

## Strategi Pengendalian Pencemaran Industri untuk Pengelolaan Mutu Air Sungai dan Tanah di DAS Diwak, Jawa Tengah

### *A Study of Industrial Pollution Control Strategies for River and Soil Water Quality Management in the Diwak River Basin, Central Java*

Wisnu Prayogo<sup>1\*</sup>, Fairuza Marhamah<sup>1</sup>, Hafiz Achmad Fauzan<sup>1</sup>, Rifka Noor Azizah<sup>2</sup>, Vandith Va<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Pasar V, Deli Serdang 20371, Indonesia

<sup>2</sup>Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Lampung Selatan 35365, Indonesia

<sup>3</sup>Ministry of Industry, Science, Technology and Innovation, NR2 Chak Angre Leu, Phnom Penh 12350, Kamboja

\*Email korespondensi : [wisnuprayogo@unimed.ac.id](mailto:wisnuprayogo@unimed.ac.id)

#### ABSTRAK

Pencemaran Sungai Diwak akibat aktivitas industri berdampak terhadap penurunan kualitas air sungai dan tanah, dibuktikan dengan adanya temuan tanaman pertanian abnormal. Penelitian ini bertujuan membuktikan apakah aktivitas industri di Kawasan Industri Bergas telah mencemari air sungai dan tanah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Diwak, serta merekomendasikan strategi pengendalian pencemarannya. Lokasi pengambilan sampel dilakukan berada pada Desa Kedungwuni hingga Diwak dengan membaginya menjadi 3 segmen. Dua belas parameter analisis kualitas air sungai dan lima parameter tanah dianalisis dengan dibandingkan pada baku mutu yang dipersyaratkan. Analisis mutu air sungai menggunakan metode Pollution Index (PI), sedangkan strategi pengendalian pencemaran menggunakan analisis *Strengths, Weakness, Opportunities, dan Threats* (SWOT). Hasil kajian diketahui bahwa Sungai Diwak sudah tidak dapat menerima beban pencemar BODc 8.14 mg.L<sup>-1</sup>. Beban pencemar sudah melampaui daya tampung alami sebesar 2.22 mg.L<sup>-1</sup>. Korelasi antara pencemaran Sungai Diwak dengan data penurunan kualitas air sungai dan peningkatan unsur logam berat pada sampel tanah di sekitar DAS Diwak memiliki korelasi positif 99.6%. Strategi upaya pengendalian pencemaran air sungai dan tanah adalah (1) menetapkan kebijakan baku mutu air sungai dan tanah, (2) meningkatkan pemantauan aktivitas industri, kualitas air sungai dan tanah; serta (3) pemberian sanksi dan penghargaan kepada industri maupun masyarakat atas prestasinya dalam mengelola ekosistem.

Kata kunci: analisis SWOT, IPAL industri, metode PI, parameter logam berat

#### ABSTRACT

*Diwak river was polluted by industrial activities. The polluted river water quality and soil are evidenced by the community's findings of abnormal agricultural plants. This study aims to prove whether industrial activities have polluted river water and soil in the basin, and to provide advice on controlling strategies. Twelve parameters of river water quality analysis and five parameters of soil were analyzed compared to the required quality standard. Analysis of river water quality used the Pollution Index (PI) method, while the pollution control strategy used Strengths, Weakness, Opportunities, dan Threats (SWOT) analysis. The results of the study found that the Diwak River was no longer able to accept the pollutant load of 8.14 mg.L<sup>-1</sup>. BODc. This pollutant load has exceeded the natural capacity of 2.22 mg.L<sup>-1</sup>. The correlation between Diwak River pollution and data on decreasing river water quality and increasing heavy metal elements in soil samples has a positive correlation of 99.6%. The strategy for controlling pollution in river water and soil are (1) establish policies on the river and soil water quality standard, (2) improve monitoring of industrial activities, river water quality, and soil, (3) provide legal sanctions and awards to industry for their achievements in managing the quality and ecosystem.*

