pendekatan parametrik dari pengujian kualitas lahan, merupakan alternatif yang tepat dalam mengatasi permasalahan kelayakan usaha budidaya tambak. Tujuan penelitian untuk mengetahui kelayakan usaha budidaya tambak, permodelan spasial parameter kualitas air sebagai parameter dalam menentukan kelayakan usaha budidaya tambak dan untuk mengetahui strategi mengembangkan usaha-usaha budidaya tambak di dalam menghadapi permasalahan kualitas air Kelurahan Muarareja. Penelitian dilaksanakan pada bulan Nopember 2015 sampai dengan Januari 2016. Parameter fisika dan kimia di area tambak Kelurahan Muarareja Kota Tegal terutama di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA), peternakan bebek/ayam, tempat tambat labuh kapal, telah melebihi ambang batas, antara lain : amoniak, nitrat, nitrit, fosfat, bahan organik/TOM air dan tanah, logam berat Plumbum/Timbal(Pb), Seng (Zn) dan tembaga (Cu). Kesesuaian lahan di Kelurahan Muarareja Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal berkisar antara S3 (sesuai marjinal/hampir sesuai) dengan skoring antara 253-331 sebanyak 33,33% (Stasiun 10-14, 16, 18) dan N1 (tidak sesuai saat ini) dengan skoring antara 174-252 sebanyak 66,67% (Stasiun 0-9, 14, 17, 19, 20). Lokasi yang mempunyai kriteria kesesuaian lahan S3 (Sesuai Marjinal/Hampir Sesuai) berada di daerah di sebelah utara sekitar muara sungai. Pengembangan tambak di Kelurahan Muarareja Kota Tegal dapat dilakukan dengan a) penerapan budidaya polikulture antara bandeng-rumput laut dan udang, b) penerapan sistem biosecurity dalam pengelolaan tambak dengan sistem sirkulasi tertutup, c) penerapan filterisasi dengan menggunakan kerang darah maupun kerang hijau untuk mengurangi kandungan logam berat, d) menambah ketrampilan petambak dalam peningkatan produksi budidaya tambak dan e) menajamen kualitas air dan pemberian pakan.

Kata Kunci: Permodelan Spasial, Kualitas Air, Budidaya Tambak

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir Kota Tegal merupakan wilayah pesisir yang mempunyai karakteristik khusus dimana tidak ada batasan khusus yang memisahkan antara wilayah pesisir dan wilayah perkotaan. Hal ini mengakibatkan wilayah pesisir Kota Tegal mengalami tekanan oleh pembangunan kota terutama kebutuhan akan lahan untuk pemukiman, pariwisata, industri, pelabuhan, budidaya itik dan

ayam serta tempat pembuangan limbah, sehingga wilayah pesisir Kota Tegal mengalami degradasi lingkungan yang secara langsung akan mempengaruhi budidaya tambak. Kelayakan usaha budidaya tambak berdasarkan kualitas air dan tanah tambak perlu dilakukan sebagai dasar penentuan kesesuaian lahan budidaya tambak yang merupakan proses dalam pendugaan potensi sumberdaya lahan dan menilai kualitas air dan tanah. Persyaratan

yang diperlukan untuk budidaya di tambak dengan sifat karakteristik kesesuaian lahan tambak di wilayah yang diteliti, maka dapat berguna dalam pengambilan keputusan dalam pengembangan usaha budidaya tambak di Kota Tegal.

Informasi kesesuaian lahan di wilayah pesisir sangat membantu dalam hal memformulasikan berbagai kebijakan dalam perencanaan program-program pengelolaan sumberdaya lahan pantai secara optimal dan lestari. Untuk mengambil kebijakan tersebut diperlukan adanya informasi yang cepat, lengkap dan akurat. Salah satu upaya untuk memperoleh informasi tentang kesesuaian lahan untuk pengembangan budidaya tambak yang berpotensi secara ekstensif dan terpadu dapat dianalisis melalui penerapan teknologi penginderaan jauh (Citra Landsat-TM) dan penerapan sistem informasi geografi (SIG), serta penentuan model pendekatan parametrik dengan memasukan parameter penunjang (Gunawan, 1998).

Penggabungan antara kelayakan budidaya tambak dengan data spasial akan diperoleh permodelan spasial yang dapat digunakan dalam pengambilan kebijakan pengembangan tambak di Kelurahan Muarareja Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal yang merupakan sentral budidaya tambak di Kota Tegal.

METODE

Materi yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari :

1. Data Peta :
 - a. Peta Citra satelit resolusi tinggi QuickBird 61 cm perekaman tahun 2009

- b. Peta Penggunaan lahan Kota Tegal, skala 1:25.000 tahun 2013
2. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. GPS GARMIN oregon 550,
 - b. Refraktometer,
 - c. DO meter,
 - d. Thermometer,
 - e. pH meter (air)
 - f. pH meter (tanah)
 - g. Test Kit
 - h. Peralon
 - i. Botol sampel
 - j. Planktonnet (plankton)
 - k. Software Arcgis 10.1

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang analisa secara deskriptif kuantitatif berdasarkan variabel-variabel penelitian. Menurut Nazir (2003), metode survei adalah penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual. Pengamatan dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengamatan dan pengujian kriteria kualitas lahan untuk tambak konvensional yang didukung data lapangan dengan tujuan untuk mencari tingkat kesesuaiannya.

Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini, yaitu

- a. Kualitas air dengan parameter :

Suhu, salinitas, pH, total suspended solid, oksigen terlarut (DO), karbon-dioksida (CO₂), kandungan amonia, nitrit, nitrat, fosfat, logam berat dan bahan organik (BO) air.

b. Kualitas tanah dengan parameter :
 Jenis tanah, pH tanah dan bahan organik (BO) tanah

Analisa Data

Analisa Kesesuaian Lahan Budidaya Tambak

Dalam analisa kesesuaian lahan dilakukan pembobotan terhadap parameter air dan tanah berdasarkan dari faktor-faktor kepentingan pada tambak. Parameter (variabel) pendukung yang diamati adalah

sebagai berikut : tekstur tanah, oksigen terlarut (sebagai limiting factor dan directive factor), kecerahan, suhu (sebagai controlling factor), salinitas (sebagai masking factor) yang terkait dengan osmoregulasi, pH (sebagai directive factor), densitas dan diversitas fitoplankton, luas dan kedalaman tambak. Penentuan tingkat kesesuaian lahan budidaya tambak pada tiap parameter air dan tanah tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Skoring Kesesuaian Lahan Budidaya Tambak Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia Air (Soewardi, 2007)

