

**KELAYAKAN KUALITAS AIR BAGI BEBERAPA PERUNTUKAN DI KAWASAN PESISIR  
(STUDI KASUS: DESA PESANTREN DAN DESA MOJO, KECAMATAN ULUJAMI  
KABUPATEN PEMALANG)**

*Water Quality Appropriateness for Some Allotment in Coastal Area  
(Case Study: Pesantren and Mojo Village, Ulujami, Pemalang)*

**Like Viantika Jala Puspita, Norma Afiati\*), dan Pujiono Wahyu Purnomo**

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698  
Email : [likevjala@gmail.com](mailto:likevjala@gmail.com)

**ABSTRAK**

Permasalahan sediaan air di kawasan pesisir sangat kompleks sesuai dengan ragam peruntukan seperti halnya di Desa Pesantren dan Desa Mojo. Penelusuran tentang kualitas air untuk ragam peruntukan sangat penting dalam meningkatkan kualitas sosial dan ekonomi masyarakat. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji kelayakan sumber daya air untuk beberapa peruntukan dan menganalisis variabel penurunan kualitas air di kawasan pesisir. Penelitian didasarkan kepada metode survei dan dilaksanakan pada bulan Mei 2017 di Desa Pesantren dan Desa Mojo, Ulujami, Pemalang. Pengambilan sampel mengacu pada metode *purposive sampling* di 3 lokasi sungai, 2 lokasi sumur, 1 lokasi sawah, serta 2 lokasi tambak. Variabel yang diukur adalah bau, warna, rasa, suhu, TDS, kekeruhan air, debit sungai, kesadahan, pH, amonia, nitrit, nitrat, Cd, dan Pb. Mutu air dievaluasi berdasarkan Indeks Pencemaran (IP) sesuai KEPMEN LH No.115 Tahun 2003 dan PP No.82 Tahun 2001. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tambak, sawah, dan sungai dinyatakan tidak memenuhi kelayakan air, dengan status tambak 1 yang terletak cukup jauh dari laut telah tercemar berat (IP= 21,17), tambak 2 yang terletak dekat dengan laut memiliki status tercemar sedang (IP= 8,18), sawah yang terletak cukup jauh dari laut dinyatakan tercemar ringan (IP= 3,88), sungai 1 yang letaknya kearah kawasan hulu tergolong tercemar ringan (IP= 3,14), sungai 2 yang terletak di tengah dan dekat dengan cabang Sungai Comal telah tercemar sedang (IP= 5,12), sungai 3 yang letaknya dekat dengan laut yaitu tercemar ringan (IP= 4,99), sedangkan mutu air sumur 1 dan 2 yang terletak di kawasan pemukiman cukup jauh dari laut dinyatakan layak karena masih memenuhi baku mutu (IP= 0,91 dan 0,85). Warna, kekeruhan air, amonia, TDS, logam Pb dan Cd merupakan variabel penurunan kualitas air di tambak, sawah, sungai dan sumur. Warna, kekeruhan air, amonia, dan TDS kemungkinan besar berasal dari sisa pakan ikan di tambak dan pupuk di sawah yang tidak terserap oleh padi, sedangkan logam Pb dan Cd dalam penelitian ini kemungkinan berasal dari limbah domestik di kawasan hulu yang terbawa oleh Sungai Comal.

**Kata kunci** : Indeks Pencemaran; Mutu Air; Kelayakan air; Peruntukan Lahan; Kawasan Pesisir; Variabel penurunan; Pemalang

**ABSTRACT**

*Water supply problems in the coastal areas are very complex in accordance with the variety of designation as well as in the Pesantren and Mojo Villages. The study of water quality for various purposes is very important in improving the social and economic quality of the community. The aim of this study is to assess the feasibility of water resources for several designations and to analyze the variables that cause water degradation in coastal areas. This study was based on survey method and was conducted in May 2017 at Pesantren and Mojo Villages, Ulujami, Pemalang. Sampling refers to purposive sampling method in 3 rivers location, 2 wells location, 1 rice field location, and 2 ponds location. The measured variables are odour, colour, taste, temperature, TDS, turbidity, river discharge, hardness, pH, ammonia, nitrite, nitrate, Cd, and Pb. Water quality was evaluated based on Pollution Index (PI) according to KEPMEN LH No.115 of 2003 and PP No.82 of 2001. The results showed that ponds, rice fields, and rivers were not found to meet water quality standard, with the status of pond 1 being heavily polluted (PI = 21,17), medium polluted ponds (PI = 8,18), lightly polluted rice fields (PI = 3,88), river 1 was lightly polluted (PI = 3,14), medium polluted river 2 (PI = 5,12), lightly polluted river 3 (PI = 4,99), while water quality for wells 1 and 2 was eligible because it still meets the quality standard (PI = 0,91*

©Copyright by Management of Aquatic Resources (MAQUARES)

and 0,85). Ammonia, TDS, color, turbidity, Pb and Cd are water quality-lowering variables in ponds, fields, rivers and wells. Ammonia, TDS, color and water turbidity are most likely derived from the remain of fish feed in ponds and fertilizers in paddy fields that are not absorbed by rice; whereas Pb and Cd in this study might originate from domestic waste in the upstream areas carried by the Comal river.

**Keywords:** Pollution Index; Water Quality; Water Feasibility; Land Use; Coastal Area; Water quality-lowering variables; Pemalang

\*) *Penulis Penanggungjawab*

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Pemalang merupakan salah satu kawasan pesisir yang potensial untuk meningkatkan pembangunan ekonomi dari berbagai sektor, khususnya perikanan dan pertanian. Upaya tersebut perlu didukung pembangunan sarana berupa penyediaan lahan. Saat ini, kawasan pesisir Pemalang telah banyak mengalami perubahan penggunaan lahan karena adanya peningkatan kegiatan pertambakan, perkebunan, persawahan, serta permukiman. Menurut Hu, *et al.*, (2008), bertambahnya penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari waktu ke waktu dapat mempengaruhi sistem ekologi setempat, diantaranya pencemaran air dan polusi udara.

Pola perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir, khususnya di Desa Pesantren dan Desa Mojo, Ulujami, Pemalang mempunyai tipe yang selalu berubah. Pengaruh yang disebabkan oleh perubahan tersebut tidak hanya menentukan pembagian wilayah semata akan tetapi juga berpengaruh terhadap lingkungan perairan. Pengaruh terhadap status lingkungan perairan dapat berbalik terhadap masyarakat, baik untuk memenuhi kebutuhan domestik maupun kebutuhan lain.