*Keywords: SWOT analysis, industrial WWTP, PI method, heavy metal parameters*

## PENDAHULUAN

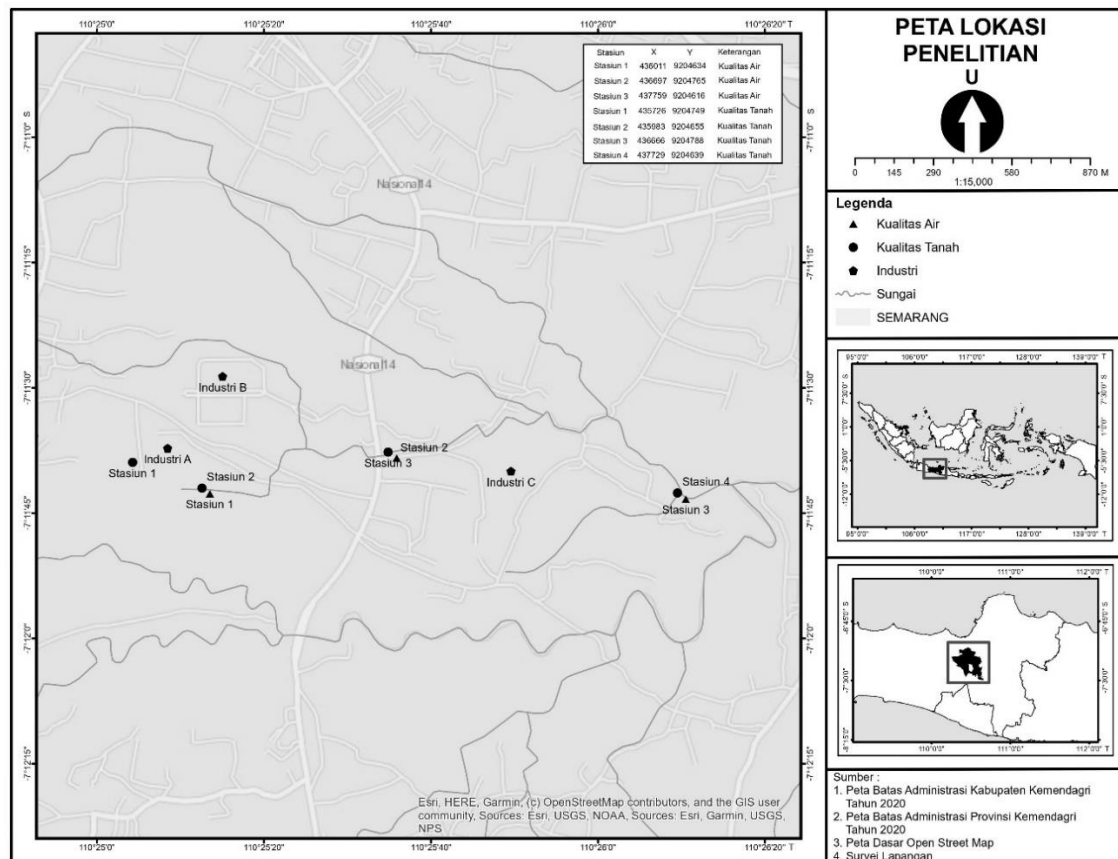
Kawasan Industri Bergas di Jawa Tengah, dilalui oleh jalur pusat perkembangan Kota Yogyakarta, Surakarta, dan Semarang. Kondisi ini menjadikan Kawasan Industri Bergas sebagai lokasi yang strategis sehingga memicu pesatnya pertumbuhan industri. Namun, seiring waktu pertumbuhan industri mengakibatkan alih fungsi lahan yang diikuti dengan bertambahnya laju aktivitas dan produksi industri yang berdampak terhadap kualitas Sungai Diwak (Priyambada, 2008).

Pada Tahun 2014, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Semarang mendapat 3 laporan masyarakat bahwa pencemaran Sungai Diwak yang diduga akibat air limbah yang dialirkan ke sungai oleh industri berimbas terhadap penurunan kualitas tanah. Permasalahan ini diperkuat dengan adanya tanaman pertanian abnormal. Masyarakat menemukan padi yang tumbuh di sepanjang DAS Diwak memiliki rasa dan warna yang berbeda (Rahmawati, 2011; Zakaria, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan apakah aktivitas industri di Kawasan Industri Bergas telah menyebabkan penurunan kualitas air sungai dan tanah pada DAS Diwak, serta merekomendasikan upaya pengendalian pencemarannya.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan *Pollution Index* (PI) untuk mengetahui status mutu eksisting Sungai Diwak (Effendi, 2015). Pada lokasi penelitian dilakukan pengamatan formasi batuan untuk mengetahui struktur penyusun tanah dan analisis kualitas tanah (Siregar, 2016). Upaya pengelolaan lingkungan sebagai pengendalian pencemaran disusun menggunakan analisis SWOT. *Sample Survey Method* digunakan untuk menentukan segmentasi lokasi penelitian dengan membagi lokasi menjadi 3 segmen yang ada pada Gambar 1. dari Desa Kedungwuni hingga Desa Diwak, Kawasan Industri Bergas, Kabupaten Semarang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode pengukuran kualitas air sungai disajikan pada Tabel 1 dan kualitas tanah pada Tabel 2. Pengambilan sampel air sungai dilakukan tiga kali sesuai musim kemarau untuk memastikan bahwa sungai berada pada kondisi yang sebenarnya. Pada setiap stasiun, 3 ulangan sampling (tengah dan kedua sisi sungai) dilakukan dan kemudian

campurkan (*composite sample*). Sampel air disimpan dalam botol sampel 250 mL dan dimasukkan ke dalam kotak pendingin dengan suhu 4°C. Pengawetan sampel air menggunakan 0.3 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck, Jerman) untuk kebutuhan pengujian BOD dan COD. Parameter logam berat, sampel diawetkan menggunakan 0.3 mL HNO<sub>3</sub> (Merck, Jerman).

