

**ANALISIS PENCEMARAN KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO
AKIBAT LIMBAH INDUSTRI DI KECAMATAN KEBAKKRAMAT**

KABUPATEN KARANGANYAR

PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana S-1

Program Studi Geografi



Oleh :

ENDI RAMADHANI

NIM : E 100 110 014

FAKULTAS GEOGRAFI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

**HALAMAN PENGESAHAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

**ANALISIS PENCEMARAN KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO
AKIBAT LIMBAH INDUSTRI DI KECAMATAN KEBAKKRAMAT
KABUPATEN KARANGANYAR**

**ENDI RAMADHANI
NIM : E 100 110 014**

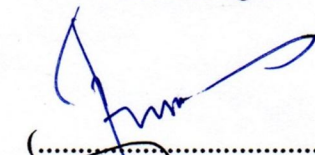
Telah disetujui dan disahkan oleh
Tim Dosen Pembimbing pada :

Hari : Senin
Tanggal : 28 Desember 2015

Pembimbing 1 : Dra. Alif Noor Anna, M.Si

Pembimbing 2 : Drs. Munawar Cholil, M.Si

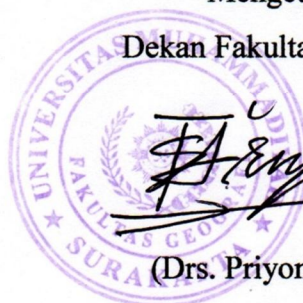
Tanda Tangan


(.....)

(.....)

Mengetahui

Dekan Fakultas Geografi



(Drs. Priyono, M.Si)

ANALISIS PENCEMARAN KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO AKIBAT LIMBAH INDUSTRI DI KECAMATAN KEBAKKRAMAT KABUPATEN KARANGANYAR

Endi Ramadhani¹, Alif Noor Anna², Munawar Cholil²

¹Mahasiswa Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Staf Pengajar Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail : endiramadhani@rocketmail.com

ABSTRAK

Pencemaran air sungai seringkali dipicu oleh semakin kompleksnya berbagai kegiatan manusia, salah satunya aktivitas produksi industri. Aktivitas industri di Kecamatan Kebakkramat yang menghasilkan limbah cair pada umumnya mengalirkan air limbahnya ke aliran sungai, yang kemudian menyebabkan penurunan kualitas air Sungai Bengawan Solo, yang ditandai dengan perubahan secara fisik air menjadi berwarna kehitaman dan timbulnya bau pada air, yang tentunya memberikan adanya indikasi degradasi kualitas air sungai, yang juga berpengaruh pada intensitas kemampuan alamiah dari air sungai dalam melakukan proses penjernihan kembali (*self purification*) atau swa penahiran. Tujuan dari penelitian ini yaitu : 1) mengidentifikasi distribusi pencemaran kualitas air Sungai Bengawan Solo; 2) menentukan titik penjernihan kembali (*self purification*); 3) mengevaluasi kondisi kualitas air Sungai Bengawan Solo yang tercemar dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan.