Variabel	Jenis Budidaya			Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (N x B)
	Bandeng	Udang	Rumput Laut			
Suhu Permukaan Perairan (°C) (controlling factor)	> 35	>30	> 36	1	5	5
	34 – 35	28 - 30	34 - 36	2		10
	32 – 33	27 - 28	32 - 34	3		15
	30 – 31	26 - 27	30 - 32	4		20
	27 – 29	22 - 30	28 - 30	5		25
Salinitas (‰) (masking factor)	> 40; < 12	>30	>33	1	3	3
	35 – 40	25 – 30	25 – 30	2		6
	25 – 35	20 – 25	22 – 25	3		9
	15 – 25	12 – 20	20 – 22	4		12
	10 – 15	15 - 25	12 - 20	5		15
pH Air (directive factor)	< 4; > 9	< 4; > 9	< 4; > 9	1	4	4
	4 – 5	4 - 5	4 - 5	2		8
	5,5 – 7,5	5,5 – 7,5	5,5 – 7,5	3		12
	7,5 – 8,5	7,5 – 8,5	7,5 – 8,5	4		16
Total Suspended Solid (mg/l) (directive factor)	> 400	> 400	> 400	1	3	3
	81 – 400	81 – 400	81 – 400	2		6
	51 – 80	51 – 80	51 – 80	3		9
	25 – 50	25 – 50	25 – 50	4		12
	< 25	< 25	< 25	5		15
Oksigen Terlarut (O ₂) (ppm) (limiting factor dan directive factor)	> 10 - < 2	> 10 - < 2	< 3	1	6	6
	2 – 3	2 – 3	3 – 4	2		12

Variabel	Jenis Budidaya			Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (N x B)
	Bandeng	Udang	Rumput Laut			
	4-5 ; 8 - 10	4-5 ; 8-10	5 - 6	3		18
	5 - 6	5 - 6	4 - 5	4		24
	7 - 8	7 - 8	5 - 6	5		30
Karbon dioksida Terlarut (CO ₂) (ppm) (limiting factor)	>15	> 15	< 15	1	6	6
	9-15	7-9	10-15	2		12
	6-8	5-7	5-7	3		18
	5-7	3-5	3-5	4		24
	3-5	< 2	< 5	5		30
Amoniak (ppm) (directive factor)	> 0,3	> 0,4	> 0,7	1	5	5
	0,1 - 0,3	0,4 - 0,5	0,6 - 0,7	2		10
	> 0,2 - 0,3	> 0,3 - 0,4	0,5 - 0,6	3		15
	> 0,1 - 0,2	> 0,2 - 0,3	0,3 - 0,5	4		20
	< 0,1	< 0,2	< 0,3	5		25
Nitrat (ppm) (directive factor)	0 : > 4,5	0 : > 4,5	> 4,0	1	4	4
	0,02 - 0,30	0,02 - 0,30	3,0 - 4,0	2		8
	0,01 - 0,20	0,10 - 0,20	2,0 - 3,0	3		12
	0,3 - 0,9	0,05 - 0,10	1,0 - 2,0	4		16
	0,9 - 3,5	0,01 - 0,05	0,9 - 1,0	5		20
Nitrit (ppm) (directive factor)	> 0,5	> 0,30	> 2,0	1	4	4
	0,30 - 0,50	0,20 - 0,30	1,0 - 2,0	2		8
	0,20 - 0,30	0,10 - 0,20	0,5 - 1,0	3		12
	0,10 - 0,20	0,05 - 0,10	0,1 - 0,5	4		16
	0 - 0,10	0,01 - 0,05	< 0,1	5		20
fosfat (ppm) (directive factor)	> 0,02	> 0,5	< 0,01; > 0,2	1	5	5
	0,021 - 0,05	0,4 - 0,5	1,7 - 2,0	2		10
	0,051 - 0,1	0,3 - 0,4	1,4 - 1,6	3		15
	0,1 - 0,21	0,2 - 0,3	1,0 - 1,3	4		20
	< 0,21	< 0,2	0,02 - 1	5		25
Bahan Organik (ppm) (controlling factor)	> 70	> 55	-	1	6	6
	50 - 60	45 - 55	-	2		12
	40 - 50	35 - 45	-	3		18
	35 - 40	30 - 35	-	4		24
	< 35	< 30	-	5		30
Logam Berat Pb (mg/l) (toxic factor)	≥ 0,05	≥ 0,05	-	1	6	6
	0,03 - 0,04	0,03 - 0,04	-	2		12
	0,02 - 0,03	0,02 - 0,03	-	3		18
	0,01 - 0,02	0,01 - 0,02	-	4		24
	< 0,01	< 0,01	-	5		30

Variabel	Jenis Budidaya			Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (N x B)
	Bandeng	Udang	Rumput Laut			
Logam Berat Zn (mg/l)	$\geq 0,05$	$\geq 0,05$	-	1	6	6
(toxic factor)	0,04 – 0,05	0,04– 0,05	-	2		12
	0,03 – 0,04	0,03– 0,04	-	3		18
	0,02 – 0,03	0,02– 0,03	-	4		24
	$< 0,02$	$< 0,02$	-	5		30
Logam Berat Hg (mg/l)	$\geq 0,05$	$\geq 0,05$	-	1	6	6
(toxic factor)	0,04 – 0,05	0,04– 0,05	-	2		12
	0,03 – 0,04	0,03– 0,04	-	3		18
	0,02 – 0,03	0,02– 0,03	-	4		24
	$< 0,02$	$< 0,02$	-	5		30
Logam Berat Cu (mg/l)	$\geq 0,05$	$\geq 0,05$	-	1	6	6
(toxic factor)	0,04 – 0,05	0,04– 0,05	-	2		12
	0,03 – 0,04	0,03– 0,04	-	3		18
	0,02 – 0,03	0,02– 0,03	-	4		24
	$< 0,02$	$< 0,02$	-	5		30

Tabel 2. Skoring Kesesuaian Lahan Budidaya Tambak Berdasarkan Parameter Kualitas Tanah (Soewardi, 2007)

Variabel	Jenis Budidaya			Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (N x B)
	Bandeng	Udang	Rumput Laut			
Liat (%)	> 30	> 35	> 35	1	4	4
(directive factor)	30 – 25	34 - 35	34 - 35	2		8
	25 – 30	32 - 34	32 - 34	3		12
	20 – 25	30 – 32	30 – 32	4		16
	< 20	< 25	< 25	5		20
	Debu (%)	> 70	> 70	> 70	1	4
(directive factor)	50 – 70	50 – 70	50 – 70	2		8
	30 – 50	30 – 50	30 – 50	3		12
	20 – 30	20 – 30	20 – 30	4		16
	10 – 20	10 – 20	10 – 20	5		20
	Pasir (%)	> 80	> 80	> 80	1	4
(directive factor)	78 – 80	78 - 80	78 - 80	2		8
	74 – 78	74 - 78	74 - 78	3		12
	70 – 74	70 - 74	70 - 74	4		16
	30 – 70	30 - 70	30 - 70	5		20
	pH Tanah	$< 4; > 8,5$	$< 4; > 8$	$< 4; > 8$	1	4
(directive factor)	4 – 5	4 - 5	4 - 5	2		8
	5,5 - 6,0	5,5 - 6,0	5,5 - 6,0	3		12