Tabel 1. Parameter Pengamatan Kualitas Air Sungai dan Metode Pengukurannya

No.	Parameter	Unit	Metode Pengukuran	Tempat Pengukuran
Kelompok Parameter Fisik				
1.	Kecepatan aliran	m.dtk <sup>-1</sup>	<i>Current Meter</i>	<i>in situ</i>
2.	Debit	(m <sup>3</sup> ).dtk <sup>-1</sup>	Kalkulasi	<i>in situ</i>
3.	Suhu	°C	Termometer	<i>in situ</i>
4.	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	mg.L <sup>-1</sup>	Gravimetri	Laboratorium
Kelompok Parameter Kimia				
1.	<i>Potensial Hydrogen (pH)</i>	-	Digital pH meter	<i>in situ</i>
2.	<i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	mg.L <sup>-1</sup>	Digital DO meter	Laboratorium
3.	<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	mg.L <sup>-1</sup>	Winkler dan Inkubasi	Laboratorium
4.	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg.L <sup>-1</sup>	Refluks K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Laboratorium
5.	Tembaga (Cu)	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
6.	Besi (Fe)	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
7.	Timbal (Pb)	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
8.	Seng (Zn)	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium

Tabel 2. Parameter Pengamatan Kualitas Tanah dan Metode Pengukurannya

No.	Parameter	Unit	Metode Pengukuran	Tempat Pengukuran
1.	pH	-	Digital pH meter	<i>in situ</i>
2.	Cu	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
3.	Fe	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
4.	Pb	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium
5.	Zn	mg.L <sup>-1</sup>	Spektrofotometer AAS	Laboratorium

### Tahapan Analisis Data

#### 1. Analisis beban pencemar dari industri

- a. Data kualitas *outlet* industri dibandingkan dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, sesuai jenis industrinya.

- b. Beban pencemar sebenarnya ada pada Persamaan 1:

$$BPA_j = (CA)_j * DA * f \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

BPA = beban pencemar sebenarnya unsur pencemar (kg.hari<sup>-1</sup>)

(CA)<sub>j</sub> = kadar sebenarnya unsur pencemar (mg.L<sup>-1</sup>)

DA = debit limbah cair sebenarnya ((m<sup>3</sup>).hari<sup>-1</sup>)

f = faktor konversi (1/1000).

- c. Beban pencemar maksimum terdapat pada Persamaan 2:

$$BPM_j = (BPM)_j * x * Pb * f \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

BPM<sub>j</sub> = beban pencemar maksimum unsur pencemar (kg.hari<sup>-1</sup>)

(BPM)<sub>j</sub> = beban pencemar maksimum sesuai baku mutu (mg.L<sup>-1</sup>)

Pb = kapasitas produksi per hari

f = faktor konversi (1/1000)

#### 2. Analisis kualitas sungai dan tanah

Data hasil kualitas sungai dibandingkan dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Baku mutu tanah mengikuti nilai dalam buku

oleh Pickering dan Kneze. Status kualitas air dinilai dengan metode PI menggunakan Persamaan 3 dan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Status Kualitas Air (Prayogo et al., 2020). Penentuan kriteria berdasarkan skor di Tabel 3.

$$PI = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_{ij}}{L_{ij}}\right)^2 M + \left(\frac{C_{ij}}{L_{ij}}\right)^2 R}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- PIj = *Pollution Index* untuk suatu peruntukan (j)
- Cij = konsentrasi parameter kualitas air hasil survei (i)
- Lij = konsentrasi parameter kualitas air dalam baku mutu (j)
- (Cij/Lij)M = nilai maksimum Ci/Lij
- (Ci/Lij)R = nilai rata-rata Ci/Lij

Tabel 3. Klasifikasi Status Mutu Kualitas Air Berdasarkan Nilai PI

Nilai PI	Kriteria
0.0 s.d ≤ 1.0	Kualitas baik
1.0 s.d ≤ 5.0	Tercemar ringan
> 5.0 s.d ≤ 10	Tercemar sedang
> 10	Tercemar berat