Air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia guna menunjang hidup yang layak. Di kawasan pesisir seperti Desa Pesantren dan Desa Mojo, masyarakat tidak hanya memanfaatkan air untuk keperluan sehari-hari seperti minum, mandi dan mencuci, tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan produksi (sawah, tambak, perkebunan). Air yang dimanfaatkan oleh masyarakat dapat berupa air permukaan seperti sungai maupun air yang terletak pada beragam (permukaan atau dalam) akuifer. Akuifer adalah lapisan batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air di bawah permukaan tanah. Air tersebut berasal dari aliran air dari hulu, cadangan setempat, maupun dari pengaruh pasang surut. Beragamnya sumber air tersebut menentukan status kelayakannya dalam memenuhi kebutuhan manusia.

Desa Pesantren dan Desa Mojo merupakan kawasan pesisir yang memiliki lahan tambak yang cukup besar. Tambak tersebut didominasi oleh tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Budidaya teknologi intensif udang vaname dicirikan dengan padat penebaran benih tinggi, mempergunakan pakan tambahan (pellet) sebagai pakan utama, serta sarana dan prasarana yang lengkap baik konstruksi maupun manajemen budidayanya. Kandungan protein pakan udang buatan (pellet) cukup tinggi, yaitu sekitar 40%, sehingga proses pembusukan (perombakan) pellet akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  yang merupakan salah satu senyawa toksik bagi udang (Boyd, 1998).

Selain tambak, Desa Pesantren dan Desa Mojo juga memiliki lahan sawah yang cukup luas dan produktif. Namun, penggunaan pupuk dan pestisida kimia pada sawah sering dipakai secara berlebihan dan terus-menerus. Dalam jangka panjang, penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebih dapat meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah serta dapat berdampak terhadap kualitas tanaman dan lingkungan (Nurjaya *et al.*, 2006).

Tambak dan sawah di kedua Desa tersebut membuang air limbahnya ke Sungai Comal. Akibatnya, terjadinya perubahan kondisi kualitas air pada aliran sungai. Perubahan pola pemanfaatan menjadi lahan pertanian, perikanan, dan pemukiman serta meningkatnya aktivitas industri akan memberikan dampak terhadap kondisi hidrologis dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Selain itu, berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, dan pertanian akan menghasilkan limbah yang akan memberikan sumbangan pada penurunan kualitas air sungai (Suriawiria, 2003).

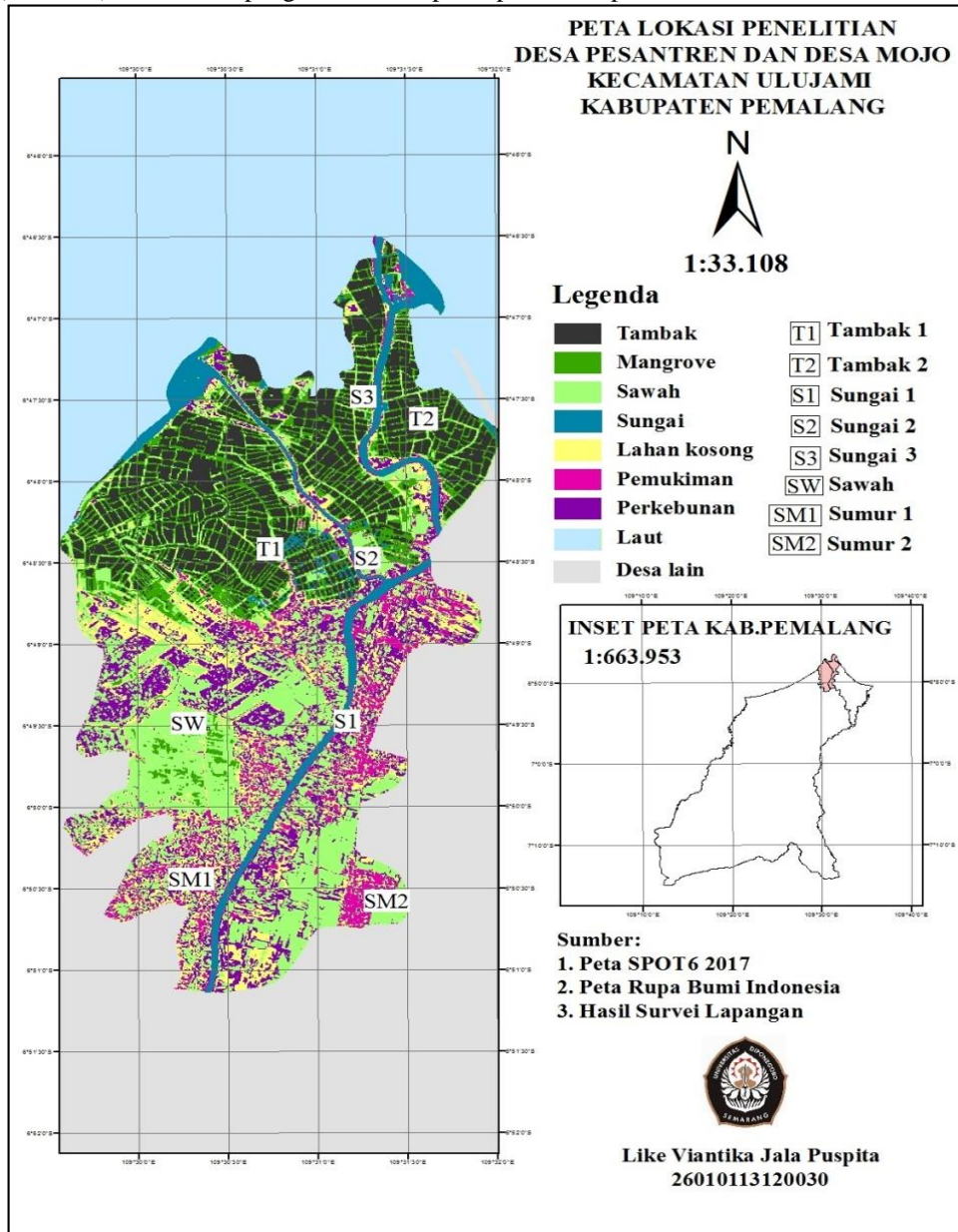
Sungai merupakan suatu satuan wilayah pembangunan yang perlu ditata agar pemanfaatannya dapat digunakan untuk berbagai kepentingan dalam memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat. Pemenuhan kebutuhan tersebut diantaranya untuk bidang pertanian, kehutanan, perkebunan, perikanan, peternakan, industri, pertambangan, pariwisata dan pemukiman. Sumber daya air yang digunakan pada tiap peruntukan tersebut harus memenuhi beberapa aspek kelayakan air, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Oleh karena itu, perlu adanya evaluasi terhadap status kelayakan air pada tiap tipe penggunaan lahan. Tujuan penelitian adalah mengkaji kelayakan sumber daya air untuk beberapa peruntukan dan menganalisis variabel penurunan kualitas air di kawasan pesisir.