	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5	4	16
	7,5 - 8,5	7,5 - 8,5	7,5 - 8,5	5	20
Bahan Organik (ppm)	> 7	> 14	-	1	6
<i>(controlling factor)</i>	5 - 7	11 - 14	-	2	12
	3 - 5	8 - 11	-	3	18
	1,6 - 3	5 - 8	-	4	24
	< 1,6	< 5	-	5	30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kualitas air fisika dan kimia, serta kualitas tanah pada tambak Kelurahan Muarareja Kota Tegal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Fisika dan Kimia Air dan Tanah pada Tambak Kelurahan Muarareja di Kota Tegal

No	Variabel	Parameter	Pustaka
Kualitas Air			
1	Suhu Permukaan Perairan ($^{\circ}\text{C}$)	29 - 33	27 - 29 Direktorat Jenderal Perikanan (1998)
2	Salinitas (‰)	3 - 27	10 - 30 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (1998)
3	pH Air	6.6 - 8.2	6,5 - 7,5 Hanggono (2004)
4	Total Suspended Solid (ppm)	174 - 297	25 - 400 Ipteknet (2005)
5	Oksigen Terlarut (DO) (ppm)	6.20 - 13.50	4 - 8 Direktorat Jenderal Perikanan (1998)
6	Karbondioksida (CO_2) (ppm)	1.62 - 21.09	5 - 15 Hanggono (2004)
7	Amoniak (NH_3) (ppm)	0.000 - 3.080	< 0,01 Ipteknet (2005)
8	Nitrat (NO_3) (ppm)	0.000 - 0.900	< 0,1 Hanggono (2004)
9	Nitrit (NO_2) (ppm)	0.002 - 0.304	< 0,1 Hanggono (2004)
10	Fosfat (PO_4) (ppm)	1.000 - 2.100	< 0,1 Hanggono (2004)
11	Bahan Organik/TOM (ppm)	19.720 - 53.910	< 20 Poernomo(1992)
12	Logam Berat		
	- Pb(mg/l)	0.110 - 0.295	$\leq 0,03$ PP No. 28 Tahun 2001
	- Zn(mg/l)	0.042 - 0.122	$\leq 0,05$ PP No. 28 Tahun 2001
	- Hg (mg/l)	-	0,001 PP No. 28 Tahun 2001
			-
	- Cu (mg/l)	0,001 - 0,003	0,005 PP No. 28 Tahun 2001
		0,006 - 0,025	0,2

No	Variabel	Parameter	Pustaka
Kualitas Tanah			
1	Pasir (%)	10.25 - 76.76	30 – 40 Ritung <i>et al</i> (2007)
2	Debu (%)	10.06 - 45.82	10 – 20 Ritung <i>et al</i> (2007)
3	Liat (%)	11.68 - 54.37	25 – 30 Ritung <i>et al</i> (2007)
4	pH Tanah	4.70 - 6.80	7,5 – 8,5 Kordi (1997)
5	Bahan Organik (%)	18.38 - 29.27	4 – 20 Poernomo (1992)

Sumber : Hasil Penelitian (2015)

Parameter di lokasi tambak Kelurahan Muarareja Kota Tegal terutama di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) adayang telah melebihi ambang batas, antara lain : amoniak, nitrat, nitrit, fosfat, bahan organik/TOM air dan tamah, logam

berat Plumbum/Timbal(Pb), Seng (Zn) dan raksa (Hg). Parameter air yang melebihi ambang batas terjadi pada lokasi tambak dekat tempat pembuangan akhir (TPA) dan dekat docking kapal.

Kesesuaian Lahan

Kriteria kesesuaian lahan tambak di Kota Tegal disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Kesesuaian Lahan Tambakdi Kelurahan Muarareja Kota Tegal

No	Kriteria	Skoring	Frekuensi	Prosen
1	S1 (Sangat sesuai)	411 - 489	0	0,00
2	S2 (Cukup sesuai)	332 - 410	0	0,00
3	S3 (Sesuai Marjinal/Hampir Sesuai)	253 - 331	7	33,33
4	N1 (Tidak sesuai saat ini)	174 - 252	14	66,67
5	N2 (Tidak sesuai untuk selamanya)	95 - 173	0	0,00
Jumlah			21	100,00

Hasil analisa kesesuaian lahan tambak di Kota Tegal yang meliputi tambak di Kelurahan Muarareja menunjukkan kategori pada S3 (Sesuai

Marjinal/Hampir Sesuai) sampai N1 (Tidak sesuai saat ini). Penilaian kesesuaian lahan tambak Kota Tegal tiap stasiun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penilaian Kesesuaian Lahan Tambak di Kota Tegal

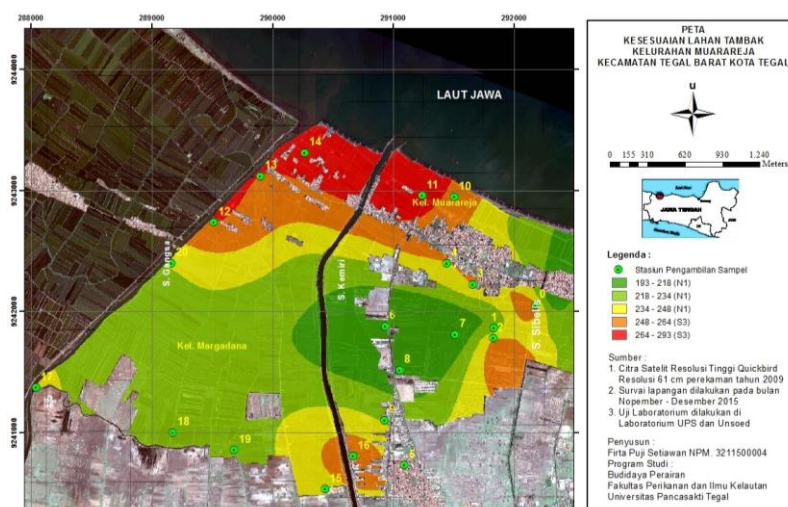
Stasiun	Kualitas Air	Kualitas Tanah	Jumlah	Kriteria
0	207	42	249	N1
1	186	38	224	N1
2	207	38	245	N1
3	212	38	250	N1
4	206	42	248	N1
5	203	38	241	N1
6	155	42	197	N1
7	159	42	201	N1
8	165	42	207	N1
9	195	38	233	N1
10	201	58	259	S3
11	213	58	271	S3
12	200	62	262	S3
13	205	58	263	S3
14	228	58	286	S3
15	204	38	242	N1
16	218	38	256	S3
17	199	38	237	N1
18	255	48	303	S3
19	189	38	227	N1
20	195	42	237	N1