3. Menghitung daya tampung dan daya pulih beban pencemar pada Sungai Diwak dengan metode Streeter Phelps.

a. Menentukan suhu, DO, dan BOD setelah pencemaran (Tc, DOc, dan BODc)

$$C_o = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- Co = konsentrasi konstituen awal pada titik buangan pencampuran
- Cr = konsentrasi konstituen dalam sungai sebelum pencampuran
- Cw = konsentrasi konstituen dalam air limbah
- Qr = laju alir sungai ((m<sup>3</sup>).s<sup>-1</sup>)
- Qw = laju alir air limbah ((m<sup>3</sup>).s<sup>-1</sup>)

b. Menentukan defisit DO setelah pencampuran

- 1) DO jenuh pada suhu campuran dilihat pada tabel kejenuhan.
- 2) Lo adalah BOD campuran ultimat saat t=0, dengan nilai K' pada 20 °C

adalah 0.3 hari-1 dan nilai K'2 pada 20 °C adalah 0.7 hari-1 dengan Persamaan 5.

$$L\alpha = \frac{BOD_{5,20}}{1 - e^{-5K'}} \dots\dots\dots(5)$$

3) Defisit DO pada keadaan awal t=0 (D0) = DO jenuh - DO campuran

c. Koreksi laju reaksi pada suhu setelah pencampuran pada Tc

$$K'_{T} = K'_{20}(1.407)^{T-20}$$

$$K'_{2T} = K'_{2(20)}(1.016)^{T-20}$$

d. Menentukan waktu kritis dan jarak kritis

1) Waktu kritis (tc) menggunakan Persamaan 6.

$$t_c = \frac{1}{K'_2 - K'} \ln \frac{K'_2}{K'} \left\{ 1 - \left( \frac{DO(K'_2 - K')}{K'Lo} \right) \right\} \dots\dots(6)$$

2) Jarak kritis (xc) menggunakan Persamaan 7.

$$x_c = t_c \cdot v \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

- xc = jarak kritis (km)
- tc = waktu kritis (hari)
- v = kecepatan aliran sungai (km.hari<sup>-1</sup>)

e. Menentukan defisit oksigen kritis dan DO saat titik kritis

1) Defisit oksigen kritis (Dc) menggunakan Persamaan 8.

$$D_c = \frac{K'_2 L_o e^{-t_i \theta - K' t_c}}{K'} \dots\dots\dots(8)$$

2) DO saat titik kritis (tc) menggunakan Persamaan 9.

$$DO_{pada\ t_c} = (DO_{jenuh\ pada\ t_c}) - D_c \dots\dots(9)$$

f. Menentukan beban BOD maksimum pada sungai sebagai daya tampung beban pencemar BOD

1) Menghitung beban BOD ultimat maksimum (D<sup>all</sup>) menggunakan Persamaan 10 dan 11.

$$D^{all} = DO_{jenuh\ pada\ t_c} - DO_{baku\ mutu} \dots\dots(10)$$

$$\log L\alpha = \log D^{all} + \left\{ (K'_1(K'_2 - K'_1)) \left( 1 - \left( \frac{DO}{D^{all}} \right)^{0.418} \right) \left( \log \frac{K'_2}{K'} \right) \right\} \dots\dots\dots(11)$$

2) Beban BOD optimum dengan Persamaan 12.

$$BOD_{opt} = L\alpha(1 - e^{-5K'}) \dots\dots\dots(12)$$

4. Menganalisis hubungan pencemaran sungai terhadap kelimpahan unsur logam pada tanah dengan menggunakan *Software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Uji yang digunakan adalah uji regresi linear sederhana dengan maksud menghitung nilai estimasi rata-rata dan nilai variabel terikat berdasarkan pada nilai variabel bebas, menguji hipotesis karakteristik dependensi, dan meramalkan nilai rata-rata variabel bebas dengan didasarkan pada nilai variabel bebas di luar jangkauan sampel.
5. Menganalisis strategi pengendalian pencemaran Sungai Diwak dan tanah di sekitarnya dengan metode analisis SWOT. Adapun langkah analisis ini sebagai berikut:
  - a. Menyusun aspek dan indikator pengendalian pencemaran Sungai Diwak dan tanah berdasarkan hasil pengamatan, wawancara, kondisi kualitas sungai dan tanah, serta pelaksanaan pengendalian pencemaran.
  - b. Melakukan analisis SWOT terhadap indikator pengendalian pencemaran air sungai dan tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi beban pencemar dari *point source* adalah hasil identifikasi sumber pencemar dan sumber tersebut memanfaatkan Sungai Diwak sebagai badan air penerima buangan dari *outlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jenis industri yang diduga merupakan sumber penyumbang beban pencemar pada DAS Diwak ditunjukkan pada Tabel 3. Gambaran tentang kualitas air Sungai Diwak dilakukan dengan pengambilan sampel parameter kualitas air sungai dilakukan di 3 lokasi yang diperkirakan mewakili daerah hulu, tengah, dan hilir sungai. Sebanyak 12 parameter kualitas air diukur. Parameter-parameter tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air kelas II (Gambar 2). Baku mutu air sungai diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 (Nida *et al.*, 2017). Peraturan ini memiliki 48 parameter air tawar, meliputi parameter fisik, kimia anorganik, kimia organik, mikrobiologi, dan radioaktivitas. Ada 4 kelas kualitas air yang ditentukan dalam peraturan ini, yaitu kelas I sebagai sumber air untuk konsumsi, kelas II untuk mengairi tanaman pangan (pertanian), kelas III untuk budidaya perikanan dan peternakan, serta kelas 4 untuk pengairan tanaman non pangan atau taman atau peruntukan lain sejenis (Efendi, 2016).



