

**KAJIAN KUALITAS AIR DALAM MENILAI  
KESESUAIAN BUDIDAYA BANDENG (*Chanos chanos* Forsk)  
DI SEKITAR PT KAYU LAPIS INDONESIA KENDAL**

*Annisa Fitriani Sustianti, Agung Suryanto<sup>1</sup>, Suryanti*

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

**ABSTRAK**

Banyak industri atau suatu pusat kegiatan kerja yang membuang limbahnya ke lingkungan melalui sungai, danau atau langsung ke laut menjadi penyebab utama terjadinya pencemaran air, salah satunya kasus hubungan antara keberadaan industri dan lingkungan adalah kegiatan PT Kayu Lapis Indonesia (KLI) di Kendal. Limbah yang dibuang keluar lingkungan (sungai dan laut) akan mempengaruhi air masuk ke dalam tambak-tambak di sekitarnya khususnya untuk biota yang hidup di dalamnya (bandeng). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian kualitas air untuk tambak budidaya bandeng, dan mengetahui bagaimana cara agar budidaya bandeng dapat menguntungkan ditinjau dari kesesuaian kualitas air pada tambak di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia Kendal. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan (Maret, April dan Mei 2013). Pengambilan sampel dilakukan satu bulan dua kali, yaitu pada saat pasang dan surut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling* dan untuk pengambilan data menggunakan metode survey lapangan yang diperkuat dengan metode komparatif. Pengambilan sampel air dilakukan di ekosistem tambak yang diambil berdasarkan jarak dengan jumlah 2 lokasi. Variabel diukur secara *in situ* dan analisa laboratorium. Analisis data menggunakan *scoring* untuk digunakan dalam penilaian atau penentuan tingkat kesesuaian perairan untuk budidaya ikan bandeng. Selanjutnya, konsep penilaian potensi perairan menggunakan metode *matching* untuk membandingkan antara karakteristik lingkungan fisika dan kimia perairan suatu lokasi dengan kriteria kesesuaian yang diinginkan untuk budidaya ikan bandeng. Hasil penelitian tingkat kesesuaian penataan kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak bandeng di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia Kendal, menunjukkan kondisi kualitas air di kawasan pertambakan berada dalam dua kategori, yaitu kategori cukup sesuai (S2) dan sangat sesuai (S1). Dengan melihat kondisi tersebut, diperlukan penyumbat pergantian air. Persyaratan inilah yang digunakan untuk mengetahui bahwa tambak budidaya bandeng di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia bermanfaat untuk petani tambak dan masyarakat sekitar.

Kata kunci : Kualitas air, kesesuaian kualitas air, perairan tambak sekitar PT Kayu Lapis Indonesia

**ABSTRACT**

Many industries or work activities centre disposes their waste into the environment through the river, lake or straight to the ocean becoming major cause of water pollution. One of the case that related with industrial existence and the environment was the activity of PT Kayu Lapis Indonesia in Kendal. The industrial waste disposed on the environment (river and sea) will influence the inlet that filled nearby fishponds especially the biota (milkfish) which lives in it. The purpose of this research is to acknowledge the level of water quality compatibility for milkfish cultivation, and knowing how to make the milkfish compatibility on the fishpond around PT Kayu Lapis Indonesia, Kendal. This research was held for 3 month (March, April and May 2013). Samples were gathered twice a month during high tide and low tide. The method used in this research was purposive sampling and for data collection was the field survey method that supported with comparative method. Collection of water sample are conducted in the fishpond ecosystem based on the distance between two locations. The variable are measured with 'insitu' and laboratorium analysis. Data analysis are using the 'scoring' method to value or determined the level of water compatibility in milkfish cultivation. The next steps are the value of water compatibility concept using matching method to compare between the characteristics of physical and chemical environment on the location with compatibility criteria desired for milkfish cultivation.

The compatibility level results of the water quality for milkfish cultivation on activity around PT Kayu Lapis Indonesia in Kendal shows that the water quality of fishpond areas are in to two categories, which is suitable enough (S2) and very suitable (S1) category. These requirements will be used to acknowledge that milkfish cultivation fishponds around PT Kayu Lapis Indonesia and will be beneficial to fish farmers and surrounding society.

Keywords : Water quality, water quality suitability, Fishponds around PT Kayu Lapis Indonesia

## A. Pendahuluan

Pada era reformasi dewasa ini, pola pikir masyarakat semakin kritis terutama terhadap fenomena-fenomena penyimpangan dalam setiap aktivitas yang dilakukan oleh pemerintah maupun kelembagaan swasta. Banyaknya kasus-kasus lingkungan atau gugatan masyarakat terhadap terjadinya kerusakan lingkungan yang muncul belakangan ini, salah satunya hubungan keberadaan industri dan lingkungan, yaitu kegiatan PT Kayu Lapis Indonesia (KLI) di Kendal. Meskipun memiliki dampak positif yang besar bagi bangsa dan negara namun pembangunan proyek industri sering kali menyebabkan kasus-kasus pencemaran yang merusak lingkungan. Banyak proyek-proyek pembangunan industri maupun kegiatan produksi yang ada didalamnya tidak memenuhi dan mentaati kaidah lingkungan hidup, sehingga lingkungan sekitar industri mengalami pencemaran tanah, air dan udara (Sriyanto, 2007).