Tambak yang tergolong pada kelas S3, Berdasarkan kriteria kesesuaian lahan maka mempunyai kriteria : hampir sesuai (*marginally suitable*), adalah lahan yang mempunyai pembatas-pembatas yang serius untuk mempertahankan tingkat pengelolaan yang harus dipertimbangkan pembatas-pembatas yang ada akan mengurangi produksi atau keuntungan, atau lebih meningkatkan jumlah masukan yang diperlukan dan tambak yang tergolong pada kelas N1 mempunyai kriteria : tidak sesuai saat ini (*currently not suitable*), adalah lahan yang mempunyai pembatas yang lebih serius yang masih

memungkinkan untuk diatasi, akan tetapi upaya perbaikan ini tidak dapat dilakukan dengan tingkat pengelolaan menggunakan model normal. Keadaan pembatasnya sedemikian serius sehingga mencegah penggunaannya secara berkelanjutan. Analisis data spasial tingkat kesesuaian lahan tambak Kelurahan Muarareja Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal tersaji pada Gambar 2. Tambak di Kelurahan Muarareja berdasarkan hasil analisis data spasial diperoleh bahwa sebagian besar mempunyai nilai kesesuaian lahan yang rendah berkisar antara S3 (sesuai marginal/hampir sesuai) dengan skoring

antara 253–331 sebanyak 33,33% (Stasiun 10 – 14, 16, 18) dan N1 (tidak sesuai saat ini) dengan skoring antara 174 – 252 sebanyak 66,67% (Stasiun 0–9, 14, 17, 19, 20). Lokasi yang mempunyai kriteria kesesuaian lahan S3 (Sesuai Marjinal/ Hampir Sesuai) berada di daerah di sebelah utara pada sekitar muara sungai. Hal ini disebabkan masih mudahnya pergantian air secara periodik sehingga mempengaruhi

kelayakan usaha budidaya tambak dan di daerah ini kondisi mangrove di sekitar Sungai Gangsa tumbuh dengan lebat sehingga mempengaruhi kondisi tambak, sedangkan yang tergolong pada kriteria N1 (tidak sesuai saat ini) berada pada daerah sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) dan disekitar muara Sungai Sibelis dimana digunakan nelayan sebagai tempat docking kapal dan tempat tambat labuh kapal.



Kajian Parameter Air dan Tanah

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia menunjukkan adanya beberapa parameter di lokasi tambak Kelurahan Muarareja Kota Tegal terutama di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA), peternakan bebek/ayam tempat tambat labuh kapal, telah melebihi ambang batas, antara lain : amoniak, nitrat, nitrit, fosfat, bahan organik/TOM air dan tamah, logam berat Plumbum/Timbal(Pb), Seng (Zn) dan tembaga (Cu). Perubahan parameter kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak di Kota Tegal diakibatkan karena adanya TPA, budidaya bebek serta ayam di sekitar tambak yang pencemaran lingkungan sehingga sangat mengganggu kegiatan budidaya tambak. Hal ini

mengakibatkan terjadinya kematian secara mendadak ikan yang dibudidayakan.

Tambak yang mempunyai kandungan amoniak (NH₃) terdapat di tambak sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) di Kelurahan Muarareja. Hal ini terkait tercemarnya tambak sebagai akibat keberadaan TPA yang telah mencemari tambak di sekitar TPA. Kandungan NH₃, NO₃, dan NO₂, dalam tambak di beberapa titik sampling telah melebihi ambang batas. Hal ini dipengaruhi oleh proses nitrifikasi nitrogen dalam tambak yang timbul akibat tingginya bahan organik dalam tambak. Sumber bahan organik di tambak berasal dari sisa pakan, kotoran dari kultivan yang dibudidayakan (proses eksresi), aktifitas penduduk di sekitar tambak, sampah, yang

ada akhirnya pada mempengaruhi kegiatan budidaya tambak di Kelurahan Muarareja Kota Tegal.

Kirchman (2000) menyatakan bahwa nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan organisme dan proses pembentukan protoplasma, serta merupakan salah satu unsur utama pembentukan protein. Di perairan nitrogen biasanya ditemukan dalam bentuk ammonia, ammonium, nitrit dan nitrat serta beberapa senyawa nitrogen organik lainnya. Pada umumnya nitrogen diabsorpsi oleh fitoplankton dalam bentuk nitrat (NO_3^- -N) dan ammonia (NH_3 -N). Fitoplankton lebih banyak menyerap NH_3 -N dibandingkan dengan NO_3^- -N karena lebih banyak dijumpai diperairan baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Senyawa-senyawa nitrogen ini sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air, pada saat kandungan oksigen rendah nitrogen berubah menjadi amoniak (NH_3) dan saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat (NO_3).

Senyawa nitrogen merupakan salah satu senyawa yang sangat penting dalam menunjang ekosistem perairan. Nitrat dimanfaatkan oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis. Hal ini berbeda dengan nitrit dan ammonia yang dapat bersifat racun bagi organisme dan keberadaannya (termasuk nitrat) dikendalikan oleh proses-proses fisika, kimia dan biologi perairan. Terdapat tiga bentuk nitrogen anorganik utama yang terlarut di estuaria yaitu ammonia (NH_3), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3), meskipun demikian pada bahan organik yang terlarut dan yang berbentuk partikel juga terdapat sumber nitrogen yang penting dan berguna (Kennish, 1994). Menurut Hutagalung dan Rozak (1997),

komposisi nitrogen sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen bebas dalam air. Pada saat oksigen rendah nitrogen akan bergerak menuju ammonia, sedangkan pada saat oksigen tinggi nitrogen akan bergerak menuju nitrat.

Tingginya kandungan fosfat disebabkan karena tambak di Kelurahan Muarareja dekat dengan perumahan, sehingga limbah perumahan merupakan faktor meningkatnya kandungan fosfat pada tambak. Tingginya kandungan logam berat di tambak Kelurahan Muarareja disebabkan muara sungai Sibelis dan Sungai Kemiri menjadi areal tambat labuh kapal sehingga mempengaruhi kandungan logam berat di tambak di Kelurahan Muarareja. Peningkatan bahan organik dan unsur hara pada batas-batas tertentu akan meningkatkan produktivitas organisme akuatik, namun apabila masukan tersebut melebihi kemampuan organisme akuatik untuk memanfaatkannya akan timbul permasalahan serius.

Kandungan bahan organik air dan tanah di Kelurahan Muarareja sudah melebihi ambang batas disebabkan penggunaan pakan yang berlebihan. Peningkatan konsentrasi bahan organik pada tambak udang sebagai akibat pemberian pakan buatan (pelet) merupakan hal yang sulit dihindari walaupun dengan resiko terjadinya penurunan kualitas air. Air yang masuk dalam tambak perlu dilakukan treatment terlebih dulu agar tidak menambah bahan pencemaran lingkungan tambak. Menurut Gunalan (1993), pencemaran lingkungan perairan oleh bahan organik yang umumnya berasal dari limbah industri dan domestik, dalam beberapa tahun terakhir ini terus meningkat. Pencemaran pada perairan

budidaya selain berasal dari limbah industri dan domestik juga berasal dari sisa pakan buatan (pelet) dan faeces hewan yang dibudidayakan.