Gambar 2. Penggunaan Lahan dan Jenis Kegiatan di Sekitar DAS Diwak

Tabel 3. Jenis Industri di Lokasi Penelitian

No.	Industri	Jenis Industri	Lokasi	Koordinat
1.	A	Minuman ringan	Desa Kedungwuni	7°11'36"S 110°25'08"E
2.	B	Minuman beralkohol	Desa Ngempon	7°11'30"S 110°25'24"E
3.	C	Obat dan jamu	Desa Diwak	7°11'38"S 110°25'51"E

Hasil analisis kualitas air *outlet* IPAL pada masing-masing industri (Tabel 3) dibandingkan dengan baku mutu air limbah menurut Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012. Analisis beban pencemar dari

masing-masing industri dilakukan dengan menganalisis 6 parameter kualitas air, baik fisik dan kimia organik, seperti BOD dan COD (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Analisis Kualitas *Outlet* Industri A

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis			Baku Mutu		
			A	B	C	A	B	C
1.	Debit	L/L produk	56.13*	62.38*	251.33*	1.7	6	15
2.	pH	-	-	7.43	7.34	-	6-9	6-9
3.	Suhu	°C	30.52	-	-	38	-	-
4.	TSS	mg.L <sup>-1</sup>	20.35	11.72	16.33	51	40	60
5.	BOD	mg.L <sup>-1</sup>	41.21	13.82	8.41	85	40	60
6.	COD	mg.L <sup>-1</sup>	64.49	42.94	37.21	170	100	120

(Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Semarang, 2016).

\*Melebihi baku mutu yang dipersyaratkan.

Tabel 4 menunjukkan bahwa debit rata-rata *outlet* IPAL ketiga industri yang dialirkan ke Sungai Diwak melebihi ketentuan yang dipersyaratkan. Debit air akan memberatkan bagi badan air penerima dan sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem dan kualitas air pada DAS Diwak. Peningkatan jumlah produksi diduga mempengaruhi jumlah air bersih yang dibutuhkan untuk proses produksi dan jumlah

air limbah yang dihasilkan dari setiap prosesnya. Debit air *outlet* IPAL yang melebihi kapasitas baku mutu pengaruhnya terhadap beban pencemar (*load*). Data hasil pengujian kualitas air limbah dari ketiga industri dapat digunakan untuk menentukan beban pencemar dari parameter BOD, COD, dan TSS (Tabel 5).

Tabel 5. Konsentrasi dan Beban Pencemar Industri di Sungai Diwak

No.	Industri	BOD			COD			TSS		
		CAj (mg.L <sup>-1</sup> )	BPA (kg.hr <sup>-1</sup> )	BPM (kg.hr <sup>-1</sup> )	CAj (mg.L <sup>-1</sup> )	BPA (kg.hr <sup>-1</sup> )	BPM (kg.hr <sup>-1</sup> )	CAj (mg.L <sup>-1</sup> )	BPA (kg.hr <sup>-1</sup> )	BPM (kg.hr <sup>-1</sup> )
1.	A	41.20	2.31	0.14	64.03	3.59	0.29	20.00	1.12	0.09
2.	B	13.80	0.86	0.24	42.90	2.66	0.60	11.70	0.73	0.24
3.	C	8.42	2.11	0.90	37.87	9.52	1.80	7.30	1.83	0.90
	Total	-	5.28	-	-	15.77	-	-	3.68	-

Tabel 5 menunjukkan Industri C merupakan penyumbang beban pencemar terbesar untuk akumulasi parameter BOD, COD, dan TSS, dengan total nilai 13.46 kg per hari. Nilai debit berbanding lurus terhadap nilai BPA. Semakin besar debit *outlet* suatu industri, maka nilai BPA

akan semakin besar pula. Hal ini karena dalam perhitungan untuk menentukan nilai BPA, debit merupakan faktor pengali. Beban pencemar oleh *outlet* IPAL industri (Gambar 3) dan analisis daya tampung dan daya pulih Sungai Diwak (Tabel 6).