PT Kayu Lapis Indonesia (KLI) adalah salah satu perusahaan penebangan dan pemrosesan kayu terbesar di Indonesia. Pabrik yang terletak di kawasan pesisir Kendal ini telah banyak memberikan perubahan terhadap ekosistem sekitar. Menurut warga sekitar, beberapa perubahan yang terjadi antara lain ditandai dengan pembelokan sungai, abrasi pantai dan hilangnya tambak sekitar ekosistem. Hilangnya tambak budidaya menyebabkan penurunan pendapatan pada masyarakat perikanan budidaya.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu diadakan penelitian untuk mengetahui tingkat kesesuaian kualitas perairan pada ekosistem tambak yang ada di sekitar PT KLI untuk dijadikan budidaya bandeng. Pentingnya informasi mengenai tingkat kesesuaian kualitas perairan pada ekosistem tambak di sekitar setelah adanya kegiatan industri oleh PT KLI dapat digunakan sebagai pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu dan dapat dikelola supaya menguntungkan bagi petani tambak dan masyarakat sekitar. Salah satu cara untuk mengetahui tingkat kesesuaian kualitas perairan untuk budidaya bandeng adalah dengan melakukan penilaian terhadap kondisi kualitas air tambak tersebut.

Keberhasilan usaha tambak budidaya bandeng sangat ditentukan oleh adanya pemilihan lokasi yang tepat. Aspek yang perlu diperhatikan salah satunya adalah aspek perairan, yang selanjutnya akan dibahas lebih lanjut dalam tulisan ini. Suatu lahan tambak layak digunakan jika menggunakan syarat-syarat tertentu. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi kualitas air tambak yang dikaitkan dengan keberadaan PT Kayu Lapis Indonesia.
2. Mengetahui tingkat kesesuaian kualitas air untuk tambak budidaya bandeng di sekitar PT Kayu Lapis Kendal.
3. Mengetahui bagaimana cara mengelola kualitas air agar tambak budidaya bandeng dapat menguntungkan.

## B. Materi dan Metode Penelitian

### 1. Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat dan bahan penelitian. Alat-alat yang digunakan selama penelitian ini meliputi *secchi disk* dan tongkat skala yang digunakan untuk mengukur kecerahan dan kedalaman perairan. Thermometer air raksa digunakan untuk mengukur suhu air dan udara. pH paper digunakan untuk mengukur pH air. Refraktometer digunakan untuk mengukur salinitas perairan. DO meter digunakan untuk mengukur oksigen terlarut dalam air. Botol sampel 600 ml digunakan untuk menyimpan sampel uji parameter kimia (nitrat, fosfat dan ammonia). *Cool box* digunakan untuk menyimpan botol sampel air agar tidak terkena sinar matahari langsung. *Hach* spektrofotometer digunakan untuk mengukur nitrat, fosfat dan ammonia. Corong digunakan untuk membantu memasukkan air hasil saringan ke dalam botol. Tabung reaksi digunakan untuk tempat sampel yang akan diukur pada spektrofotometer. Pipet ukur 100 ml digunakan untuk mengambil sampel air dalam botol. Kamera digunakan untuk dokumentasi penelitian. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari es batu yang digunakan sebagai pengawet sampel air di dalam *cool box*. Kertas saring Whatman digunakan untuk menyaring sampel nitrat, fosfat dan ammonia. Reagen *nitra ver 5* digunakan untuk analisa nitrat. Reagen *phos ver 3* digunakan untuk analisa fosfat. Akuades sebagai kalibrasi. air sampel digunakan untuk analisa nitrat, fosfat, dan ammonia. Larutan fenol digunakan untuk analisa ammonia. Natrium nitroprusid digunakan untuk analisa ammonia. Larutan pengoksidasi digunakan untuk analisa ammonia. Parafin film digunakan untuk menutup tabung reaksi dalam menganalisa ammonia.

### 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey lapangan dan metode komparatif. Metode survey merupakan salah satu metode penelitian dengan mengumpulkan data yang berasal dari sampel yang akan menghasilkan hubungan-hubungan yang relativ. Metode ini digunakan untuk menghasilkan data primer yang akan digabungkan dengan data sekunder yang berasal dari baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah mengenai kesesuaian budidaya ikan bandeng. Data primer dan data sekunder diperkuat dengan metode komparatif. Metode komparatif adalah metode penelitian yang menggunakan perbandingan sebagai proses untuk menghasilkan data (Yulius, 2006).

### Penentuan lokasi sampling

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive* sampling. Menurut Usman (2008) *purposive* sampling merupakan metode pengambilan sampel yang dipilih secara khusus berdasarkan tujuan penelitiannya. Lokasi sampling ditentukan setelah dilakukan survey lokasi. Lokasi sampling ditentukan berdasarkan pengambilan sampel terdekat dan jauh dari kegiatan PT Kayu Lapis Indonesia. Kemudian ditetapkan 2 lokasi, 3 tambak yang keberadaannya di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia, Kendal dan 3 tambak jauh dari kegiatan PT Kayu Lapis Indonesia yang keberadaannya di sekitar Mangkang. Tambak yang berada di Kendal berjarak sekitar 200 meter dari PT Kayu Lapis Indonesia, sedangkan tambak Mangkang berjarak sekitar 10 km dari PT Kayu Lapis Indonesia. Lokasi sampling pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 1. Lokasi Penelitian Secara Keseluruhan dengan Ketinggian 10.769 kaki (Google earth, 2013)

### Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada saat pasang dan surut di dua lokasi yaitu dekat dengan PT Kayu Lapis Kendal dan jauh dari PT Kayu Lapis Kendal. Kemudian pada tiap lokasi ditentukan tiga tambak sebagai pengulangan. Dengan cara ini diharapkan dapat memberi kesempatan yang sama pada setiap populasi untuk dijadikan sampel. Pada lokasi yang telah ditentukan, dilakukan pengukuran beberapa parameter fisika (kecerahan, kedalaman, suhu,). Parameter kimia yang diukur secara insitu adalah DO, salinitas dan pH, sedangkan pengukuran nitrat, fosfat, dan dilakukan di laboratorium.

### Analisa Data

Data yang diperoleh selama penelitian berlangsung, selanjutnya diolah dan kemudian dianalisa untuk mendapatkan gambaran yang mewakili hasil dari penelitian yang dilakukan. Analisa data penting dilakukan, karena hasil akhir yang diperoleh dari suatu penelitian dapat diketahui dengan melakukan dan melihat analisa data.