## 2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan didasarkan kepada metode survei dan dilaksanakan pada bulan Mei 2017 di Desa Pesantren dan Desa Mojo, Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. Sebelum menentukan lokasi pengambilan sampel, dilakukan pemetaan tata guna lahan di Desa Pesantren dan Desa Mojo. Peta yang digunakan sebagai peta dasar bersumber dari citra SPOT 6 tahun 2017 yang diperoleh dari Lembaga

Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta dan diolah menggunakan ArcGIS 10.2 dengan metode *unsupervised* guna mengelompokkan wilayah sesuai tata guna lahan dan luas masing-masing wilayah tersebut. Hasil pengolahan peta kemudian divalidasi melalui *ground check*. Selain peta tata guna lahan, digunakan pula peta hidrogeologi untuk mengetahui kondisi hidrogeologi Kabupaten Pemalang menggunakan data sekunder berupa peta hidrogeologi Indonesia yang diperoleh dari Geologi Teknik Lingkungan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di delapan tempat yaitu Sungai 1 (kode: S1), Sungai 2 (kode: S2), Sungai 3 (kode: S3), Sumur 1 (kode: SM1), Sumur 2 (kode: SM2), Sawah (kode: SW), Tambak 1 (kode: T1), Tambak 2 (kode: T2). Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang

Variabel kualitas air yang diukur dan metode pengukuran variabel tersebut tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Pengukuran Kualitas Air

No.	Variabel	Satuan	Metode
1.	Bau	-	Organoleptik
2.	Rasa	-	Organoleptik
3.	Warna	TCU	Spektrofotometri
4.	TDS	mg/l	Portable TDS Meter
5.	Kekeruhan	mg/l	Turbidimeter
6.	Debit sungai	m <sup>3</sup> /s	Float Area Method

7.	Kesadahan,	mg/l	Spektrofotometri
8.	pH	-	Test-kit indikator universal
9.	Amonia	mg/l	Spektrofotometri
10.	Nitrit	mg/l	Spektrofotometri
11.	Nitrat	mg/l	Spektrofotometri
12.	Cd	mg/l	AAS
13.	Pb	mg/l	AAS

Hasil kualitas air yang telah diperoleh pada tiap peruntukan dianalisis menggunakan Indeks Pencemaran (IP) sesuai KEPMEN LH No.115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dan PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran sebagai pedoman baku mutu air untuk tiap peruntukan. Perhitungan mutu air menggunakan IP adalah sebagai berikut:

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2_M + (C_i/L_{ij})^2_R}{2}}$$

Keterangan:

PI<sub>j</sub> = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C<sub>i</sub>/L<sub>ij</sub>.

L<sub>ij</sub> = Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu Peruntukan Air (j).

C<sub>i</sub> = Konsentrasi parameter kualitas air (i).

Mutu air dievaluasi dengan menentukan status mutu air terhadap kisaran PI<sub>j</sub>, yaitu:

0 ≤ PI<sub>j</sub> ≤ 1,0 : Memenuhi baku mutu

1,0 < PI<sub>j</sub> ≤ 5,0 : Tercemar ringan

5,0 < PI<sub>j</sub> ≤ 10 : Tercemar sedang

PI<sub>j</sub> > 10 : Tercemar Berat

Penilaian dilengkapi wawancara kepada pemilik sumur, petani serta pemilik atau teknisi tambak di Desa Mojo dan Desa Pesantren yang dijadikan tempat pengamatan. Materi wawancara untuk penduduk yang memiliki sumur berisi pandangan mengenai kualitas air sumur yang masih dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari, sedangkan materi wawancara untuk petani dan pemilik tambak mengenai hal-hal terkait pengelolaan lahan dan kegiatan produksi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Pemalang terletak pada posisi antara 109° 17' 30" -109° 40' 30" Bujur Timur dan antara 06° 52' 30" - 07° 20' 11" Lintang Selatan. Kabupaten Pemalang memiliki rata-rata curah hujan sebesar 302 mm/tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada Bulan Januari yaitu 739 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada Bulan Juli, yaitu sebesar 47 mm. Pesisir Pemalang dicirikan dengan terdapatnya pasang tertinggi sebesar 1 m (Pemerintah Kabupaten Pemalang, 2017).

#### 3.2. Peruntukan Lahan

Berdasarkan Peta Tata Guna Lahan Desa Pesantren dan Desa Mojo yang telah divalidasi (Gambar 1), lahan di Desa Pesantren dan Desa Mojo antara lain adalah lahan tambak, mangrove, sawah, sungai, lahan kosong, pemukiman, serta perkebunan. Luas area pada tiap lahan tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Area Lahan di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang

Lahan	Luas Area (Ha)		
	Desa Pesantren	Desa Mojo	Total
Tambak	258,3914	196,661	455,0524
Mangrove	164,7449	110,9297	275,6746
Sawah	364,1559	155,4979	519,6538
Sungai	68,18263	62,01647	130,1991
Lahan Kosong	179,7585	120,8694	300,6279
Pemukiman	91,95615	47,31506	139,2712
Perkebunan	271,4297	140,9638	412,3935

#### 3.3 Hidrogeologi Desa Pesantren dan Desa Mojo

Desa Pesantren dan Desa Mojo memiliki komposisi litologi batuan aluvium endapan sungai yang tersusun dari pasir, krikil, lanau dan lempung. Batuan tersebut memiliki kelulusan air sedang sampai tinggi. Kedua desa tersebut memiliki akuifer produktif kategori sedang dengan debit sumur kurang dari 5 liter/detik (daerah dekat laut) serta akuifer produktif dengan debit sumur 5 sampai 10 liter/detik (daerah yang jauh dari

laut). Desa Pesantren dan Desa Mojo juga dilewati sungai yaitu Sungai Comal yang merupakan sungai permanen (Effendi, 1985).