Tingginya akumulasi bahan organik di tambak dapat menimbulkan beberapa dampak yang merugikan yaitu : 1). memacu pertumbuhan mikroorganisme heterotrofik dan bakteri patogen, 2). eutrofikasi, 3). terbentuknya senyawa toksik (amonia dan nitrit), dan 4). menurunnya konsentrasi oksigen terlarut. Sistem perairan tambak secara alamiah mampu melakukan proses self purification (pemurnian sendiri), namun apabila kandungan senyawa organik sudah melampaui batas kemampuan self purification, maka akumulasi bahan organik dan pembentukan senyawa-senyawa toksik di perairan tidak dapat dikendalikan, sehingga menyebabkan menurunnya kondisi kualitas air bahkan kematian udang yang dibudidayakan (Badjoeri et al, 2006). Untuk menggurangi tekanan bahan organik di tambak selain penerapan/pembuatan tandon dapat juga dilakukan budidaya polikultur dengan rumput laut, untuk mengurangi bahan organik pada tambak.

Bahan organik dalam tambak berasal dari sisa pakan yang tidak termakan, proses ekresi kultivan dan limbah domestik dari lingkungan perumahan dimana tambak itu berada. Polprasert (1989) menyatakan bahwa limbah organik adalah sisa atau buangan dari berbagai aktifitas manusia seperti rumah tangga, industri, pemukiman, peternakan, pertanian dan perikanan yang berupa bahan organik; yang biasanya tersusun oleh karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, sulfur dan mineral lainnya. Limbah organik yang masuk ke dalam

perairan dalam bentuk padatan yang terendap, koloid, tersuspensi dan terlarut. Limbah organik yang dalam bentuk padatan pada umumnya akan langsung mengendap menuju dasar perairan; sedangkan bentuk lainnya berada di badan air, baik di bagian yang aerob maupun anaerob. Dimanapun limbah organik berada, jika tidak dimanfaatkan oleh fauna perairan lain, seperti ikan, kepiting, bentos dan lainnya; maka akan segera dimanfaatkan oleh mikroba; baik mikroba aerobik (mikroba yang hidupnya memerlukan oksigen), mikroba anaerobik (mikroba yang hidupnya tidak memerlukan oksigen) dan mikroba fakultatif (mikroba yang dapat hidup pada perairan aerobik dan anaerobik). Limbah organik yang ada di badan air aerob akan dimanfaatkan dan diurai (dekomposisi) oleh mikroba aerobik.

Proses dekomposisi limbah organik di badan air bagian manapun cenderung selalu merugikan karena sebagian besar produknya (NH_3 , H_2S dan CH_4) dapat langsung mengganggu kehidupan fauna, sedang produk yang lain (nutrien) meskipun sampai pada konsentrasi tertentu menguntungkan namun jika limbah/nutrien terus bertambah (eutrofikasi) akan menjadi pencemar yang menurunkan kualitas perairan dan akhirnya mengganggu kehidupan fauna.

Timbal (Pb) merupakan salah satu pencemar yang dipermasalahakan karena bersifat sangat toksik dan tergolong sebagai bahan buangan beracun dan berbahaya. Dari hasil pengamatan kandungan logam berat diperoleh bahwa kandungan logam berat (Pb dan Zn) telah melebihi batas maksimum baku mutu yaitu 0,03 ppm (PP No. 28 Tahun 2001). Sumber kandungan Pb, Zn dan Cu di tambak di

Kelurahan Muarareja berasal dari limbah buangan sampah dan limbah buangan minyak yang ditumpahkan kapal saat tambat labuh. Akumulasi dari buangan sampah akan mengakibatkan turunnya kualitas perairan pada masa yang datang.

Wardhana (2001) menyatakan bahwa logam berat bersifat irreversible dan di perairan mengalami pengendapan, absorpsi dan terakumulasi pada biota/organism yang hidup di wilayah tersebut dan terletak pada daur pencemaran lingkungan. Apabila dimakan manusia, karena dalam indikator biologis ada Biological Magnification pelipatannya diperkirakan berkisar antara 75.000 – 150.000 kali dari konsentrasi awalnya, sehingga kandungan logam berat sangat berbahaya sebarangpun kecilnya sedapat mungkin harus dihindari.

Efektivitas penggunaan bakteri probiotik untuk mengendalikannya mikroorganismenya sangat dipengaruhi oleh jenis bakteri yang digunakan. Hal tersebut, karena kehidupan bakteri sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Populasi bakteri pada lingkungan dengan kandungan nutrisi dan fisika-kimia berbeda, secara umum akan berbeda pula. Kriteria lain yang harus dipenuhi untuk menjadikan mikroorganismenya tertentu sebagai probiotik adalah kepastian bahwa mikroorganismenya tersebut tidak patogenik dan menghasilkan senyawa yang bersifat toksik bagi hewan yang dipeliharanya. Bakteri probiotik yang diisolasi dari lingkungan budidaya tambak diharapkan memiliki keunggulan-keunggulan tertentu dibanding dengan bakteri probiotik yang diisolasi dari sumber lain. Hal ini dikarenakan bakteri yang diisolasi dari tambak dan dikembalikan ke tambak diharapkan akan lebih mudah beradaptasi dan berkembangbiak serta

melaksanakan peranannya sebagaimana mestinya (Balcazar dan Tryson, 2007).

Kajian Kesesuaian Lahan Tambak

Nilai kesesuaian lahan tambak budidaya di Kelurahan Muarareja menunjuk sebagian besar mempunyai nilai kesesuaian lahan yang rendah berkisar antara S3 (sesuai marjinal/hampir sesuai) dengan skoring antara 253 – 331 sebanyak 33,33% (Stasiun 10 – 14, 16, 18) dan N1 (tidak sesuai saat ini) dengan skoring antara 174 – 252 sebanyak 66,67% (Stasiun 0 – 9, 14, 17, 19, 20). Lokasi yang mempunyai kriteria kesesuaian lahan S3 (Sesuai Marjinal/Hampir Sesuai) berada di daerah di sebelah utara pada sekitar muara sungai. Hal ini disebabkan masih mudahnya pergantian air secara periodik sehingga mempengaruhi kelayakan usaha budidaya tambak dan di daerah ini kondisi mangrove di sekitar Sungai Gangsa tumbuh dengan lebat sehingga mempengaruhi kondisi tambak, sedangkan yang tergolong pada kriteria N1 (tidak sesuai saat ini) berada pada daerah sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) dan disekitar muara Sungai Sibelis dimana digunakan nelayan sebagai tempat docking kapal dan tempat tambat labuh kapal dan akibat pencemaran yang terjadi di tambak baik dari lingkungan tambak maupun tingginya bahan organik dalam tambak.

Tambak di Kelurahan Muarareja Kota Tegal telah terhimpit oleh kegiatan pembangunan perkotaan, terutama pada perumahan maupun industri yang dibangun dekat area tambak, sebagai akibat kebutuhan akan tanah yang semakin meningkat. Akibatnya proses budidaya tambak akan dipengaruhi oleh aktifitas kegiatan baik dari perumahan maupun

industri. Tindakan manusia dalam pemenuhan kegiatan sehari-hari, secara tidak sengaja telah menambah jumlah bahan anorganik pada perairan dan mencemari air, misalnya : pembuangan detergen ke perairan dapat berakibat buruk terhadap organisme yang ada di perairan. Pemupukan tanah persawahan atau ladang dengan pupuk buatan, kemudian masuk ke perairan akan menyebabkan pertumbuhan tumbuhan air yang tidak terkendali yang disebut eutrofikasi atau blooming. Kualitas perairan sangat menentukan kelimpahan biota perairan dan setiap perubahan kualitas air akan berpengaruh terhadap keberadaan biota yang hidup didalamnya. Biota yang tidak toleran akan menghindar atau bahkan mati dari kondisi kualitas air yang tidak sesuai, sedangkan yang toleran akan berkembang dengan baik yang dikenal sebagai bioindikator.