Data primer berupa karakteristik lingkungan fisika dan kimia perairan yang diperoleh dari lapangan, selanjutnya dianalisa secara tematik. Setiap variabel hasil pengamatan di lapangan dilakukan *scoring* yaitu penerapan indeks terbobot dimana variabel tertentu dianggap dapat memberikan pengaruh lebih kuat diberi bobot lebih tinggi, pada parameter yang lebih lemah pengaruhnya diberi bobot lebih kecil terhadap kesesuaian kualitas air untuk digunakan dalam penilaian atau penentuan tingkat kesesuaian perairan budidaya ikan bandeng. Konsep penilaian potensi perairan dilanjutkan menggunakan metode *matching*, yaitu membandingkan antara karakteristik lingkungan fisika dan kimia perairan suatu lokasi dengan kriteria kesesuaian yang diinginkan untuk budidaya ikan bandeng. Skema penilaian kriteria kesesuaian perairan pada penelitian ini berdasarkan kriteria Gerking (1978).

Hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan maupun di laboratorium berupa parameter kualitas air yang dibandingkan dengan standar acuan literatur aspek lingkungan, yang nantinya dapat diketahui apakah kualitas air dan kualitas tanahnya sangat sesuai, sesuai, kurang sesuai atau bahkan tidak sesuai bagi kegiatan budidaya tambak. Untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya maka dilakukan skoring penilaian lokasi untuk budidaya tambak. Data yang telah ada selanjutnya akan dianalisa secara kualitatif dan kuantitatif, untuk kemudian dijelaskan secara deskriptif yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Skoring dan Pembobotan Kesesuaian Air Untuk Budidaya Tambak Bandeng

No.	Parameter	Kisaran	Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (NxB)	Referensi
1.	Kecerahan (cm)	20 – 40	5	1	5	Menurut Hardjowigeno dan Widiatmaka (2001)
		25 – 35	4		4	
		30	3		3	
		>40	2		2	
		<20	1		1	
2.	Kedalaman (cm)	80 – 120	5	2	10	Menurut Ghufron dan Kordi (2007)
		70 – 80	4		8	
		30 – 70	3		6	
		>120	2		4	
		<30	1		2	
3.	Suhu (°C)	29	5	7	35	Menurut Syahid, <i>et al.</i> , (2006)
		28 – 30	4		28	
		27 – 31	3		21	
		26 – 32	2		14	
		>32 atau <26	1		7	
4.	DO (ppm)	6	5	6	30	Menurut Direktorat Jenderal Perikanan (1998)
		5 – 7	4		24	
		4 – 8	3		18	
		>8	2		12	
		<4	1		6	
5.	pH	7,5 – 8,5	5	3	15	Menurut Hardjowigeno dan Widiatmaka (2007)
		8,5 – 10 atau 6 – 7,5	4		12	
		10 – 11 atau 4 – 6	3		9	
		>11 atau <4	2		6	
			1		3	
6.	Salinitas (ppt)	20	5	3	15	Menurut Syahid, <i>et al.</i> , (2006)
		10 – 15	4		12	
		15 – 25	3		9	
		>25	2		6	
		<10	1		3	
7.	Nitrat (ppm)	1,0	5	1	5	Menurut Hendrawati, <i>et al.</i> , 2007
		0,5 – 1,5	4		4	
		0,1 – 2,0	3		3	
		>2,0	2		2	
		<0,1	1		1	
8.	Fosfat (ppm)	>0,20	5	2	10	Menurut Widowati (2004)
		0,10 – 0,20	4		8	
		0,05 – 0,10	3		6	
		0,02 – 0,05	2		4	
		0,00 – 0,02	1		2	
9.	Ammonia	<0,3	5	1	5	Menurut Wahyudi (2013)
		0,3 – 0,4	4		4	
		0,4 – 0,5	3		3	
		>0,5	2		2	
			1		1	

Keterangan: 1 = Sangat tidak sesuai  
2 = Tidak sesuai  
3 = Hampir sesuai

4 = Cukup sesuai  
5 = Sangat sesuai

$$\text{Total Skor} = \sum_{i=1}^n NxB$$

Arti dari setiap tingkat kesesuaian perairan tambak dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skoring Kesesuaian Perairan Tambak dan Artinya Perairan bagi Kualitas Tambak

Total skor	Tingkat kesesuaian	Kualitas Perairan Tambak
81 – 100	Sangat sesuai (S1)	Potensial, tidak mempunyai faktor penghambat
65 – 80	Cukup sesuai (S2)	Memenuhi persyaratan minimal
41 – 64	Hampir sesuai (S3)	Mempunyai faktor pembatas, perlu perlakuan khusus
21 – 40	Tidak sesuai saat ini (N1)	Diperlukan biaya yang tinggi agar dapat memenuhi persyaratan minimal
< 20	Tidak sesuai untuk selamanya (N2)	Sangat sulit diupayakan agar dapat memenuhi persyaratan minimal

Sumber: Widowati, 2004

## C. Hasil dan Pembahasan

### 1. Deskripsi lokasi

Lokasi penelitian ini terletak di perairan tambak di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia yang merupakan salah satu dari 17 perusahaan Eksportir Teradaftar Produk Industri Kehutanan (ETPIK) yang berhasil melakukan uji coba pengapalan produk kayu bersertifikat legal yang berada di Desa Mororejo, Kaliwungu Kendal, Jawa Tengah. Desa Mororejo tersebut terbagi dalam 8 Dukuh dan diantara 8 dukuh tersebut ada satu dukuh yang tidak ditempati oleh penduduk yaitu dukuh Mrancang, sedang dukuh yang paling padat penduduknya adalah dukuh Ngebum. Di dukuh Ngebum inilah tepatnya PT Kayu Lapis Indonesia berada (AMDAL PT KLI, 1993).