Metode penelitian yang digunakan adalah survei lapangan, yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan. Pengambilan sampel air sungai menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan kriteria sumber polutan dan jarak pencemaran. Jenis data yang digunakan meliputi data primer dan sekunder, yang berupa data peta jaringan sungai dan peta administratif untuk perkiraan lokasi sampel, serta hasil nilai konsentrasi tiap parameter, baik secara fisik maupun kimia yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan dan hasil uji laboratorium. Adapun hasil nilai konsentrasi dianalisa dengan teknik kecenderungan (*trend analysis*), yang menghubungkan antara nilai konsentrasi unsur dengan jarak pencemaran untuk mengidentifikasi distribusi pencemaran, serta menentukan jarak penjernihan kembali, sedangkan evaluasi standar baku mutu digunakan analisis deskriptif komparatif yang membandingkan kondisi kualitas air sungai daerah penelitian dengan standar kelas baku mutu air menurut PP No.82 Tahun 2001.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : 1) Distribusi pencemaran air Sungai Bengawan Solo daerah penelitian menunjukkan kecenderungan pola yang fluktuatif, yang ditunjukkan dari empat parameter terkait derajat pengotoran limbah (TSS, BOD, COD, dan Sulfida), mengalami peningkatan konsentrasi di titik 3 dan 5, serta penurunan konsentrasi di titik 4 dan 6. Selain itu, dari dua parameter terkait dengan faktor pendukung kemampuan *self purification* (pH dan DO) mengalami pola stagnan konsentrasi di titik 4 hingga titik 6; 2) Proses *self purification* air Sungai Bengawan Solo yang tercemar dapat berlangsung yang ditandai dengan penurunan konsentrasi di titik 4 dan 6. Namun berdasarkan fase prosesnya, belum mencapai fase akhir/sepurna dari proses *self purification*, yaitu zona penjernihan kembali/pemutihan (*zone of clean water*); 3) Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001, menunjukkan bahwa kondisi kualitas air Sungai Bengawan Solo dari enam parameter yang diteliti, dua diantaranya (pH dan TSS) secara keseluruhan memenuhi kelas baku mutu I – IV, kadar DO menunjukkan kecenderungan kelas baku mutu III – IV dan kadar COD hanya memenuhi syarat di dua lokasi aliran sungai, yakni di titik 1 (kelas III – IV) dan lokasi terakhir (titik 6) memenuhi kelas IV. Selain itu, terdapat dua parameter yang secara keseluruhan tidak memenuhi syarat dan melampaui ambang batas yang ditentukan, yakni BOD dan Sulfida (H₂S).

Kata kunci : pencemaran, kualitas air, sungai, limbah industri, penjernihan kembali.

ANALYSIS OF WATER QUALITY POLLUTION IN BENGAWAN SOLO RIVER CAUSED BY THE INDUSTRIAL WASTE IN KEBAKKRAMAT DISTRICT REGENCY OF KARANGANYAR

ABSTRACT

Pollution of the river water is often triggered by the increasing complexity of various human activities, including the activities of industrial production. Industrial activity in district Kebakkramat which produces liquid waste generally circulate water discharge to streams, which then leads to a decrease the water quality of Bengawan Solo River, marked by physical changes water into blackish-coloured and the onset of the smell on the water, which certainly gives the indication of degradation of water quality of the River, which also affect the intensity of the natural ability of the river water in the self purification process. The purpose of this study, namely: 1) identifies the distribution of water quality pollution of the Bengawan Solo River; 2) determines the point of self purification process; 3) evaluate water quality conditions of the Bengawan Solo River contaminated by water quality standards that have been set.

The research method used was a survey of the field, namely by making observations and measurements directly in the field. River water sampling using a purposive sampling technique, taking into account the criteria pollutant sources and the distance of the pollution. Types of data used include primary and secondary data, in the form of a data stream network maps and administrative maps for the approximate location of the sample, as well as the results of the value of the concentration of each of the parameters, both physically and chemically obtained from direct measurements in the field and laboratory test results. As for the concentration value results analyzed with trend analysis techniques, which linking between the concentration of the element to identify the contamination with distance distribution of pollution, as well as determine distance of self purification process, While the evaluation of water quality standard used comparative descriptive analysis that compares between the conditions of the water quality of the river areas of research with water quality standard according to the Government Regulation Number 82 of 2001.

The results showed that: 1) distribution of water pollution the Bengawan Solo River research area showed fluctuating pattern, where the four parameters are related of the contaminating waste level (TSS, BOD, COD, and Sulfides), have an increased concentration at the point 3 and 5, as well as a decrease in concentration in the point 4 and 6; 2) The process of self purification Bengawan Solo river water contaminated can occur which is characterized by a decrease in concentration in the point 4 and 6. But based on the phases of the process, has not yet reached the final phase of the process of self purification, the zone of clean water; 3) Based on Government Regulation Number 82 of 2001, showed that the water quality conditions of the Bengawan Solo River from the six parameters investigated, two of them (pH and Total Suspended Solid) as a whole meets the quality standards level I - IV, levels of Dissolved Oxygen showed a tendency the quality standard level III - IV and Chemical Oxygen Demand levels are only eligible at two locations streams, namely at point 1 (level III - IV) and the last location (point 6) meets the level IV. In addition, there are two parameters which overall are not qualified and exceed the specified threshold, namely Biological Oxygen Demand and Sulfide (H_2S).