Kawasan pesisir mempunyai peran strategis karena merupakan wilayah peralihan (interface) antara ekosistem darat dan laut, serta mempunyai potensi sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan yang sangat kaya (Bengen, 2001). Kekayaan ekosistem pesisir meliputi terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove, serta sumberdaya alam lain baik hayati maupun non hayati, seperti bahan tambang, mineral, pasir dan lain-lain. Begitu besarnya potensi yang terkandung di wilayah pesisir, mendorong berbagai usaha untuk pemanfaatannya. Sehingga di beberapa wilayah pesisir sudah muncul fenomena pemanfaatan yang bersifat sektoral, eksploitatif dan melampaui daya dukung lingkungannya. Dampak pemanfaatan yang eksploitatif ditandai dengan adanya kerusakan fisik lingkungan pesisir yang semakin meningkat. Erosi dan

pencemaran di wilayah pesisir 85% bersumber dari aktivitas daratan terutama di daerah estuari, serta pemanfaatan sumberdaya pesisir, seperti ikan, terumbu karang, padang lamun, mangrove dan pasir pantai. Pemanfaatan secara berlebihan akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang berdampak terhadap kelestarian ekosistem pesisir (Bengen, 2001)

Analisa keberkelanjutan (sustainability analysis) lahan dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai pengelolaan tambak agar produksi udang dapat dipertahankan dan dapat memberikan manfaat secara sosial dan ekonomi. Alih fungsi lahan dari tambak menjadi perumahan penduduk menambah volume air rob, dimana sebelum adanya perumahan air rob akan tertampung dalam tambak. Dengan berkurangnya areal tambak maka aliran air rob yang dulunya masuk dalam tambak akan mencari areal yang lebih rendah. Air pasang atau dikenal dengan rob, telah mempengaruhi kehidupan masyarakat. Dengan adanya rob, maka dilakukan penggurunan tanah agar menjadi lebih tinggi. Hal ini banyak dilakukan karena dianggap usaha yang efektif, namun pada intinya penggurunan/peninggian tanah bukan merupakan solusi penanganan rob di masa yang akan datang. Penggurunan tanah/peninggian tanah pada dasarnya hanya memindahkan massa air. Jika ada lokasi yang lebih tinggi lagi maka lokasi yang pertama kali ditinggikan akan tergenang air kembali.

Rencana pemanfaatan wilayah pantai adalah arahan bagi pemanfaatan ruang kawasan pantai ditinjau dari bentuk ruang, peruntukan ruang dan besarnya ruang dalam kawasan untuk setiap zona,

sedangkan pemanfaatan adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan lahan eksisting dengan pengertian sejauh tidak menyimpang dari dasar pengembangan struktur kegiatannya maka lahan eksisting ini tetap dipertahankan dengan pengaturan penataan lebih lanjut yang pada prinsipnya meningkatkan daya manfaat lahan secara optimal.
2. Potensi daya dukung lahan terutama untuk lahan-lahan kosong yang belum dimanfaatkan dikembangkan se-optimal mungkin untuk tata guna lahan baru yang lebih produktif.

Terdapat juga pemanfaatan lahan yang tidak terbangun bagi keperluan fungsi ekologi dan ekosistem kawasan, yaitu pada lahan-lahan resapan air/pertambakan, sepadan sungai, dan sepadan pantai. Konsep pemanfaatan lahan ini dalam pelaksanaan dan penerapannya tidak sesuai dengan peruntukan, karena berbagai kepentingan yang akhirnya mengubah terjadinya alih fungsi lahan dari peruntukan semula. Wilayah pesisir Kota Tegal merupakan wilayah dekat dengan daerah perkotaan sehingga secara pembagian wilayah sangat sulit membedakan mana wilayah pesisir dan mana wilayah kota. Hal ini mengakibatkan timbulnya permasalahan terutama bagi keberlangsungan kegiatan budidaya tambak, yang secara langsung bersinggungan dengan aktifitas masyarakat terutama kebutuhan akan lahan perumahan dan industri.

Hasil analisis kesesuaian lahan tambak di Kota Tegal, menunjukkan untuk meningkatkan produktifitas tambak akibat permasalahan-permasalahan yang terjadi di wilayah pertambakan Kota Tegal diperlukan strategi pengelolaan tambak

berupa pengelolaan tambak sistem tertutup, penerapan pengelolaan tambak dengan sistem biofilter rumput laut dan polikultur bandeng-udang vannamei serta penerapan pengelolaan tambak dengan sistem biosecurity guna mengurangi masukan air tambak dari luar.

Area pertambakan merupakan suatu ekosistem yang terkait dengan aktifitas proses produksi. Tingkat keseimbangan lingkungan yang tidak mengabaikan elemen - elemen dalam suatu dinamika lingkungan, yaitu keseimbangan antara proses biologis mikro-anaerobik dan aerobik serta piramida lingkungan yang membentuk tingkatan yang seimbang dan tidak memberikan suatu dominasi tertentu, yang dapat mengakibatkan berkurangnya nilai produktifitas, yaitu ukuran dan berat udang semakin kecil dan rendah ataupun kebutuhan pakan relatif lebih banyak. Disamping itu akan memberikan indikasi lain berupa bergesernya lingkaran penyakit yang mendesak lingkaran lingkungan ke arah bawah pada tingkat yang kritis dapat memberikan dampak yang negatif terhadap kelangsungan hidup kultivan yang dibudidayakan.

Budidaya tambak sistem tertutup adalah penggunaan kembali air pembuangan dari hasil limbah/kotoran pemeliharaan kultivan yang dibudidayakan, yaitu melalui proses filtrasi pada petak petak tandon. Filtrasi air dapat dilakukan dengan proses secara fisika, kimia dan biologis pada setiap tahapan tandon air. Penerapan pengelolaan tambak sistem tertutup dibutuhkan luasan tambak yang cukup untuk membuat kolam tandon, sehingga penerapan pengelolaan tambak sistem tertutup sulit dilakukan karena tambak di Kota Tegal luasannya terbatas

dan dimiliki oleh perseorangan yang bermodal kecil.