### 2. Hasil

#### a. Kualitas air

Hasil pengukuran kualitas air pada penelitian ini dibagi atas parameter fisika dan parameter kimia. Parameter fisika terbagi menjadi kecerahan, kedalaman dan suhu (udara dan air). Parameter kimia terbagi menjadi DO, salinitas, nitrat, fosfat dan ammonia. Hasil pengukuran kualitas air pada parameter fisika dan kimia dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kualitas Air (Parameter Fisika dan Kimia)

Parameter yang diukur dan diamati	Tambak 1		Tambak 2		Tambak 3		Tambak 4		Tambak 5		Tambak 6	
	Pasang	Surut										
1. Kecerahan (cm)	40,5	26,5	32,0	27,8	38,3	29,2	31,5	28,3	31,3	27,7	32,3	27,5
2. Kedalaman (m)	71,3	44,0	106,3	55,0	107,0	70,7	125,0	66,0	112,3	53,7	162,7	76,0
3. Suhu (oC)	27,5	26,5	27,5	26,5	27,5	27,0	29,5	27,5	29,0	28,0	29,0	27,5
4. DO (mg/l)	3,2	2,0	4,0	2,0	3,7	2,3	3,8	2,4	3,5	2,1	4,3	2,9
5. Salinitas (o/oo)	18,3	8,3	18,3	11,3	18,3	13,3	18,3	10,0	15,0	11,7	14,3	10,0
6. pH	8,0	7,7	8,0	7,7	8,0	7,7	8,0	7,7	8,0	7,7	8,0	7,7
7. Nitrat (mg/l)	0,380	0,630	0,530	0,600	0,340	0,930	1,760	1,360	0,650	1,540	1,000	1,950
8. Fosfat (mg/l)	0,700	0,360	0,960	0,290	0,810	0,470	1,320	1,330	1,200	1,470	1,150	0,640
9. Ammonia (mg/l)	0,507	0,141	0,556	0,120	0,446	0,002	0,325	0,015	0,281	0,189	0,353	0,189

#### b. Kesesuaian kualitas air pada budidaya bandeng

Hasil penilaian tingkat kesesuaian penataan kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak bandeng di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia Kendal, menunjukkan kondisi kawasan pertambakan berada dalam dua kategori, yaitu kategori cukup sesuai (S2) dan sangat sesuai (S1). Hasil skoring dan pembobotan parameter kesesuaian kualitas air untuk kegiatan budidaya tambak tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Skoring dan Pembobotan Parameter Kesesuaian Kualitas Air untuk Kegiatan Budidaya Tambak

Parameter yang diukur dan diamati	Hasil ukur tiap stasiun 1	Skor	Hasil ukur tiap stasiun 2	Skor	Hasil ukur tiap stasiun 3	Skor
<b>1. Parameter Fisika</b>						
a. Kecerahan	26,5 – 40,5	4 = cukup sesuai	27,8 – 32,0	4 = cukup sesuai	29,2 – 38,3	5 = sangat sesuai
b. Kedalaman	44,0 – 71,3	6 = hampir sesuai	55,0 – 106,3	10 = sangat sesuai	70,7 – 107,0	10 = sangat sesuai
c. Suhu	26,5 – 27,5	14 = tidak sesuai	26,5 – 27,5	14 = tidak sesuai	27,0 – 27,5	21 = hampir sesuai
<b>2. Parameter Kimia</b>						
a. DO	2,0 – 3,2	6 = sangat tidak sesuai	2,0 – 4,0	6 = sangat tidak sesuai	2,3 – 3,7	6 = sangat tidak sesuai
b. Salinitas	8,3 – 18,3	9 = hampir sesuai	11,3 – 18,3	9 = hampir sesuai	13,3 – 18,3	9 = hampir sesuai
c. pH	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai
d. Ammonia	0,1 – 0,5	3 = hampir sesuai	0,1 – 0,6	2 = tidak sesuai	0,0 – 0,4	4 = cukup sesuai
e. Nitrat	0,4 – 0,6	3 = hampir sesuai	0,5 – 0,6	3 = hampir sesuai	0,3 – 0,9	3 = hampir sesuai
f. Fosfat	0,4 – 0,7	10 = sangat sesuai	0,3 – 1,0	10 = sangat sesuai	0,5 – 0,9	10 = sangat sesuai
<b>Jumlah Total Nilai Kesesuaian</b>	<b>Stasiun 1</b>	<b>70</b>	<b>Stasiun 2</b>	<b>73</b>	<b>Stasiun 3</b>	<b>83</b>

Lanjutan Tabel 4. Hasil Skoring dan Pembobotan Parameter Kesesuaian Kualitas Air untuk Kegiatan Budidaya Tambak

Parameter yang diukur dan diamati	Hasil ukur tiap stasiun 4	Skor	Hasil ukur tiap stasiun 5	Skor	Hasil ukur tiap stasiun 6	Skor
<b>1. Parameter Fisika</b>						
a. Kecerahan	28,3 – 31,5	4 = cukup sesuai	27,7 – 31,3	4 = cukup sesuai	27,5 – 32,3	4 = cukup sesuai
b. Kedalaman	66,0 – 125,0	4 = tidak sesuai	53,7 – 82,3	8 = cukup sesuai	76,0 – 162,7	4 = tidak sesuai
c. Suhu	27,5 – 29,5	21 = hampir sesuai	27,5 – 29,0	21 = hampir sesuai	28,0 – 29,0	28 = cukup sesuai
<b>2. Parameter Kimia</b>						
a. DO	2,4 – 3,8	6 = sangat tidak sesuai	2,1 – 3,5	6 = sangat tidak sesuai	3,3 – 3,9	6 = sangat tidak sesuai
b. Salinitas	10,0 – 18,3	9 = hampir sesuai	11,7 – 15,0	12 = cukup sesuai	10,0 – 14,3	12 = cukup sesuai
c. pH	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai	7,7 – 8,0	15 = sangat sesuai
d. Ammonia	0,0 – 0,3	5 = sangat sesuai	0,2 – 0,3	5 = sangat sesuai	0,2 – 0,4	4 = cukup sesuai
e. Nitrat	1,4 – 1,8	3 = hampir sesuai	0,7 – 1,5	4 = cukup sesuai	1,0 – 2,0	3 = hampir sesuai
f. Fosfat	0,2 – 3,1	10 = sangat sesuai	0,3 – 3,8	10 = sangat sesuai	0,3 – 2,7	10 = sangat sesuai
<b>Jumlah Total Nilai Kesesuaian</b>	<b>Stasiun 4</b>	<b>77</b>	<b>Stasiun 5</b>	<b>85</b>	<b>Stasiun 6</b>	<b>86</b>