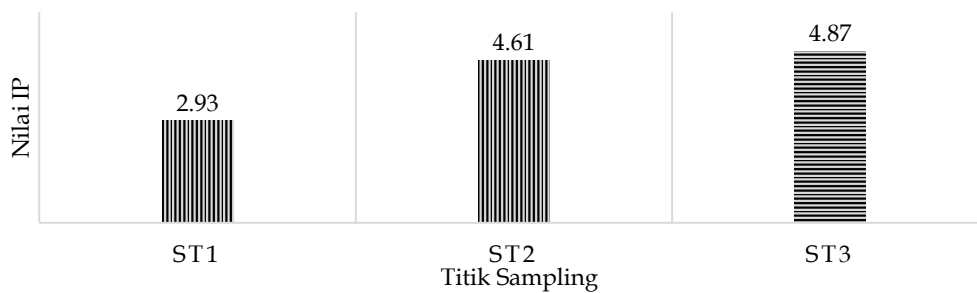
Gambar 3. Beban pencemar oleh Outlet IPAL Industri terhadap Kualitas Air Sungai Diwak

Tabel 6. Analisis Daya Tampung dan Daya Pulih Sungai Diwak

Titik pencampuran	Tc (°C)	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>c</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Lo (mg.L <sup>-1</sup> )	D <sub>0</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	tc (hari)	xc (km)	Dc (mg.L <sup>-1</sup> )	DO pada tc (mg.L <sup>-1</sup> )	BOD optimum (mg.L <sup>-1</sup> )
2	2.19	0.29	8.14	15.00	8.16	0.83	3.07	5.81	2.64	2.22

Nilai BOD pada titik pencampuran tengah dan hilir Sungai Diwak yang bercampur dengan air hasil pengolahan IPAL industri diketahui bahwa beban pencemar organik (BOD) tidak dapat diuraikan optimal dengan bantuan oksigen yang terkandung dalam aliran air (DO). Konsentrasi DO mencapai titik kritis setelah 19 jam dengan jarak tempuh 3.07 km dari titik pencampuran, yaitu DO mengalami penurunan 5.81 mg.L<sup>-1</sup>

sehingga hanya tersisa 2.64 mg.L<sup>-1</sup>. Konsentrasi DO ini menjadikan kondisi Sungai Diwak tidak mempunyai kemampuan menerima beban pencemar BOD<sub>c</sub> 8.14 mg.L<sup>-1</sup>. Beban pencemar sudah melampaui daya tampung alami 2.22 mg.L<sup>-1</sup>. Kondisi ini telah berdampak terhadap status mutu Sungai Diwak (Gambar 4 dan Tabel 7). Status mutu ini tidak termasuk parameter logam berat karena tidak diikutsertakan diperhitungan.



Gambar 4. Status Mutu Sungai Diwak pada Masing-Masing Segmen

Tabel 7. Nilai PI dan Mutu Sungai Diwak pada Kelas I, III, serta IV

Stasiun	Kelas I		Kelas III		Kelas IV	
	IP	Kriteria	IP	Kriteria	IP	Kriteria
I	3.47	Tercemar ringan	2.89	Tercemar ringan	1.02	Tercemar ringan
II	4.49	Tercemar ringan	4.73	Tercemar ringan	1.24	Tercemar ringan
III	4.74	Tercemar ringan	4.99	Tercemar ringan	1.51	Tercemar ringan

Status mutu Sungai Diwak mengalami peningkatan nilai dari hulu ke hilir. Buruknya kualitas sungai di hilir sungai menandakan telah terjadi akumulasi bahan pencemar

disertai penurunan kemampuan degradasi oleh sungai (purifikasi). Nilai PI yang tinggi diakibatkan karena besarnya konsentrasi parameter TSS, BOD, Cu, dan Zn pada

Stasiun 2 dan Stasiun 3. Beban pencemar BOD yang berasal dari Industri B sebesar 13.80 mg.L<sup>-1</sup>, menaikkan nilai BOD pada Stasiun 2 menjadi 18 mg.L<sup>-1</sup>. TSS dari Industri C adalah 7.30 mg.L<sup>-1</sup>, menaikkan nilai TSS pada Stasiun 3 menjadi 122.7 mg.L<sup>-1</sup>. Kondisi ini mengakibatkan status mutu sungai pada Stasiun 2 dan Stasiun 3 tercemar sedang.