### 3.4 Kualitas Air

Berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, mutu air digolongkan menjadi 4 kelas. Pada penelitian ini, mutu air kelas 1 digunakan untuk air sumur, kelas 2 digunakan untuk air sungai, kelas 3 untuk tambak, serta kelas 4 digunakan untuk air sawah. Hasil pengukuran kualitas air pada beberapa lokasi penelitian tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kualitas Air pada Beberapa Peruntukkan di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang 15 Mei 2017

No.	Variabel	Satuan	Lokasi Pengambilan Sampel							
			Tambak 1 (08.30 WIB)	Tambak 2 (09.21 WIB)	Sawah (08.02 WIB)	Sungai 1 (09.37 WIB)	Sungai 2 (08.45 WIB)	Sungai 3 (09.07 WIB)	Sumur 1 (09.54 WIB)	Sumur 2 (09.45 WIB)
<b>Fisika</b>										
1	Bau	-	Berbau	Berbau	Berbau	Berbau	Berbau	Berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2	Rasa	-	-	-	-	-	-	-	Berasa	Berasa
3	Warna	TCU	390*	788*	142*	225*	386*	556*	66*	16*
4	Suhu Air	°C	28	28	29	28	30	29	30	29
5	Suhu Udara	°C	29	29	29	30	30	30	30	30
6	Kedalaman	M	-	-	-	4,5	2,15	5,4	20	4
7	Debit	m <sup>3</sup> /s	-	-	-	24,509	7,07	45,514	-	-
8	Kekeruhan	NTU	27,8*	121*	8,83*	28,1*	39,5*	76,6*	2,89	1,12
<b>Kimia</b>										
9	TDS	mg/l	17,4	10,34	1149*	571	153,1	1493*	836	1014*
10	Salinitas	‰	20	15	0	0	0	0	0	0
11	pH	-	8	8	8	7	7	7	7	8
12	Ca	mg/l	0	77	148	105	253	92	73	56
13	Mg	mg/l	254	128	181	155	67	220	211	257
14	Kesadahan Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	254	305	329	260	320	312	284	313
15	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,007	0,026	0,045	0,02	0,013	0,021	0,006	0,009
16	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1	1,2	0,5	0,9	1,5	0,8	0,6	0,5
17	Amonia (NH <sub>4</sub> )	mg/l	4,99*	0,45*	0,72*	0,24*	0,45*	0,17*	0,29*	0,78*
18	Kadmium (Cd)	mg/l	0,047*	0,028*	0,017*	0,014*	0,063*	0,014*	0,019*	0,021*
19	Timbal (Pb)	mg/l	0,305*	0,21*	0	0,069*	0,066*	0,027*	0	0,041*

Keterangan :

\*= Angka yang melebihi baku mutu berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

- = Tidak diukur

### 3.5. Jumlah Pakan dan Pupuk yang Terbuang

#### 3.5.1. Jumlah Pakan yang Terbuang

Menurut Primavera (1994), pada tambak intensif terdapat 15% dari total pakan yang diberikan ke tambak tidak termakan oleh udang dan terlarut dalam air. Dari 85% yang dimakan udang terdapat 48% yang dibuang melalui proses metabolisme, *molting*, dan untuk tenaga, sisanya 20% dibuang melalui feses. Hanya 17% dari total pakan yang diberikan dikonversikan menjadi daging udang.

Berdasarkan wawancara dengan teknisi tambak, didapatkan hasil sebagai berikut:

- Luas kolam rata-rata = 2.300 m<sup>2</sup>
- Penggunaan pakan per kolam tiap siklus = 4 ton
- Total luas wilayah tambak = 455 ha
- Terdapat dua siklus budidaya dalam setahun, yaitu April-September dan Oktober-Maret

Untuk mengetahui jumlah pakan yang terbuang, dilakukan perhitungan menggunakan data hasil wawancara dengan mengacu pustaka Primavera (1994). Adapun perhitungan jumlah pakan yang terbuang adalah sebagai berikut:

- Penggunaan pakan per ha=  $\frac{\text{Penggunaan pakan per kolam (ton)}}{\text{Luas kolam (m}^2\text{)}}$   
 $= \frac{4}{2.300} = 0,001739 \text{ ton/m}^2 = 17,39 \text{ ton/ha}$
- Total penggunaan pakan= Penggunaan pakan (ton/ha) x Luas wilayah (ha)  
 $= 17,39 \times 455 = 7.912,45 \text{ ton}$
- Pakan yang digunakan dalam 1 tahun= Total penggunaan pakan (ton) x 2

$$= 7.912,45 \times 2 = 15.824,9 \text{ ton/tahun}$$

- Pakan tidak termakan= Total pakan (ton) x 15% = 15.824,9 x 15% = 2.373,74 ton/tahun
- Pakan yang dibuang melalui feses= Total pakan x 20% = 15.824,9 x 20%  
= 3.164,98 ton/tahun

### 3.5.2. Jumlah Pupuk yang Terbuang

Secara umum hara P dan K tidak perlu diberikan setiap musim. Unsur hara P dapat diberikan setiap 4 musim sedangkan unsur hara K dapat setiap 6 musim. Hal ini disebabkan pupuk P yang diberikan ke tanah, hanya  $\pm 20\%$  nya terserap tanaman sedang sisanya terakumulasi dalam tanah, sementara itu pupuk K yang diberikan ke dalam tanah, hanya terserap tanaman  $\pm 30\%$  dan sisanya terakumulasi dalam tanah (BBPADI, 2015).