Keywords: pollution, water quality, river, industrial waste, self purification.

PENDAHULUAN

Geografi merupakan studi objek tentang permukaan bumi yang mengarah pada sistem ekologi dan sistem keruangan, sistem ekologi berkaitan terhadap lingkungan hidup manusia, antara kegiatan manusia dan lingkungan (Hagget, 2001). Setiap kajian yang berkaitan dengan kegiatan manusia terhadap alam dalam ilmu geografi dianalisa lewat pendekatan kelingkungan (ekologi), seperti halnya kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup dengan memanfaatkan berbagai sumberdaya alam yang ada di bumi, termasuk salah satunya adalah sumberdaya air yang begitu vital bagi kehidupan seluruh makhluk hidup, termasuk manusia.

Sumberdaya air yang meliputi air permukaan dan air tanah selalu mengalami dua permasalahan utama, yakni rendahnya kuantitas dan kualitas. Peningkatan kebutuhan hidup serta perkembangan wilayah yang disertai dengan berdirinya kawasan-kawasan industri baru, semakin menambah intensitas dan kompleksitas dari permasalahan sumberdaya air. Kemajuan bidang industri bukannya tanpa akibat samping yang dapat merugikan kita sendiri. Dari pabrik-pabrik tersebut ternyata telah mengeluarkan bahan buangan, baik gas, padatan, maupun cairan yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan, karena umumnya limbah tersebut belum, atau bahkan tidak diolah dulu sebelum masuk lingkungan lain (Alif Noor Anna, 1991).

Kecamatan Kebakkramat merupakan wilayah kecamatan di Kabupaten Karanganyar yang aktivitas industrinys tergolong aktif. Berdasarkan jumlah industri dari data statistik Kabupaten Karanganyar tahun 2014, di Kecamatan Kebakkramat terdapat 21 industri, yang terdiri dari 13 unit industri besar dan 8 industri sedang, sehingga Kecamatan Kebakkramat menjadi wilayah basis

perindustrian kedua di Kabupaten Karanganyar setelah Kecamatan Jaten. Selain itu, di Kecamatan Kebakkramat juga terdapat variasi industri yang beragam, meliputi industri aneka sandang, industri kimia dasar, industri manufaktur, serta industri aneka pangan, yang secara keseluruhan jenisnya akan terbagi lagi menjadi lebih spesifik berdasarkan kegiatan produksinya.

Aktivitas industri di Kecamatan Kebakkramat yang menghasilkan limbah cair pada umumnya mengalirkan air limbahnya ke aliran sungai Adapun sungai yang tercemar oleh buangan limbah aktivitas industri di Kecamatan Kebakkramat adalah Sungai Bengawan Solo. Dari kondisi fisiknya, air Sungai Bengawan Solo berwarna kehitaman dan berbau busuk, bahkan dalam waktu beberapa hari tidak mengalami hujan dan debit air dalam keadaan normal, bau busuk yang muncul dan warna air yang kehitaman tersebar dalam jarak yang cukup jauh.

Atas dasar permasalahan tersebut, perlu dilakukan berbagai upaya untuk menanggulangi pencemaran yang terjadi, salah satunya adalah dengan pengelolaan sumberdaya air. Hefni Effendi (2003) mengemukakan bahwa pengelolaan sumberdaya air sangat penting, agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dengan tingkat mutu yang diinginkan, salah satu langkah pengelolaan yang dilakukan adalah pemantauan dan interpretasi data kualitas air, mencakup kualitas fisika, kimia, dan biologi.