### 3. Pembahasan

#### a. Kualitas air

Nilai kecerahan yang didapatkan dengan kisaran 29 – 32 cm masih tergolong baik bagi tambak ikan khususnya bandeng sesuai dengan penjelasan dari Kordi (2007) bahwa kecerahan yang baik bagi usaha ikan berkisar 30 – 40 cm yang diukur menggunakan *secchi disk*. Pengukuran kecerahan tambak 4, 5 dan 6 yang berada di sebelah selatan PT KLI dilakukan pada saat langit dalam keadaan mendung dengan sinar matahari yang tertutup awan mendung, maka hanya didapatkan nilai kecerahan 27,5 – 31,3 cm karena tidak banyak sinar matahari yang mengenai perairan tambak. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Effendi (2003) yang menjelaskan bahwa nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran dan kekeruhan.

Kedalaman air tambak di lokasi penelitian dengan kisaran 40 – 120 cm masih tergolong dalam keadaan baik untuk budidaya. Tambak 6 berada di sebelah selatan PT KLI memiliki perbedaan kedalaman dengan tambak 4 dan 5. Tambak 6 memiliki masukan air tawar dari sungai yang diblokkan oleh PT KLI sehingga air sungai yang masuk ke tambak 6 tidak melewati pembuangan dari PT KLI. Tambak 6 juga berada paling dekat dengan laut, sehingga mendapatkan masukan air laut yang paling banyak dari tambak 4 dan 5. Diantara 6 tambak, hanya tambak 6 yang memiliki kriteria kedalaman yang tidak sesuai untuk saat ini atau diperlukan

sedikit tambahan biaya untuk memenuhi persyaratan yang minimal untuk budidaya bandeng. Hal ini sesuai dengan pendapat Ghufron dan Kordi (2007) bahwa, tambak budidaya ikan harus mempunyai kedalaman yang cukup (minimal 1,2 m), dan memiliki sistem pergantian air yang mampu menjaga kualitas air tambak tetap layak.

Kisaran suhu 26,5 – 29,0 pada tambak keenam menunjukkan masih tergolong suhu optimum, seperti penjelasan dari Ahmad *et al.*, (1998) dalam Ghufron dan Kordi (2007), bahwa secara teoritis, ikan tropis masih dapat hidup normal pada kisaran 30° – 35°C kalau konsentrasi oksigen terlarutnya cukup tinggi. Berdasarkan pengamatan di Instalasi Tambak Percobaan Marana (Sulawesi Selatan), bahwa ikan bandeng masih dapat hidup normal pada suhu 35°C.

Hasil pengukuran DO pada keenam lokasi tambak selama penelitian berkisar antara 2,0 – 4,3 ppm. Kandungan oksigen terlarut pada keenam tambak masih termasuk ke dalam pendapat LIPTAN (2000), bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang ideal untuk kehidupan dan pertumbuhan bandeng adalah lebih besar dari 5 ppm. Walaupun pada konsentrasi di bawah 5 ppm masih hidup namun pertumbuhannya lambat. Hasil pengukuran oksigen terlarut tertinggi berada di bulan April dalam keadaan pasang sebesar 5,1 mg/l. Hal ini masih dapat dikatakan layak untuk digunakan sebagai tambak budidaya khususnya untuk bandeng sesuai dengan pendapat Hardjowigeno dan Widiatmaka (2001), menjelaskan bahwa untuk bandeng, kadar oksigen terlarut >3 mg/L sudah cukup baik.

Kisaran salinitas yang terukur selama penelitian tidak memperlihatkan variasi yang besar pada setiap ulangnya nilai salinitas ini menunjukkan kondisi optimum untuk budidaya udang. Salinitas yang terukur selama penelitian di semua stasiun penelitian berkisar antara 5,0 – 25 ppt. Kisaran salinitas ini sudah optimal dalam melakukan budidaya sesuai dengan pendapat Suyanto dan Mujiman (2006); Mustafa *et al.* (2007) bahwa baik udang maupun ikan bandeng tumbuh optimal pada kisaran 15 – 25 ppt.

Pada penelitian ini kisaran nilai pH pada perairan tambak di sekitar PT KLI berdasarkan survey lapangan adalah 7 – 8 yang tergolong baik atau optimum sesuai dengan pernyataan Arsyad dan Samsi (1990) dalam Hardjowigeno dan Widiatmaka (2007). Bandeng hidup pada kondisi pH berkisar antara 8 – 9, karena baik bagi pertumbuhan dan reproduksi organisme. Hal ini juga dikatakan Anggoro (1983) dalam Widowati (2004) bahwa pH dengan nilai 8,5 baik untuk pemeliharaan bandeng di tambak.

Ammonia berada dalam air karena pemupukan, kotoran ikan dan hasil kegiatan jasad renik di dalam pembusukan bahan organik yang kaya akan nitrogen. Kadar ammonia pada hasil penelitian berkisar antara 0,01 – 0,6 mg/l. Kisaran ini masih tergolong tinggi. Karena menurut McNeely *et al* (1979) dalam Effendi (2003), bahwa kadar ammonia pada perairan biasanya kurang dari 0,1 mg/l.