PENUTUP

Simpulan

1. Parameter fisika dan kimia di area tambak Kelurahan Muarareja Kota Tegal terutama di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA), peternakan bebek/ayam tempat tambak labuh kapal, telah melebihi ambang batas, antara lain : amoniak, nitrat, nitrit, fosfat, bahan organik/TOM air dan tamah, logam berat Plumbum/Timbal(Pb), Seng (Zn) dan Raksa (Hg)
2. Kesesuaian lahan di Kelurahan Muarareja Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal berkisar antara S3 (sesuai marjinal/hampir sesuai) dengan skoring antara 253 – 331 sebanyak 33,33% (Stasiun 10 – 14, 16, 18) dan N1 (tidak sesuai saat ini) dengan skoring antara 174 – 252 sebanyak 66,67% (Stasiun 0 – 9, 14, 17, 19, 20). Lokasi yang mempunyai kriteria kesesuaian lahan S3 (Sesuai Marjinal/Hampir Sesuai) berada di daerah di sebelah utara pada sekitar muara sungai.
3. Pengembangan tambak di Kelurahan Muarareja Kota Tegal dapat dilakukan dengan a) penerapan budidaya polikulture antara bandeng-rumput laut dan udang, b) penerapan sistem biosecurity dalam pengelolaan tambak dengan sistem sirkulasi tertutup, c) penerapan filterisasi dengan menggunakan kerang darah maupun kerang hijau untuk mengurangi kandungan logam berat, d) menambah ketrampilan petambak dalam peningkatan produksi budidaya tambak dan e) menajamen kualitas air dan pemberian pakan.

Saran

1. Strategi pengelolaan tambak berupa pengelolaan tambak sistem tertutup, penerapan pengelolaan tambak dengan sistem biofilter rumput laut dan polikultur bandeng-udang vannamei serta penerapan pengelolaan tambak dengan sistem biosecurity guna mengurangi masukan air tambak dari luar dan
2. Penanggulangan penurunan parameter kualitas air di tambak muarareja digunakan filter berupa rumput laut, kerang darah maupun kerang hijau untuk mengurangi kandungan logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afianto, E dan E. Liviawaty. 1994. Teknik Pembuatan Tambak Udang. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Ahn TA, C Kroeze, SR Bush, and APJ Mol. 2010. Water Pollution by Intensive Brackish Shrimp Farming in South-East Vietnam: Causes and Option for Control. *Journal Agriculture Water Management* 97: 872-882.
- Arifin, Z, D. Adiwidjaya, U. Komarudin, A. Nur, A. Susanto, A. Taslihan, K. Ariawan, M. Mardjono, E. Sutikno, Supito, dan M.S. Latief. 2007. Penerapan Best Management Practices (BMP) pada Budidaya Udang Windu (*Penaeus monodon* Fabricius) Intensif. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai

- Besar Pengembangan Budidaya Air Payau, Jepara.
- Aronoff, S. 1989. Geographic Information Systems: A Management Perspective. WDL Publications. Ottawa, Canada.
- Badjoeri. M., G. S. Haryani, T. Widiyanto, W. Riyanto, I. Rusmana, N. H. Sadl dan V. Indarwati. 2006. Pemanfaatan Bakteri Nitrifikasi dan Denifikasi untuk Bioremediasi Senyawa Metabolit Toksik di Tambak Udang. Laporan Tahunan. Program Penelitian dan Pengembangan Iptek - Riset Kompetitif LIPI. DIPA Biro Perencanaan dan Keuangan LIPI dan Puslit Biologi LIPI, Bogor.
- Baliao, D.D. dan S. Tookwinas. 2002. Manajemen Budidaya Udang yang Baik dan Ramah Lingkungan di Daerah Mangrove. Petunjuk Pelaksanaan Penyuluhan Akuakultur No. 35. November 2002. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Bengen, D.G.2002. Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir serta Pengelolaannya Secara Terpadu dan Berkelanjutan. Prosiding, Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. Pusat kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor. 66 hal.
- Boyd, C. E. 1991. Water Quality Management Pond Fish Culture-Pengelolaan Kualitas Air di Kolam Ikan (Diterjemahkan oleh Cholik, K. Artati, dan R. Arifudin) Direktorat Jenderal Perikanan, Jakarta.
- Boyd, C.E., 1999. Management of Shrimp Ponds to Reduce the Eutrophication Potential of Effluents, The Advocate, December 1999: 12-13.
- Cahyaningrum, W, Widiatmaka, dan K. Soewardi. 2014. Arahan Spasial Pengembangan Mina Padi Berbasis Kesesuaian Lahan Dan Analisis A'WOT di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Majalah Ilmiah Globe, Volume 16 (1) : 77-88
- Cholik, F., Artati, dan Arifudin. 1991. Water Quality Management Pond Fish Culture/Pengelolaan Kualitas Air Kolam Ikan. Direktorat Jenderal Perikanan Bekerja sama dengan International Development Research Centre. INFIS Manual Seri No. 16. Jakarta.
- Dahuri, R. 1996. Aplikasi Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Perencanaan dan Pengelolaan Tata Ruang Wilayah Pesisir. dalam: Prosiding Pelatihan Perencanaan Pengelolaan Wilayah pesisir Secara Terpadu Angk VI. PKSPL-LP IPB. Bogor, Hal 1-21.
- Dahuri, R., 1998. Pengaruh Pencemaran Limbah Industri Terhadap Potensi Sumberdaya Laut. Makalah pada Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah Industri dan Pencemaran Laut. BPPT, Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu, 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 328

- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia (UI) Press. Jakarta
- Departemen Pertanian. 1997. Pengelolaan Kualitas Air Tambak Udang. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Ungaran.
- Dinas Perikanan Propinsi. 1997. Pengelolaan Air pada Budidaya Udang. Bagian Proyek P2RT Bimbingan Perikanan. Pemerintah Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah, Semarang.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation, FOA Soil Bull. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division. FAO Soil Bulletin No. 52. FAO-UNO, Rome
- Fauzi, A. 2004. Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Teori dan Aplikasi. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Fauzi, Y, B. Susilo dan Z.M. Mayasari. 2009. Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Forum Geografi, 23(2) : 101 - 111
- GIS Konsorsium Aceh Nias. 2007. Modul ArcGIS Tingkat Dasar. Staf Pemerintahan Kota Banda Aceh, Banda Aceh.
- Gunalan, D. E. A. 1993. Penerapan Bioremediasi untuk Melenyapkan Polutan Organik dari Lingkungan. Makalah Diskusi Panel. Kongres Nasional Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia, Surabaya 2-4 Desember 1993. Univ. Erlangga.
- Gunawan, I. 1998. Typical Geographic Information System (GIS) Application For Coastal Resources Management Indonesia. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia
- Hardjowigeno, S dan Widiatmaka. 2001. Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia. 292 hal.
- Hartoko, A. 2002. Aplikasi Teknologi Inderaja untuk Pemetaan Sumberdaya Hayati Laut Tropis Indonesia. Suatu Pengembangan Pemetaan Dinamis dan Terpadu Parameter Ekosistem Ikan Pelagis Besar di Perairan Dalam. Universitas Diponegoro. Semarang
- Hartoto, D. I. dan Sulastris. 2002. Limnologi Danau Ranau. Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor
- Helfinalis. 2008. Padatan Tersuspensi Total di Perairan Pulau Kabaena, Muna dan Buton. Jurnal Ilmu Kelautan. Juni 2008. Vol. 13 (2) : 79 - 84. ISSN 0853 - 7291
- Hermawan, A. 2004. Kiat Praktis Menulis Skripsi, Tesis, Disertasi untuk Konsentrasi Pemasaran. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Hidayat, W, E. Rustiadi dan H. Kartodihardjo. 2015. Dampak Pertambangan Terhadap Perubahan