Dengan pemantauan dan interpretasi data kualitas air, maka dapat diketahui dengan pasti, intensitas pengaruh pencemaran oleh aktivitas industri terhadap kondisi kualitas air Sungai Bengawan Solo, serta kemampuan alamiah aliran air sungai dalam menanggulangi pencemaran. Selain itu, dapat dilakukan kegiatan evaluasi lanjutan yang bertujuan untuk menjaga

kelestarian lingkungan, khususnya sumberdaya air sungai. Dari uraian yang telah dibahas di atas, maka muncul beberapa rumusan masalah penelitian dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut.

1. Bagaimana distribusi pencemaran kualitas air Sungai Bengawan Solo ?
2. Pada jarak berapa air Sungai Bengawan Solo mengalami proses penjernihan kembali (*self purification*) ?
3. Bagaimana kondisi kualitas air Sungai Bengawan Solo yang tercemar menurut standar baku mutu air yang telah ditetapkan ?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. mengidentifikasi distribusi pencemaran kualitas air Sungai Bengawan Solo;
2. menentukan jarak terjadinya proses penjernihan kembali (*self purification*) air Sungai Bengawan Solo akibat limbah industri;
3. mengevaluasi kesesuaian kualitas air sungai yang tercemar oleh limbah industri dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan.

Kajian Pustaka

Kualitas air adalah sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dinyatakan dalam beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut, dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam, dan sebagainya), dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya) (Peraturan Pemerintah RI No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air). Menurut data statistik Kabupaten Karanganyar tahun 2014, berdasarkan kegiatan produksinya secara spesifik, jenis industri di Kecamatan

Kebakkramat meliputi, industri tekstil, etanol, penyamakan kulit, farmasi, dan aneka pangan. Mengacu pada potensi limbah cair menurut EMDII-BAPPEDAL (1994), maka dari jenis industri yang ada di daerah penelitian terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan intensitas derajat pengotoran limbah dan karakteristik limbah industri secara umum sebagai bahan pencemar dari segi kegiatan produksi, baik secara fisik maupun kimia, yakni temperatur, warna, bau, TSS, pH, BOD, COD, dan Sulfida,.

Pada dasarnya, air sebagai suatu zat/unsur, memiliki sifat sebagai pelarut yang baik, sehingga air berkemampuan untuk menjernihkan atau menetralkan senyawa kimia yang bersifat asing pada tubuh air, serta memungkinkan terangkutnya berbagai macam unsur hara ataupun bahan-bahan toksik yang masuk ke dalam jaringan tubuh organisme yang hidup di tubuh air, yang selanjutnya dilarutkan untuk dikeluarkan kembali. Proses pemurnian kembali secara alami pada tubuh air tersebut biasa disebut dengan penjernihan kembali (*self purification*) atau swa penahiran.

Setiap aliran air permukaan seperti sungai dapat terjadi proses *self purification*. Penjernihan kembali secara alamiah pada badan-badan air yang mengalami pencemaran dapat dilihat melalui beberapa indikator secara fisik, kimia, maupun perubahan biologis. Tanda-tanda secara fisik dapat dilihat dari warna maupun tingkat kejernihannya (Slamet Riyadi, 1984). Hendrasarie dan Cahyarani (2008) menjelaskan bahwa pengembangan dari proses *self purification* terdiri dari 4 zona, yaitu zona air bersih, zona dekomposisi, zona biodegradasi, dan zona pemulihan. Slamet Riyadi (1984), dengan lebih spesifik pada proses pencemaran membagi zona-zona proses penjernihan kembali aliran sungai, sebagai berikut :