Terdapat hubungan yang kompleks antara fosfat dan nitrat, yaitu memiliki hubungan yang kuat dengan ketersediaan jumlah makanan alami di tambak Rahman (2008). Tambak memerlukan kondisi air yang subur untuk mendukung pertumbuhan pakan alaminya. Hal ini sesuai dengan pendapat Pantjara *et al.* (2007) menjelaskan bahwa nitrat dalam air merupakan indikator tingkat kesuburan di dalam tambak. Nitrat dalam perairan berperan dalam pertumbuhan fitoplankton. Fitoplankton dapat tumbuh optimal pada kandungan nitrat sebesar 0,9 – 3,5 mg/l, sedangkan pada konsentrasi dibawah 0,01 atau diatas 4,5 mg/l dapat merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton (Oktora, 2000). Selanjutnya Utojo (2010) menambahkan bahwa untuk tambak tradisional konsentrasi nitrat diperlukan untuk menstimulir pertumbuhan klekap, plankton dan lumut sebagai pakan alami utama ikan dan udang.

Hasil analisis fosfat selama penelitian berkisar antara 0,2 – 2,0 mg/L menunjukkan bahwa konsentrasi fosfat berada dalam tingkat kesuburan sedang sampai tinggi. Yoshimura dan Liaw (1969) dalam Rachmansyah (2010), menyatakan konsentrasi fosfat air berada dalam kisaran 0,021 – 0,1 tergolong dalam tingkat kesuburan menengah sampai tinggi.

#### **b. Kesesuaian budidaya bandeng**

Berdasarkan hasil penelitian dari ke enam lokasi tambak yang diambil, tiga tambak tergolong ke dalam tingkat kesesuaian S1 dan tiga tambak tergolong ke dalam tingkat kesesuaian S2. Pada tambak 1, dengan lokasi berada di daerah Mangkang menunjukkan tingkat kesesuaian di S2 atau cukup sesuai dan tambak 2 dengan lokasi disamping tambak 1 juga menunjukkan kategori S2 (cukup sesuai). Pada tambak 1 dan 2 masih memenuhi persyaratan minimal sebagai tambak budidaya. Pada tambak 1 dengan total skor 70 yang dimana total skor paling kecil diantara enam lokasi tambak dan tambak 2 dengan total skor 73, parameter yang berperan sebagai faktor pembatas adalah oksigen terlarut dan suhu, karena dua parameter fisika tersebut memiliki nilai yang tidak sesuai selamanya dan tidak bisa berubah lagi keadaannya. Sulit untuk diupayakan kembali agar dapat memenuhi persyaratan minimal.

Tambak 3 dengan total skor 83 menunjukkan tingkat kesesuaian S1, dapat diartikan bahwa masih memenuhi persyaratan minimal untuk dijadikan tambak budidaya. Tambak 5 dan 6 menduduki total skor tertinggi diantara keenam lokasi tambak yang diambil. Tambak 4 dengan total skor 77, tambak 5 dengan total skor 85 dan tambak 6 dengan total skor 86 menunjukkan tingkat kesesuaian S1 atau sangat sesuai dengan kualitas perairan tambak masih potensial dan tidak mempunyai faktor penghambat sebagai tambak budidaya bandeng.

Pada lokasi tambak 1, 2, dan 3 yang berada memiliki suhu sebesar 26,5 – 27,5°C sebagai kondisi perairan yang sesuai. Adanya kisaran suhu yang memiliki rentang tersebut menunjukkan bahwa tambak 1, 2 dan 3 layak untuk dijadikan tambak budidaya bandeng dengan kisaran nilai DO 2,0 – 4,0 berdasarkan pendapat dari Ahmad (1998) , bahwa suhu optimal bagi bandeng berkisar antara 27 – 29°C. Hal ini dikarenakan di tempat tersebut masih banyak terdapat mangrove yang menaungi daerah pertambakan. Sedangkan di 3 lokasi tambak yang berdekatan dengan PT KLI mangrove disekitar tambak sudah jarang dijumpai. Selain itu faktor kedalaman yang mencapai juga sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya suhu. Pada tambak 1, kedalaman air tambak hampir sesuai yaitu berkisar antara 44,0 – 71,5 cm, sehingga mengakibatkan tingginya suhu air.

Pengaruh suhu yang terlalu tinggi bagi bandeng adalah mempercepat laju metabolisme, sehingga konsumsi oksigen juga meningkat selanjutnya mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan. Menurut Hutabarat (2000), suhu merupakan faktor pembatas bagi proses produksi, suhu yang terlalu tinggi akan merusak jaringan tubuh fitoplankton sehingga akan menghambat proses fotosintesis, produktivitas primer dan selanjutnya produksi perikanan. Suhu juga mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air, semakin tinggi suhu perairan mengakibatkan kelarutan oksigen (DO) menurun. Sedangkan kebutuhan oksigen terlarut oleh organisme perairan semakin meningkat. Hal ini tentu mengganggu proses pernapasan organisme dalam tambak, dalam hal ini bandeng. Sedangkan suhu yang terlalu rendah akan berpengaruh pada lambat lajunya metabolisme dan fotosintesis. Suhu juga mempengaruhi salinitas, jika suhu perairan terus menerus tinggi dalam waktu yang lama maka penguapan akan meningkat dan salinitas akan meningkat pula.

### c. Manajemen kualitas air

Nilai kecerahan yang didapatkan pada keenam tambak didapatkan 2 skor, yaitu 4 yang artinya cukup sesuai untuk perairan tambak dan 5 yang artinya sangat sesuai untuk menjadi budidaya bandeng. Kualitas air dengan kondisi yang cukup sesuai ini masih memiliki persyaratan minimal dalam budidaya bandeng. Dengan nilai kecerahan yang masih memenuhi kriteria, harus dipertahankan nilainya agar tidak turun kualitasnya menjadi tidak sesuai. Warna air tambak yang baik adalah coklat muda, sesuai dengan pernyataan dari Ariawan (2004) bahwa warna air yang baik untuk tambak budidaya bandeng adalah coklat muda, karena tinggi kelimpahan planktonnya di dalam tambak.