Berdasarkan wawancara dengan petani sawah, didapatkan hasil sebagai berikut:

- Luas sawah rata-rata= 1,5 ha
- Pupuk yang digunakan= 3 kuintal = 0,3 ton
- Siklus penanaman padi dua kali pertahun, yaitu April-September dan Oktober-Maret.
- Luas wilayah sawah di Desa Mojo dan Pesantren adalah 519,7 ha

Untuk mengetahui jumlah pupuk yang terbuang, dilakukan perhitungan menggunakan data hasil wawancara yang mengacu pustaka BBPADI (2015). Adapun perhitungan jumlah pupuk yang terbuang adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan pupuk per ha =  $\frac{\text{Penggunaan pupuk (ton)}}{\text{Luas wilayah (ha)}}$   
=  $\frac{0,3}{1,5} = 0,2 \text{ ton/ha}$
- Total penggunaan pupuk = Penggunaan pupuk (ton) x Luas wilayah (ha)  
= 0,2, x 519,7= 103,94 ton
- Pupuk yang digunakan dalam 1 tahun = Total penggunaan pupuk (ton) x 2  
= 103,94 x 2 = 207,88 ton/tahun
- Pupuk yang terbuang = Total pupuk x 80% = 207,88 x 80%= 166,3 ton/tahun

### 3.6. IP (Indeks Pencemaran)

Hasil pengukuran kualitas air kemudian di evaluasi menggunakan perhitungan IP (Indeks Pencemaran). IP mengacu pada KEPMEN LH No.115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

#### 3.6.1. Kelayakan Kualitas Air Sumur berdasarkan IP (Indeks Pencemaran)

Tabel 4. Perhitungan IP (Indeks Pencemaran) Air Sumur di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang, Mei 2017

No.	Variabel	Satuan	Kualitas Air		Baku Mutu Kelas 1	Perhitungan IP			
			Sumur 1	Sumur 2		Sumur 1		Sumur 2	
			CI	CI	CI /L <sub>1</sub>	CI /L <sub>1</sub> baru	CI /L <sub>1</sub>	CI /L <sub>1</sub> baru	
1	Warna	TCU	66*	16*	15	4,4	4,2	1,067	1,067
2	Kekeruhan	NTU	2,89	1,12	5	0,578	0,578	0,224	0,224
3	TDS	mg/l	836	1014*	1000	0,836	0,836	1,014	1,014
4	pH		7	8	6-9	0	0	0,5	0,5
5	Kesadahan Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	284	313	500	0,568	0,568	0,626	0,626
6	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,006	0,009	1	0,006	0,006	0,009	0,009
7	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	0,6	0,5	10	0,06	0,06	0,05	0,05
8	Amonia ( NH <sub>3</sub> )	mg/l	0,29*	0,78*	0,02	0,58	0,58	1,56	1,56
9	Kadmium	mg/l	0,019*	0,021*	0,01	1,9	2,34	2,1	2,1
10	Timbal	mg/l	0	0,041*	0,03	0	0	1,367	1,367
x (rata-rata)						0,8928	0,917	0,852	0,852
PI <sub>i</sub>						0,91		0,85	

Keterangan :

\*= Angka yang melebihi baku mutu berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

Berdasarkan hasil perhitungan IP pada sumur (Tabel 4), sumur 1 memiliki IP sebesar 0,91 dan IP sumur 2 sebesar 0,85. Mutu air di kedua sumur tersebut masih memenuhi baku mutu, yaitu  $0 \leq PI_j \leq 1,0$ , sehingga kedua sumur layak digunakan untuk air minum. Hasil wawancara dengan penduduk sekitar, tidak terdapat permasalahan terhadap jumlah air sumur. Ketersediaan air di sumur-sumur penduduk tercukupi, baik pada musim hujan maupun saat musim kemarau. Hal tersebut karena secara hidrogeologi Desa Pesantren dan Desa Mojo (subbab 3.3) yang memiliki tipe akuifer produktif sedang serta akuifer produktif dengan debit sumur 5 sampai 10 liter/detik.

Permasalahan yang dirasakan oleh penduduk di kedua desa tersebut adalah kualitas air sumur yang kurang baik karena berbau lumpur dan kurang enak untuk dikonsumsi. Hal tersebut kemungkinan diakibatkan oleh tingginya konsentrasi amonia yang terdapat pada sumur (0,29 - 0,78 mg/l; Tabel 4) melebihi baku mutu yaitu 0,02 mg/l. Menurut Herlambang dan Marsidi (2013), kandungan amonia pada air minum menimbulkan rasa kurang enak saat dikonsumsi. Tingginya kandungan amonia pada sumur diperkirakan akibat rembesan pencemar yang masuk ke sumur karena konstruksi sumur yang sangat sederhana (tanpa pelapis beton) sehingga memudahkan peresapan pencemar masuk ke sumur. Menurut Herlambang dan Marsidi (2013), amonia berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat organik secara mikrobiologis dari limbah domestik.

Sumur mengandung Cd berkisar 0,019 - 0,021 mg/l yang melebihi baku mutu 0,01 mg/l (Tabel 4). Air minum yang mengandung logam Cd jika dikonsumsi terus menerus akan terakumulasi di organ tubuh. Pada konsentrasi tertentu, akumulasi logam tersebut menyebabkan kerusakan di beberapa organ tubuh, salah satunya ginjal. Menurut Herman (2006), kandungan 200 µg (berat basah) logam Cd dalam cortex ginjal mengakibatkan kegagalan ginjal dan berakhir pada kematian.

Konsentrasi Pb yang melebihi baku mutu 0,03 mg/l terjadi di sumur 2 sebesar 0,041 mg/l, sedangkan konsentrasi Pb pada sumur 1 adalah 0 mg/l (Tabel 4). Kandungan Pb yang melebihi baku mutu pada air sumur menyebabkan kerusakan organ tubuh bila dikonsumsi secara terus menerus. Menurut Palar (2008), organ-organ tubuh banyak menjadi sasaran dari peristiwa keracunan logam Pb adalah sistem saraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin, dan jantung. Setiap bagian yang diserang oleh Pb akan memperlihatkan efek yang berbeda.

### 3.6.2. Kelayakan Kualitas Air Tambak berdasarkan IP (Indeks Pencemaran)

Tabel 5. Perhitungan IP (Indeks Pencemaran) Air Tambak di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang, Mei 2017

No.	Variabel	Satuan	Kualitas Air		Baku Mutu Kelas 3	Perhitungan IP			
			Tambak 1	Tambak 2		Tambak 1		Tambak 2	
			CI	CI	LI	CI/LI	CI/LI baru	CI/LI	CI/LI baru
1	Warna	TCU	390*	788*	15	26	8,075	52,53333	9,602
2	Kekeruhan	NTU	27,8*	121*	5	5,56	4,725	24,2	7,919
3	TDS	mg/l	17,4	10,34	1000	0,0174	0,0174	0,01034	0,01034
4	pH		8	8	6-9	0,5	0,5	0,5	0,5
5	Kesadahan Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	254	305	500	0,508	0,508	0,61	0,61
6	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,007	0,026	1	0,007	0,007	0,026	0,026
7	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1	1,2	20	0,05	0,05	0,06	0,06
8	Amonia ( NH <sub>3</sub> )	mg/l	4,99*	0,45*	0,02	249,5	12,981	22,5	7,761
9	Kadmium	mg/l	0,047*	0,028*	0,01	4,7	4,36	2,8	3,236
10	Timbal	mg/l	0,305*	0,21*	0,03	10,167	6,036	7	5,225
x (rata-rata)						29,701	3,726	11,024	3,495
PI <sub>j</sub>							21,17		8,18