1. Zona Degradasi, dalam zona ini proses pencemaran dimulai dan mengalami puncak aktivitasnya. Benda-benda asing mulai mengalami degradasi. Karena terjadi proses dekomposisi atau penguraian, maka dibutuhkan oksigen, sehingga kadar oksigen terlarut dengan cepat makin berkurang.
2. Zona Dekomposisi, dari fase pertama proses pencemaran kemudian masuk ke dalam fase kedua ini, oksigen terlarut berkurang mulai dari 40 sampai 0 %. Akan tetapi pada akhir fase ini mulai naik lagi menjadi 40 %.
3. Zona Rehabilitatif, dalam zona ini kadar oksigen terlarut meningkat berangsur-angsur sebaliknya dari 40 % ke atas. Kehidupan air secara mikroskopis mulai nampak. Air menjadi lebih jernih dibandingkan dengan zona-zona terdahulu.
4. Zona Penjernihan Kembali/Pemutihan, dalam zona ini yang merupakan fase terakhir dari rangkaian proses *single pollution* ditandai dengan meningkatnya oksigen terlarut secara maksimal sampai jenuh kembali yang diakibatkan dari berbagai mekanisme yang telah mampu normal kembali.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei lapangan, karena dalam mengidentifikasi distribusi suatu pencemaran air pada aliran sungai, serta terjadinya proses penjernihan kembali (*self purification*) dari pencemaran yang terjadi, diperlukan pengamatan secara langsung di lapangan dan uji laboratorium untuk mengetahui dengan pasti kondisi fisik dan kimia air yang tercemar, yang pada dasarnya dapat diidentifikasi dan dibuktikan dengan adanya perubahan warna dan bau air sungai..

Selain itu, mengingat bahwa proses *self purification* pada aliran sungai terbagi

dalam beberapa zona yang didasari oleh reaksi dari proses pencemaran, maka juga perlu dilakukan pengukuran dan pencatatan titik maupun jarak pasti dari proses pencemaran yang berlangsung, yakni dimulai dari sebelum pencemaran (zona air bersih), berawalnya proses pencemaran (zona degradasi) hingga berakhirnya proses pencemaran (zona pemutihan). Pada akhirnya nanti akan didapatkan gambaran representatif terkait distribusi dan karakteristik pencemaran, serta jarak pasti dari proses *self purification* yang dari segi prosesnya terbagi dalam zona-zona pencemaran kualitas air pada aliran sungai.

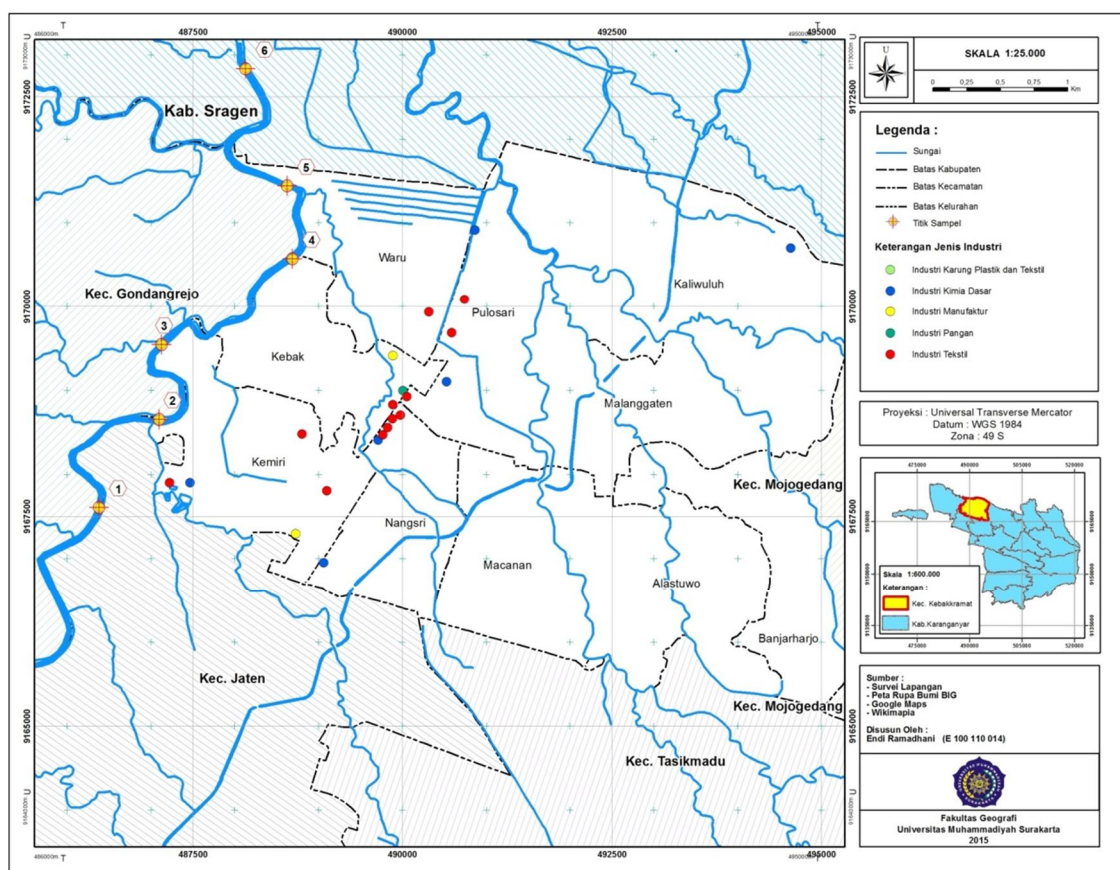
Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel secara sengaja dengan menggunakan pertimbangan-pertimbangan yang dianggap tepat dan sesuai terhadap fenomena yang diteliti. Proses *self purification* aliran sungai yang tercemar pada dasarnya dapat terbagi menjadi beberapa zona yang dipengaruhi oleh reaksi badan air terhadap pencemaran. Atas dasar hal tersebut, kriteria yang digunakan sebagai penentuan titik/lokasi dalam pengambilan sampel secara purposif pada penelitian adalah menggunakan kriteria sumber polutan dan jarak pencemaran.