Akumulasi logam berat dan metaloid bisa mengakibatkan tanah menjadi terkontaminasi. Emisi bahan pencemar (polutan) dari kawasan industri, pembuangan limbah pada

konsentrasi tinggi, penggunaan pupuk kimia untuk pertanian, sedimentasi lumpur hasil pengolahan limbah, pestisida, atau pun dari irigasi air limbah (Khan *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010). Kelompok kimia anorganik adalah logam berat. Logam berat sulit sering ditemukan pada lokasi terkontaminasi, seperti tembaga (Cu), besi (Fe), timbal (Pb), dan seng (Zn). pH yang asam menandakan tingginya konsentrasi logam berat pada sampel tanah (Tabel 8).

Tabel 8. Hasil Analisis Kualitas Tanah di Sekitar DAS Diwak

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian										Rata-Rata	Baku Mutu
			ST1		ST2		ST3		ST4		RP	LP		
			RP1	LP1	RP2	LP2	RP3	LP3	RP4	LP4				
1.	pH	-	6	6	4	4	6	6	5	6	5.25	5.25	-	
2.	Cu	mg.L <sup>-1</sup>	0.84	0.95	0.79	0.84	0.75	0.84	0.79	0.83	0.80	0.87	2 - 100	
3.	Fe	mg.L <sup>-1</sup>	144	462	637	685	616	663	633	645	508	614	10,000 - 100,000	
4.	Pb	mg.L <sup>-1</sup>	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.001	0.000	0.001	0.0025	0.001	2 - 200	
5.	Zn	mg.L <sup>-1</sup>	1.26	0.97	1.33	1.77	2.22	1.17	1.19	1.26	1.50	1.29	10 - 300	

Tabel 9. *Coefficients*<sup>a</sup>

Value	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		T	Sig.	Correlations		
	b	Standard Error	Beta				Zero-order	Partial	Part
1 (Determination)	-12.198	13.536			-.901	.434			
Air	6.641	.351	.996		18.901	.000	.996	.996	.996

a. *Dependent Variable:* Tanah

Korelasi antara pencemaran Sungai Diwak dengan data penurunan kualitas air sungai dan peningkatan unsur logam berat pada sampel tanah di sekitar DAS Diwak memiliki korelasi positif 99.6%. Interpretasi terhadap koefisien korelasi menyatakan bahwa kedua data berhubungan erat. Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai  $T_{hitung}$  18.901 dan nilai sigma adalah 0.00. Hasil pengolahan data hasil pengamatan menggunakan SPSS didapatkan bahwa nilai  $t_{table}$  ( $\alpha=0.05$ ) adalah 2.13. Nilai ini lebih kecil dari  $t_{hitung}$  yang menunjukkan angka 18.901, maka artinya ada pengaruh signifikan antara pencemaran air sungai akibat aktivitas industri yang bersumber pada air outlet IPAL yang dialirkan pada badan air terhadap penurunan kualitas tanah. Nilai sigma 0.000 ini juga lebih kecil dari nilai 0.05 yang memiliki hasil penyimpulan (interpretasi) yang sama.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lokasi penelitian tersegmentasi tersusun atas batuan andesit dan pasir. Batuan andesit termasuk jenis batuan beku sebagai hasil pembekuan dari lelehan magma diorit, sedangkan batuan pasir adalah jenis batuan yang sering dijumpai di alam yang kandungan utamanya adalah kuarsa (>90% SiO<sub>2</sub>). Kedua jenis batuan ini sama-sama mengandung Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang komposisinya kurang dari 1.5%. Melihat komposisi kandungan Fe pada sampel tanah yang rata-rata >500 mg.L<sup>-1</sup>, maka tidak dimungkinkan bahwa ada pengaruh spesifik besarnya Fe pada sampel yang dipengaruhi oleh jenis batuan penyusun tanah. Dengan demikian maka perlu dilakukan pengendalian pencemaran pada DAS Diwak yang mensinergikan antara pemerintah, industri, dan masyarakat (Tabel 10).



Tabel 10. Strategi Pengendalian Pencemaran Aktivitas Industri terhadap Kualitas Air dan Tanah