Keterangan :

\*= Angka yang melebihi baku mutu berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

Berdasarkan hasil perhitungan IP (Tabel 5), tambak 1 memiliki IP sebesar 21,17 yang menunjukkan status mutunya tercemar berat dan mutu tambak 2 tercemar sedang dengan IP sebesar 8,18. Hal tersebut menjadikan air tambak 1 dan 2 tidak layak digunakan untuk kegiatan perikanan. Melalui wawancara dengan teknisi tambak di Desa Pesantren dan Desa Mojo, diperkirakan bahwa satu siklus budidaya udang vaname menggunakan pakan sebanyak 17,39 ton/ha tambak. Terdapat dua siklus budidaya dalam setahun, yaitu April-September dan Oktober-Maret. Luas tambak di Desa Mojo dan Pesantren adalah 455 ha (Tabel 2). Dalam satu tahun tambak di dua desa tersebut menghabiskan pakan sebanyak 15.824,9 ton, dimana 2.373,74 ton pakan tidak

termakan oleh udang dan terlarut dalam air serta 3.164,98 ton dibuang melalui feses (subbab 3.5.1). Banyaknya jumlah pakan yang terbuang menyebabkan tingginya konsentrasi amonia pada air tambak (0,45-4,99 mg/l; Tabel 5) sehingga melebihi baku mutu air sebesar 0,02 mg/l. Menurut Boyd (1998), pakan udang buatan (pellet) memiliki kandungan protein 40%, sehingga proses pembusukan (perombakan) pellet akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang merupakan salah satu senyawa toksik bagi udang.

Banyaknya pakan yang terbuang juga menyebabkan tingginya kekeruhan di tambak (27,8-121 NTU; Tabel 5) yang melebihi baku mutu yaitu 5 NTU. Menurut Efendi (2003), kekeruhan yang tinggi dapat mengganggu sistem osmoregulasi organisme akuatik. Keruhnya perairan kolam mengurangi cahaya matahari untuk masuk ke dalam perairan dan dapat menghambat fitoplankton untuk berfotosintesis sehingga produktivitas perairan menurun dan terjadi penurunan kualitas air (Rahman, 2008).

Selain tingginya konsentrasi amonia dan kekeruhan, tambak memiliki konsentrasi Cd (0,028-0,047 mg/l; Tabel 5) yang melebihi baku mutu yaitu 0,01 mg/l. Angka tersebut tergolong berbahaya karena dapat menyebabkan kematian udang. Menurut Palar (2008), Crustacea akan mati dalam selang waktu 24-504 jam pada badan perairan logam Cd pada rentang konsentrasi antara 0.005-0.15 ppm.

Konsentrasi logam Pb pada tambak juga melebihi baku mutu (Tabel 3). Tambak 1 mengandung 0,305 mg/l logam Pb serta tambak 2 mengandung 0,21 mg/l logam Pb. Tingginya angka logam Pb pada tambak sama berbahayanya dengan logam Cd karena menyebabkan kematian udang. Menurut Palar (2008), sebagian besar logam Pb dalam aliran darah diserap dalam bentuk ikatan dengan eritrosit. Timbal dapat mengganggu enzim oksidase dan akibatnya menghambat sistem metabolisme sel yang kemudian mengganggu pertumbuhan.

### 3.6.3. Kelayakan Kualitas Air Sawah berdasarkan IP (Indeks Pencemaran)

Tabel 6. Perhitungan IP (Indeks Pencemaran) Air Sawah di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang, Mei 2017

No.	Variabel	Satuan	Kualitas Air		Perhitungan IP		
			Sawah	Baku Mutu Kelas 4	Sawah		
			CI	$L_i$	$CI/L_i$	$CI/L_i$ baru	
1	Warna	TCU	142*	15	9,467	5,881	
2	Kekeruhan	NTU	8,83*	5	1,766	2,235	
3	TDS	mg/l	1149*	2000	0,5745	0,5745	
4	pH		8	6-9	0,5	0,5	
5	Kesadahan Total ( $\text{CaCO}_3$ )	mg/l	329	500	0,658	0,658	
6	Nitrit ( $\text{NO}_2$ )	mg/l	0,045	1	0,045	0,045	
7	Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	mg/l	0,5	20	0,025	0,025	
8	Amonia ( $\text{NH}_3$ )	mg/l	0,72*	0,02	36	8,782	
9	Kadmium	mg/l	0,017*	0,01	1,7	2,15	
10	Timbal	mg/l	0	1	0	0	
x (rata-rata)						5,074	2,085
$PI_i$							3,88

Keterangan :

\*= Angka yang melebihi baku mutu berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

Tabel 6 menunjukkan sawah memiliki IP sebesar 3,88 yang menunjukkan status mutunya tercemar ringan. Hal tersebut menjadikan air sawah tidak layak digunakan untuk kegiatan pertanian. Hasil wawancara dengan petani sawah di Desa Pesantren dan Desa Mojo, yaitu terdapat dua siklus panen dalam setahun, yaitu April-September dan Oktober-Maret. Dalam satu siklus panen, digunakan pupuk sebanyak 0,2 ton/ha sawah. Luas sawah di Desa Mojo dan Pesantren adalah 519,7 ha (Tabel 2). Dalam satu tahun diperkirakan sawah di kedua desa tersebut menggunakan pupuk sebanyak 207,88 ton, dengan 166,3 ton pupuk tidak terserap oleh padi dan terakumulasi di tanah (subbab 3.5.2). Banyaknya jumlah pupuk yang tidak terserap oleh padi diduga menyebabkan tingginya konsentrasi amonia pada air sawah 0,72 mg/l; Tabel 6) hingga melebihi baku mutu (0,021 mg/l). Menurut Bush (2000) dalam Wantasen (2015), penggunaan pupuk menghasilkan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam jumlah besar dan mengalami konversi menjadi gas amonia ( $\text{NH}_3$ ).