Tabel 1. Keterangan Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Sampel Air	Keterangan Lokasi
1	- 1.847	Air Sungai	Lokasi sebelum masuknya limbah industri ke sungai di Desa Sroyo
2	0	Air Sungai	Dimulainya pencemaran oleh Limbah Industri di Desa Kemiri
3	+ 1.407	Air Sungai	Desa Kemiri
4	+ 3.640	Air Sungai	Desa Kebak
5	+ 4.679	Air Sungai	Desa Waru
6	+ 6.841	Air Sungai	Desa Sidodadi

Sumber : Survei Lapangan



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air Sungai Bengawan Solo

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam kajian pencemaran kualitas air ini meliputi dua jenis data, yakni data primer dan data sekunder sebagai berikut.

a. Data Primer :

- Data kualitas fisik air : warna, bau, temperatur, dan TSS, yang diperoleh lewat analisa secara langsung di lapangan dan uji laboratorium.
- Data kualitas kimia air : pH, DO, BOD, COD, dan Sulfida, yang diperoleh dari uji laboratorium.

b. Data Sekunder

- Peta Administrasi Kecamatan Kebakkramat dan Peta jaringan Sungai Bengawan Solo skala 1 : 25.000, yang diperoleh dari peta RBI.
- Lokasi industri di wilayah Kecamatan Kebakkramat, yang diperoleh dari data statistik Kabupaten Karanganyar tahun 2014 dan penyedia layanan peta (Google Maps, Wikimapia, dll).

Teknik Analisa Data

Dari penelitian ini, terdapat tiga hal dasar yang menjadi fokus utama dalam penelitian yakni, distribusi pencemaran, titik penjernihan kembali (*self purification*), dan kesesuaian kondisi kualitas air yang tercemar dengan standar baku mutu air.

Adapun dalam menganalisa distribusi dan titik jernih pencemaran, digunakan analisis kecenderungan (*trend analysis*) dengan media sebuah diagram atau grafik, yang memberikan gambaran representatif mengenai hubungan antara konsentrasi kualitas air dari tiap parameter yang diteliti, dengan jarak sungai yang tercemar. Sehingga akan diketahui dengan pasti perbandingan karakteristik pencemaran air dari jarak yang berbeda, yakni dimulai dari sumber pencemar hingga ke titik penjernihan kembali.