Aspek	Indikator	Strategi
Internal	Sungai Diwak	1. Pemenuhan status mutu air sungai sesuai kelas peruntukannya
		2. Pemenuhan mutu tanah sesuai baku mutu
		3. Pemanfaatan sungai sesuai peruntukannya
		4. Konservasi DAS sesuai kebijakan pengelolaan lingkungan hidup
Eksternal	Pemerintah	1. Pengkajian kembali baku mutu air sesuai jenis peruntukannya
		2. Penetapan kebijakan baku mutu tanah
		3. Peningkatan pemantauan kualitas air sungai, tanah, dan tanaman pertanian
		4. Peningkatan upaya konservasi pada daerah hulu sungai
		5. Peningkatan upaya pengawasan aktivitas industri
		6. Pemberian sanksi hukum dan penghargaan kepada kinerja industri dalam mengelola lingkungan hidup
		7. Tersedianya pusat layanan pengaduan masyarakat
		8. Sosialisasi secara berkala hasil pemantauan aktivitas industri dan lingkungan hidup kepada masyarakat
Industri		1. Tersedianya unit IPAL pada industri
		2. Kualitas air pada <i>outlet</i> IPAL sudah memenuhi baku mutu
		3. Pengurangan penyaluran air hasil pengolahan IPAL ke sungai, misalnya untuk penyiraman tanaman non pangan, pencuci mesin, dan <i>flushing toilet</i>
		4. Pengelolaan lingkungan industri sesuai dokumen perencanaan lingkungan hidup
		5. Hasil pemantauan kegiatan penerapan Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UKL UPL) atau Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) pada industri secara berkala dilaporkan kepada dinas terkait yang membidangi
		6. Berperan aktif dalam kegiatan dan program Program Penilaian Peringkat Kerja Perusahaan (PROPER)
Masyarakat		1. Pemanfaatan sungai untuk irigasi tanaman pertanian
		2. Tersedianya Forum Peduli Lingkungan oleh masyarakat
		3. Pengurangan penggunaan pupuk dan pestisida kimia
		4. Peningkatan peran serta masyarakat dalam pengelolaan sungai sepanjang DAS Diwak
		5. Pelatihan pertanian organik yang ramah lingkungan
		6. Pemberian penghargaan kepada masyarakat penggerak program pengelolaan dan konservasi DAS Diwak

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Semarang, Sepridawati Siregar, S.Si., M.T., Ph.D., Dra. Yuli Pratiwi, M.Si., dan Dra. Sri Hastutiningrum, M.Si. yang telah membantu dalam pemenuhan pembiayaan dan pembimbingan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H., Romanto, & Wadiatno, Y. (2015). Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 228-237. Doi: [10.1016/j.proenv.2015.03.030](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.030).
- Efendi, H. (2016) River water quality preliminary rapid assessment using

- pollution index. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 562-567. Doi: [10.1016/j.proenv.2016.03.108](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.108).
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., & Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152(3), 686-692. Doi: [10.1016/j.envpol.2007.06.056](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.056).
- Menteri Lingkungan Hidup. (2003). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003*. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Nasional.
- Nida, Rahman, M., & Rahman, A. (2017). Hubungan status mutu air metode indeks pencemaran dengan kegiatan keramba jaring apung di Waduk Riam Kanan Kecamatan Aranio Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. *Fish Scientiae*, 7(1), 1-17. Diakses dari <http://fishsci.entia.eulm.ac.id/index.php/fs/article/view/106/92>.
- Pemerintah Daerah. (2012). *Perubahan Atas Perda Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Provinsi Jawa Tengah. Diakses dari <https://jdih.jatengprov.go.id>
- Pemerintah Pusat. (2001). *Peraturan Pemerintah Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Nomor 82 Tahun 2001*. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/>
- Prayogo, W., Soewondo, P., Zakiiyya, N. M., Putri, D. W., & Muntalif, B. S. (2020). The Removal of Organic Materials and Nutrients with Addition of Artificial Supporting Materials in The Water Body (A Case Study of Cikapayang River, Bandung City Hall). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 409. Doi: [10.1088/1755-1315/409/1/012007](https://doi.org/10.1088/1755-1315/409/1/012007).
- Priyambada, A. (2008). Analisis pengaruh perbedaan fungsi tata guna lahan terhadap beban cemaran BOD sungai (studi kasus Sungai Serayu, Jawa Tengah). *Jurnal Presipitasi*, 5(2), 55-62. Diakses dari <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/11012>.
- Rahmawati, D. (2011). *Pengaruh Kegiatan industri terhadap kualitas air Sungai Diwak di Bergas Kabupaten Semarang dan upaya pengendalian pencemaran air sungai* [Thesis, Universitas Diponegoro]. Digital Library.
- Siregar, S., Dzakiya, N., Idiawati, N., & Kiswiranti, D. (2016). Pengaruh Air Sungai yang Tercemar Limbah Terhadap Kualitas Tanah di Sekitar Sungai Klampok. *Prosiding SNAST*, 98-105. Diakses dari <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/1546/1239>.
- Zakaria, I. (2015). Sungai Klampok Tercemar, 8 Pabrik Disorot Terkait Pencemaran Limbah. Diakses dari <http://radarsemarang.com/jawa-tengah-jogja/ungaran/sungai-klampok-tercemar-8-pabrik-disorot/>. Diakses pada tanggal 16 April 2016.
- Zhang, M. K., Liu, Z. Y., & Wang, H. (2010). Use of single extraction methods to predict bioavailability of heavy metals in polluted soils to rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(7), 820-831. Doi: [10.1080/00103621003592341](https://doi.org/10.1080/00103621003592341).