Banyaknya jumlah pupuk yang tidak terserap oleh padi diperkirakan menyebabkan konsentrasi logam berat Cd pada air sawah menjadi tinggi (0,17 mg/l ; Tabel 6) dan melebihi baku mutu air (0,01 mg/l). Menurut Setyorini (2003), pupuk mengandung 0,1-170 ppm logam Cd. Diantara semua logam berat, kadmium (Cd) merupakan logam yang lebih mudah diakumulasi oleh tanaman (Nopriani, 2011).



Hasil pengukuran TDS pada sawah adalah sebesar 1149 mg/l, sedangkan kekeruhannya sebesar 8,38 NTU (Tabel 3). Tingginya TDS dan kekeruhan diperkirakan disebabkan oleh tanah dan batuan disekitar sawah. Menurut Efendi (2003), TDS perairan dipengaruhi oleh pelapukan batuan dan limpasan dari tanah. Menurut Musdad (1998), kekeruhan tinggi menyebabkan proses desinfeksi terganggu karena dapat melindungi hama dari pengaruh desinfektan.

### 3.6.4. Kelayakan Kualitas Air Sungai berdasarkan IP (Indeks Pencemaran)

Pengukuran kualitas air sungai dilakukan di 3 lokasi pengamatan Sungai Comal (Gambar 1). Lokasi sungai 1 terletak di dekat sawah dan jauh dari laut. Sungai 1 memiliki debit sebesar 24,509 m<sup>3</sup>/s serta mengandung konsentrasi amonia sebesar 0,24 mg/l, logam Cd sebesar 0,014 mg/l, dan logam Pb sebesar 0,069 mg/l (Tabel 7). Lokasi sungai 2 terletak di dekat tambak dan sawah dan berada di tengah (diantara sungai 1 dan sungai 3). Sungai 2 memiliki debit sebesar 7,07 m<sup>3</sup>/s serta mengandung konsentrasi amonia sebesar 0,45 mg/l, logam Cd sebesar 0,063 mg/l, dan logam Pb sebesar 0,066 mg/l (Tabel 7). Lokasi sungai 3 terletak di dekat tambak dan dekat dengan laut. Sungai 3 memiliki debit sebesar 45,514 m<sup>3</sup>/s serta mengandung konsentrasi amonia sebesar 0,17 mg/l, logam Cd sebesar 0,014 mg/l, dan logam Pb sebesar 0,027 mg/l (Tabel 7). Kandungan amonia pada ketiga lokasi pengamatan telah melebihi baku mutu sebesar 0,02 mg/l. Tingginya konsentrasi amonia tersebut diperkirakan disebabkan oleh sisa pakan yang terbuang dari tambak serta pupuk yang berasal dari sawah karena membuang limbahnya ke Sungai Comal. Selain amonia, logam Pb dan Cd pada sungai juga telah melebihi baku mutu. Tingginya kandungan logam tersebut diperkirakan dipengaruhi oleh penggunaan pupuk di sawah. Adapun logam Pb dan Cd merupakan unsur mikro yang terkandung pada pupuk, sehingga pengaruhnya tidak terlalu signifikan. Faktor lain yang diduga sebagai penyebab tingginya kandungan logam Pb dan Cd adalah limbah domestik dari kawasan hulu dan sekitar sungai. Limbah domestik menjadi penyebab utama pencemaran karena memiliki karakteristik limbah dengan kandungan logam Pb dan Cd yang cukup tinggi, yaitu Pb sebesar 0,021 mg/l serta Cd sebesar 0,008 mg/l (Said, 2008).

Sungai berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air untuk keseimbangan hidrologis (Kusumadewi *et al.*, 2012). Berdasarkan fungsinya tersebut, sungai berpotensi mendistribusikan cemaran pada kawasan disekitarnya. Beberapa peruntukkan lahan disekitar Sungai Comal seperti tambak, sawah dan sumur memiliki kandungan logam Pb dan Cd yang tinggi. Sumber cemaran tersebut diduga berasal dari limbah domestik di kawasan hulu yang terbawa oleh sungai ke kawasan hilir. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa sungai merupakan agen cemaran logam berat dari kawasan hulu ke kawasan pesisir dan kawasan hilir.

Pada lokasi pengamatan sungai 1,2, dan 3 (dari arah hulu hingga mendekati muara sungai), angka salinitas sebesar 0‰. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh laut terhadap mutu air di kawasan pesisir Kabupaten Pemalang tidak terlalu signifikan karena pengaruh dari kawasan hulu yang lebih besar.

Sungai 2 memiliki kandungan amonia, logam Cd dan logam Pb tertinggi. Tingginya angka tersebut diperkirakan karena letaknya yang berdekatan dengan tambak dan sawah serta memiliki debit sungai yang kecil sehingga tingkat pengencerannya semakin rendah. Menurut Happy *et al.*, (2012), debit merupakan faktor pengencer di Daerah Aliran Sungai (DAS). Semakin tinggi debit yang melewati aliran sungai, tingkat pengencerannya semakin tinggi. Debit yang tinggi berdampak pada penurunan konsentrasi logam berat dalam kolom air.

Kandungan logam Pb dan Cd yang tinggi disebabkan karena tingkat akumulasi oleh proses pengendapan. Berdasarkan hidrogeologinya (subbab 3.3), dijelaskan bahwa terjadi pengendapan di Sungai Comal. Menurut Hutagalung (1997), logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus dan oleh aliran air sungai dibawa ke arah laut. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap.

Berdasarkan hasil perhitungan IP pada 3 lokasi sungai (Tabel 7), sungai 1 memiliki IP sebesar 3,14 yang menunjukkan mutu air sungai 1 adalah tercemar ringan, sedangkan sungai 2 memiliki IP sebesar 5,12 dan sungai 3 memiliki IP sebesar 4,99 dengan status mutu air yaitu tercemar ringan. Hal tersebut menjadikan air sungai Comal tidak layak digunakan sebagai air baku untuk air minum.