- Penggunaan Laban dan Kesesuaian Peruntukan Ruang (Studi Kasus Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan). *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 26 (2) : 130-146.
- Hutagalung, H.P. dan Rozak. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. P3O-LIPI, Jakarta.
- Jamulya dan Sunarto. 1996. Kemampuan Lahan. dalam : *Pelatihan Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Angkatan VI. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, Indonesia. 30 hal
- Jensen, J. R. 1986. *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall
- Johnsen, R.I, O. Grahl-Nielson dan B.T. Lunestad, 1993. *Environmental Distribution on Organic Waste from Marine Fish Farm*. *Aquaculture*, 118: 219-224.
- Kartasasmita, M. 2001. *Prospek dan Peluang Industri Penginderaan Jauh di Indonesia*. Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan Indonesia (LISPI). Jakarta. 100 hal
- Kementerian Kelautan Perikanan. 2012. *Pengembangan Usaha Mina Pedesaan Kelautan dan Perikanan*. <http://pumpkpp.wordpress.com/tentang-pump/>
- Kennish, M.J. 1994. *Practical Handbook of Marine Science*. Second Edition. CRC Press. Inc. Boca Raton
- Kirchman, D.L. 2000. *Microbial Ecology of The Oceans*. Wiley-Liss. A John & Sons, Inc. New York.
- Kordi, G dan B. A Tanjung. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perikanan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta
- Kungvankij, P., J. R. Pudadera., B.J. Tiro and I.O. Potestas. 1986. *Biology and Culture of Sea Bass (Lates calcarifer)*. SEAFDEC Aquaculture Department.
- Lang, L. 1998. *Natural Resources with GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. California, United States of America. 117 pp.
- McDonald, M.E. Tikkanen, C.A. Axler, R.P. Larsen, C.P and G. Host, 1996. *Fish simulation culture model (FIS-C): A Bioenergetics Based Model for Aquacultural Wasteload Application*. *Aquaculture Engineering*, 15 (4):243 -259.
- Mintardjo, K, A. Sunaryanto, Utaminingsih, dan Hermiyaningsih. 1984. *Persyaratan Tanah dan Airdalam Pedoman Budidaya Tambak*. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian. Jakarta
- Nautilus Consultants, 2000. *Planning for Coastal Aquaculture Development, A Training Course Handbook*. www.nautilus-consultants.co.uk, Oktober 2000.
- Nazir, M. 2003. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Penerjemah. H. Muhammad Eidman, PT.Gramedia. Jakarta.
- Nurwadjadi. 1996. *Penggunaan SIG untuk Pengelolaan Database Wilayah Pesisir*. dalam : *Prosiding Pelatihan Perencanaan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu*. Angkatan 7. PKSPL-LP, IPB,

- Ditjen Bangda-Depdagri. Bogor, Indonesia. Hal.1-39.
- Pantjara, B., S. Tahe, A. Mustafa, dan E.A. Hendradjat. 2003. Budidaya berbagai komoditas Bandeng (*Chanos-chanos*) Nila merah (*Oreochromis niloticus*), dan rumput laut (*Gracilariaria verrucosa*) di tanah tambak sulfat masam. Laporan hasil penelitian Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, Maros.
- Paryono, P. 1994. Sistem Informasi Geografis. Andi Offset. Yogyakarta, Indonesia. 87 hal.
- Prahasta, E. 2009. Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika). Penerbit Informatika, Bandung
- Prasita, V.D, B. Widigdo, S. Hardjowigeno, dan S. Budiharsono. 2008. Kajian Daya Dukung Lingkungan Kawasan Pertambakan di Pantura Kabupaten Gresik Jawa Timur. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia. 15 (2) : 95-102
- Purnomo, A. 1992. Pemilihan Lokasi Tambak Udang Berwawasan Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian RI. 40 hal.
- Quano, 1993. Training Manual on Assesment of the quantity and Type of Land Based Pollutant Discharge Into the Marine and Coastal Enviromental UNEF. Bangkok
- Rangkuti, F. 2000. Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis. Gramedia, Jakarta
- Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Prariono T, Supriyono E, editor. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Scottish Executive (SE), 2002. Review and Synthesis of the Enviromental Impacts of Aquaculture. Scottish Executive Central Research Unit. Edinburgh. 71p. www.scotland.gov.uk/cru/kd01/green/reis-10.asp[21 Februari 2003].
- Sindoro, A. (trans), David, F.R. 2002. Konsep Manajemen Strategis. Edisi Ke-7. PT Frenhallindo. Jakarta
- Sitorus, SRP. 1985. Evaluasi Sumberdaya Lahan. Penerbit Tasito, Bandung
- Soewardi, K., 2007. Pengelolaan Budidaya tambak Berkelanjutan. PS-SPL, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumeru, SU dan S. Anna. 1992. Pakan Udang Windu (*Penaeus monodon*). Kanisius. Yogyakarta
- Supranto, J. 1983. Linear Programming. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Unversitas Indonesia, Indonesia. 350 hal.
- Suyanto, R dan Mujiman. 2004. Budidaya Udang Windu. Penebar Swadaya. Jakarta
- Suryadi, K dan M.A. Ramdhani. 2000. Sistem Pendukung Keputusan. PT Remaja Rosdakarya. Bandung, Indonesia. 195 hal.
- Tahir, A., D.G. Bengen, S.B. Susilo. 2002. Analisis Kesesuaian Lahan Dan Kebijakan Pemanfaatan Ruang Kawasan Pesisir Teluk Balikpapan. Jurnal Pesisir & Lautan. 4 (3) : 1-16.

- Turner, G.E., 1988. Codes of marine and manual of procedures for consideration on introductions and transfer of marine and freshwater organisms, EIFA/CECPI, Occasional Paper No.23,44p
- United National Environment Programme (UNEP), 1993. Training Manual on Assessment of the Quantity and Type of Land-Based Pollution Discharges Into the Marine and Coastal Environment. RUC/EAS Technical Reports Series No.1.
- Wardhana, W.A. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. 3'd Edition. Academic Press, San Diego, CA.
- Widiatmaka, Amini, dan K. Gandasasmita. 2014. Kesesuaian Lahan dan Perairan, Kelayakan Usaha dan SWOT Untuk Penyusunan Strategi Pemanfaatan Sumberdaya Untuk Budidaya di Kawasan Pesisir Kabupaten Bangka Barat. Prosiding Seminar Nasional Pengarusutamaan Lingkungan dalam Pengelolaan Sumberdaya Alam: Tantangan dalam Pembangunan Nasional Bogor, 6 November 2014 hal. 93 – 107.