Nilai kedalaman air pada keenam tambak, didapatkan skor 10 yang artinya sangat sesuai, skor 8 yang artinya cukup sesuai, 6 yang artinya hampir sesuai, dan 4 yang berarti tidak sesuai. Kedalaman air yang baik untuk tambak bandeng menurut Ghufron dan Kordi (2007) tidak kurang dari 1,2 m. Kedalaman air yang baik seharusnya diperhatikan benar agar konstruksi tambak tidak rusak. Kesulitan dalam mempertahankan kedalaman air tambak sering dikarenakan konstruksi tambak yang tidak mampu menahan air yang cukup dalam. Konstruksi tambak yang jebol harus diperbaiki walaupun membutuhkan biaya yang cukup tinggi, sama halnya dengan tambak tradisional. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Ghufron dan Kordi (2007), bahwa persyaratan yang sering terabaikan pada tambak yang mengalami kegagalan produksi adalah kedalaman air yang kurang.

Besarnya suhu yang didapatkan dalam penelitian menunjukkan tingkat cukup sesuai, hampir sesuai dan 2 tambak tergolong dalam tidak sesuai. Cukup sesuai maka keadaan kualitas perairan tambaknya masih memenuhi persyaratan minimal sebagai tambak bandeng, masih tergolong dalam suhu optimumnya yang berkisar antara 28° – 30°C. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Syahid, *et al.*, (2006) bahwa suhu optimum pada tingkat kesesuaian cukup sesuai adalah 28° – 30°C. Perlakuan khusus disini dimaksudkan agar suhu dalam air tambak sesuai dengan kriteria kesesuaian kualitas airnya, salah satunya dengan memperhatikan kedalaman air tambak. Kedalaman air tambak berpengaruh terhadap suhu air. Jika air dalam tambak berkurang maka suhu air akan meningkat. Hal ini diperkuat pernyataan dari Putra dan Nana (2011), apabila kedalaman tambak kurang dari 80 cm, volume air di tambak sedikit sehingga suhu air akan lebih tinggi dibanding suhu air tambak yang lebih dalam dengan volume air yang lebih besar.

Kandungan oksigen terlarut pada keenam tambak menunjukkan pada kriteria sangat tidak sesuai, sehingga sangat sulit diupayakan agar dapat memenuhi persyaratan minimal untuk digunakan sebagai tambak budidaya bandeng. Faktor yang mempengaruhi rendahnya kandungan oksigen terlarut antara lain suhu dan salinitas. Peningkatan suhu dan salinitas akan menurunkan tingkat oksigen terlarut dalam air. Rendahnya oksigen dalam air menyebabkan organisme air (bandeng) sesak napas bahkan dapat mati. Ikan yang kekurangan oksigen tidak dapat hidup pada kedalaman air yang tinggi. Pada kondisi ini, ikan akan mencari tempat dimana terdapat banyak oksigen seperti di permukaan air atau pemasukan air. Penambahan oksigen sebenarnya dapat dilakukan dengan menambahkan kincir air dalam tambak yang akan menjadi tambak semi intensif atau intensif yang memerlukan biaya sangat tinggi untuk merubahnya. Sesuai dengan pernyataan Putra dan Nana (2011), bahwa pengendalian masalah kekurangan oksigen di dalam air dapat diatasi dengan memberikan aerasi melalui mesin pemompa udara atau menggunakan kincir air agar air bergerak untuk memudahkan proses penyerapan oksigen bebas oleh air.

Nilai salinitas yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan 2 kriteria, yaitu 2 tambak cukup sesuai dan 4 tambak hampir sesuai. Cukup sesuai memiliki arti, bahwa kualitas air pada tambak tersebut masih memenuhi persyaratan minimal yang sesuai untuk budidaya bandeng. Hampir sesuai memiliki arti bahwa, pada tambak tersebut mempunyai faktor pembatas dan perlu diadakannya perlakuan khusus. Faktor pembatas tersebut adalah suhu, karena suhu sangat mempengaruhi kondisi salinitas perairan. Besar kecilnya suhu ditentukan oleh banyaknya volume air yang ada pada tambak, karena semakin dalam tambak dan besar volume airnya maka semakin rendah suhu airnya. Semakin rendah suhu maka semakin rendah pula kadar salinitasnya. Untuk mengatasi rendahnya kadar salinitas pada tambak, dapat dilakukan dengan penambahan pasokan air laut ke dalam tambak.

Berdasarkan keenam tambak, nilai pH yang didapatkan termasuk ke dalam kriteria sangat sesuai (S1). Pada kriteria ini, nilai pH masih dalam keadaan potensial dan layak untuk tambak bandeng. Mempertahankan nilai pH agar stabil dapat dilakukan dengan cara pergantian air secara berkala. Pergantian air dapat dilakukan dengan cara membuang air bawah bersamaan dengan memasukkan air. Hal ini sesuai dengan pendapat Ghufron dan Kordi (2007), bahwa pergantian air dapat dilakukan jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, salah satunya perbedaan pH yang lebih besar atau diluar batas. Selain itu, pengapuran dapat dilakukan pada saat pH kurang dari 7 atau berada dalam keadaan asam.

Nilai ammonia yang didapatkan dalam 6 tambak bervariasi, cukup sesuai yang masih memenuhi persyaratan minimal sebagai tambak bandeng, sangat sesuai yang masih dalam keadaan potensial dan tidak mempunyai faktor penghambat dalam tambaknya, hampir sesuai yang memiliki faktor pembatas dan perlu diadakan perlakuan khusus dan tidak sesuai yang diperlukan biaya tinggi untuk memenuhi persyaratan sebagai tambak bandeng. Tambak dengan konsentrasi ammonia yang tinggi dapat mengakibatkan keracunan bagi organisme air di dalam tambak. Nilai pH juga mempengaruhi konsentrasi ammonia dalam air tambak, semakin rendah nilai pH maka konsentrasi ammonia akan meningkat dan menjadi racun. Upaya pengendalian adalah dengan memberikan aerasi dan penggantian air hingga 50 % pada tambak sesuai dengan pernyataan Putra dan Nana (2011) bahwa mengurangi volume pakan, dan pemberian proiotik akan mampu mengikat ammonia.