Tabel 7. Perhitungan IP (Indeks Pencemaran) Air Sungai di Desa Pesantren dan Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang, Mei 2017

No	Variabel	Satuan	Kualitas Air			Baku Mutu Kelas 2	Perhitungan IP					
			Sungai 1	Sungai 2	Sungai 3		Sungai 1		Sungai 2		Sungai 3	
			CI	CI	CI		CI/LI	CI/LI baru	CI/LI	CI/LI baru	CI/LI	CI/LI baru
1	Warna	TCU	386*	556*	225*	15	15	6,88	25,733	8,05	37,07	8,845
2	Kekeruhan	NTU	39,5*	76,6*	28,1*	5	5,62	4,787	7,9	5,488	15,32	6,926
3	TDS	mg/l	153,1	1493*	571	1000	0,571	0,571	0,153	0,153	1,493	1,87
4	pH		7	7	7	6-9	0	0	0	0	0	0
5	Kesadahan Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	320	312	260	500	0,52	0,52	0,64	0,64	0,624	0,624

6	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,013	0,021	0,02	1	0,02	0,02	0,013	0,013	0,021	0,021
7	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1,5	0,8	0,9	10	0,09	0,09	0,15	0,15	0,08	0,08
8	Amonia (NH <sub>3</sub> )	mg/l	0,45*	0,17	0,24*	0,02	12	6,396	22,5	7,761	8,5	5,647
9	Kadmium	mg/l	0,063*	0,014*	0,014*	0,01	1,4	1,731	6,3	6,3	1,4	1,73
10	Timbal	mg/l	0,066*	0,027*	0,069*	0,03	2,3	2,809	2,2	2,2	0,9	0,9
x (rata-rata)							3,752	2,380	6,559	3,076	6,541	2,664
PI <sub>i</sub>							3,14		5,12		4,99	

Keterangan :

\*= Angka yang melebihi baku mutu berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan hasil evaluasi kualitas air menggunakan Indeks Pencemaran (IP), mutu air untuk beberapa peruntukan yaitu tambak, sawah, dan sungai dinyatakan tidak memenuhi kelayakan baku mutu air berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 dengan status: tambak 1 yang terletak cukup jauh dari laut telah tercemar berat (IP= 21,17), tambak 2 yang terletak dekat dengan laut memiliki status tercemar sedang (IP= 8,18), sawah yang terletak cukup jauh dari laut dinyatakan tercemar ringan (IP= 3,88), sungai 1 yang letaknya kearah kawasan hulu tergolong tercemar ringan (IP= 3,14), sungai 2 yang terletak di tengah dan dekat dengan cabang Sungai Comal telah tercemar sedang (IP= 5,12), sungai 3 yang letaknya dekat dengan laut yaitu tercemar ringan (IP= 4,99), sedangkan mutu air sumur 1 dan 2 yang terletak di kawasan pemukiman cukup jauh dari laut dinyatakan layak karena masih memenuhi baku mutu (IP= 0,91 dan 0,85).
2. Warna, kekeruhan air, amonia, TDS, logam Pb dan Cd merupakan variabel penurunan kualitas air di tambak, sawah, sungai dan sumur. Warna, kekeruhan air, amonia, dan TDS kemungkinan besar berasal dari sisa pakan ikan di tambak dan pupuk di sawah yang tidak terserap oleh padi, sedangkan logam Pb dan Cd dalam penelitian ini kemungkinan berasal dari limbah domestik di kawasan hulu yang terbawa oleh Sungai Comal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS dan Dra. Niniek Widyorini, MS yang telah memberikan saran dalam penulisan artikel ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BBPADI. 2015. <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/content/226-pemupukan-pada-tanaman-padi> (Diunduh pada 10 Agustus 2017).
- Boyd, C.E. 1998. *Water Quality in Ponds for Aqua Culture*. Auburn University, USA, 482 pp.
- Efendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta, 257 hlm.
- Effendi, A.T. 1985. *Peta Hidrogeologi*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung, Lembar 6.
- Happy, A., Masyamsir. dan Y. Dhahiyat. 2012. *Distribusi Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3): 175-182.
- Herlambang, A. dan R. Marsidi. 2003. *Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4 (1): 46-55.
- Herman, Danny Zulkifli. 2006. *Tinjauan terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam*. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(1): 31-36.
- Hu, D., G. Yang., Q. Wu., H. Li., X. Liu., X. Niu., Z. Wang. and Q. Wang. 2008. *Analyzing Land Use Changes in the Metropolitan Jilin City of Northeastern China Using Remote Sensing and GIS*. 8: 5449-5465.
- Hutagalung, H.P., D. Setiapermana. and K. Munawir. 1997. *Organochlorine, oil and heavy metals in Siak Estuary, Riau, Indonesia*. *Proceedings. The ASEAN-Canada Technical Conference on Marine Science*. Penang, Malaysia, 21-29.
- KEPMEN LH No.115 Tahun 2003 tentang *Pedoman Penentuan Status Mutu Air*.
- Kusumadewi., D.Ayu., L.Djakfar. dan Moh. Bisri. 2012. *Arahan Spasial Teknologi Drainase untuk Mereduksi Genangan di Sub Daerah Aliran Sungai Watu Bagian Hilir*. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 258-276.
- Musdad, D.A. 1998. *Pengaruh Air Gambut Terhadap Kesehatan dan Upaya Pemecahannya*. *Media Litbangkes*, 8(1): 8-13.
- Nurjaya., Zihan. dan Saeni. 2006. *Pengaruh Amelioran Terhadap Kadar Pb Tanah Serapannya serta Hasil Tanaman Bawang Merah pada Inceptisol*. *Jurnal ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*. 8, (2), 110-119.

- Nopriani, L.S. 2011. Teknik Uji Cepat untuk Identifikasi Pencemaran Logam Berat Tanah di Lahan Apel Batu. Disertasi. Universitas Brawijaya, Malang, 66 hlm.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Etoksiologi Logam Berat. Rineka Cipta, Jakarta, 125 hlm.
- PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.
- Primavera, J.H. 1994. Enviromental and Socioeconomic Effect of Shrimp Farming: the Phipippine Experience. Infofish International, 1: 44-49.
- Rahman, A. 2008. Kajian Kandungan Phospat dan Nitrat Pengaruhnya terhadap Kelimpahan Jenis Plankton di Perairan Muara Sungai Kelayan. Kalimantan Scientiae, 71: 32-44.
- Said, N.I. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta. Pusat Teknologi Lingkungan, Jakarta, 389 hlm.
- Setyorini, D., Soeparto. dan Sulaeman. 2003. Kadar Logam Berat dalam Pupuk. Badan Litbang Deptan, Pontianak, 219-229.
- Suriawiria, U. 2003. Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat. Alumni, Bandung, 128 hlm.
- Wantasen, S. 2015. Residu Pupuk Nitrogen di Lingkungan Perairan Hulu Daerah Aliran Sungai Tondano Provinsi Sulawesi Utara. Jurnal Bumi Lestari, 15 (2): 176-183.