Konsentrasi nitrat pada keenam tambak yang didapatkan termasuk ke dalam kriteria cukup sesuai dan hampir sesuai. Kriteria hampir sesuai inilah yang perlu diperhatikan, karena memiliki faktor pembatas dalam kesesuaian kualitas airnya. Konsentrasi nitrat dalam suatu perairan khususnya tambak bandeng tidak terlalu berpengaruh, karena tingkat racun nitrat terhadap organisme air khususnya ikan sangat rendah.

#### **D. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Kajian Kualitas Air dalam Menilai Kesesuaian Budidaya Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) di Sekitar PT Kayu Lapis Indonesia Kendal adalah berdasarkan kondisi kualitas air yang didapatkan pada keenam tambak, tambak yang berada di dekat PT KLI kualitas airnya lebih baik dibandingkan tambak yang lokasinya lebih jauh, maka keberadaan PT Kayu Lapis Indonesia tidak mempengaruhi kualitas air tambak di sekitarnya; Berdasarkan enam jumlah tambak yang diambil sampel untuk diuji tingkat kesesuaiannya, tambak ke 1,2 dan 4 menduduki tingkat kesesuaian cukup sesuai (S2) untuk digunakan dalam tambak budidaya bandeng. Sedangkan tambak ke 3,5 dan 6 menempati tingkat kesesuaian S1 yaitu sangat sesuai; dan Berdasarkan kondisi kualitas air yang didapatkan, maka keenam tambak yang diteliti masih memungkinkan untuk digunakan sebagai tambak budidaya bandeng.

**Ucapan Terima Kasih** Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Agung Suryanto, MS. selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Ir. Suryanti, MPI. selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan saran, petunjuk dan perhatian serta waktunya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad, T., E. Ratnawati dan M.J.R. Yakob. 1998. Budidaya Bandeng secara Intensif. PT Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ariawan, I. K dan Poniran. 2004. Persiapan Media Budidaya Udang Windu: Air. Makalah Pelatihan Petugas Teknis INBUDKAN. 24-30 Mei 2004, Jepara. Balai Besar Pengembangan Air Payau. Jepara.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 1998. Pembenihan Ikan Bandeng. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Gerking, S, D. 1978. Ecology of Freshwater Fish Production. Halsted Press. New York.
- Ghufron, M, dan H. Kordi. 2007. Pengelolaan Kualitas Air. Rineka Cipta. Jakarta
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmoko. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.



- Hendrawati, Prihadi, T.H., Rohmah, N.N. 2007. Analisis Kadar Phosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau Akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Pasar Minggu, Jakarta Selatan.
- Hutabarat, S. 2000. Peranan Kondisi Oceanografi terhadap Perubahan Iklim, Produktivitas dan Distribusi Biota Laut. UNDIP, Semarang.
- LIPTAN, 2000. Pengelolaan Kualitas Air Tambak Bandeng. Departemen Pertanian. Samarinda.
- Mustafa, A., I. Sapo, Hasnawi, dan J. Sammut. 2007. Hubungan Antara Faktor Kondisi Lingkungan dan Produktivitas Tambak untuk Penajaman Kriteria Kelayakan Lahan: 1. Kualitas Air. Jurnal Riset Akuakultur.
- Oktora, A.D. 2000. Kajian Produktivitas Primer Berdasarkan Kandungan Klorofil pada Perairan Tambak Berbakau dan Tidak Berbakau di Desa Grinting, Kabupaten Brebes [Skripsi]. Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putra, U. dan Nana. 2011. Manajemen Kualitas Air pada Kegiatan Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Budidaya Air Payau Takalar. Ambon.
- Rachmansyah., A. Mustafa. dan M. Paena. 2010. Karakteristik, Keseuaian, dan Pengelolaan Lahan Tambak di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. Jurnal Riset Akuakultur.
- Rahman, M.M. Nagelkerke, L.A.J. Verdegem, M.C.J. Wahab M.A. and Verroth J.A. 2008. Relationships Among Water Quality, Food Resources, Fish Diet and Fish Growth in Polyculture Ponds: A Multivariate Approach.
- Sriyanto, 2007. Kondisi Lingkungan Hidup di Jawa Tengah dan Prospek Pembangunan ke Depan. Jurusan Geografi FIS-UNNES.
- Suyanto, S.R. dan A. Mujiman. 2006. Budidaya Udang Windu. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Syahid M, A Subhan, dan R Armando. 2006. Budidaya Bandeng Organik secara Polikultur. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Usman, H. dan Akbar, P.S. 2008. Metodologi Penelitian Sosial Edisi Kedua. Bumi Aksara. Jakarta.
- Utojo, Mustafa, A., dan Hasnawi. 2010. Model Kesesuaian Lokasi Pengembangan Budidaya Tambak di Kawasan pesisir Kabupaten Pontianak, Kalimantan Barta. [Skripsi]. Balai Riset perikanan Budidaya Air Payau. Sulawesi Selatan
- Wahyudi, A. I., Pangerang, U. K., dan Mustafa, A. 2013. Evaluasi Kesesuaian Lingkungan pada Kawasan Tambak di Kecamatan Kolono Kabupaten Konawe Selatan. [Skripsi]. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK. Universitas Haluoleo Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu. Kendari
- Widowati, L.L. 2004. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak ditinjau dari Aspek Produktivitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh [Tesis]. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Yulius, S. 2006. Metode Penelitian Sosial Cetakan Pertama. LPP UNS dan UNS Press. Surakarta.