Sedangkan bentuk analisa kesesuaian kondisi air sungai yang tercemar terhadap standar baku mutu air adalah menggunakan

metode deskriptif komparatif (perbandingan), mengingat bahwa sampel kualitas air yang diteliti adalah sampel air sungai yang tercemar oleh air limbah industri dan bukan air limbah murni dari sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri, maka dalam membuat evaluasi kesesuaian, dilakukan dengan membandingkan antara hasil analisa laboratorium kualitas air dengan menggunakan PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Fisik Air Sungai Bengawan Solo

Analisa kualitas air secara fisik meliputi beberapa parameter, yakni warna, bau, temperatur/suhu, dan TSS. Tidak semua parameter fisik dilakukan analisa secara langsung di lapangan, seperti kadar TSS yang diuji di laboratorium, karena sifatnya yang kasat mata, sehingga perlu dikaji secara spesifik di laboratorium.

1. Warna

Warna perairan ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik; karena keberadaan plankton, humus, dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan), serta bahan-bahan lain. Adanya oksida besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman (Peavy et al., 1985, dalam Hefni Effendi, 2003).

Tabel 2. Kondisi Warna Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kondisi
1	- 1.847	Tidak Berwarna
2	0	Hitam
3	+ 1.407	Hitam
4	+ 3.640	Agak Kehitaman
5	+ 4.679	Agak Kehitaman
6	+ 6.841	Tidak Berwarna

Sumber : Hasil Analisa Lapangan

Berdasarkan Tabel 1 di atas, menunjukkan bahwa kondisi warna air sungai di titik 1, masih sangat jernih yang membuktikan bahwa air sungai tersebut tidak terdapat zat-zat/unsur asing dalam

konsentrasi yang tinggi, walaupun tidak menutup kemungkinan telah terjadi pencemaran pada daerah hulu sungai.

Kemudian di titik 2 hingga titik 3, terjadi perubahan warna air menjadi hitam pekat, yang disebabkan oleh adanya ion logam dalam bentuk oksida mangan, maupun zat-zat asing lainnya dalam konsentrasi tinggi yang masuk dan mencemari tubuh air sungai. Berlanjut pada dua titik berikutnya, yakni titik 4 dan titik 5, warna hitam dari air limbah industri yang mencemari air sungai mengalami penurunan yang cukup signifikan dan di lokasi terakhir (titik 6), warna air telah kembali jernih.

2. Bau

Bau merupakan petunjuk adanya pembusukan air limbah. Limbah cair industri berpotensi mengandung senyawa berbau ataupun senyawa yang potensial menghasilkan bau selama proses pengolahan limbah cair (Asmadi dan Suharno, 2012). Adapun hasil pengamatan secara langsung di lapangan kondisi bau air sungai di daerah penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Bau Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kondisi Bau
1	- 1.847	Tidak Berbau
2	0	Bau Busuk
3	+ 1.407	Bau Busuk
4	+ 3.640	Bau Busuk
5	+ 4.679	Agak Berbau
6	+ 6.841	Agak Berbau

Sumber : Hasil Analisa Lapangan

Hasil pengamatan langsung di lapangan menggunakan panca indra penciuman pada Tabel 3, menunjukkan bahwa pada titik 1 air sungai tidak berbau, karena pada lokasi tersebut tidak terdapat tanda pembusukan zat organik dari limbah dalam skala besar, Pada titik 2, 3, dan 4, terjadi perubahan kondisi bau air sungai secara drastis dengan munculnya bau busuk yang sangat menyengat, yang menandakan bahwa telah terjadi pemasukan bahan

pencemar yang menyebabkan adanya reaksi pelepasan gas, baik yang berasal dari proses dekomposisi, oksidasi, maupun gas dari kandungan senyawa kimia dari limbah itu sendiri. Kemudian, pada titik 5, bau pada air berkurang dan di lokasi terakhir pengambilan sampel (titik 6), bau busuk pada air sungai masih ada walaupun sedikit, yang mengindikasikan bahwa pelepasan gas pada air akibat proses oksidasi bahan organik maupun senyawa masih berjalan.

3. Temperatur

Temperatur/Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran, serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air (Hefni Effendi, 2003). Adapun hasil pengukuran temperatur di lapangan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi Temperatur Air Sungai Bengawan Solo

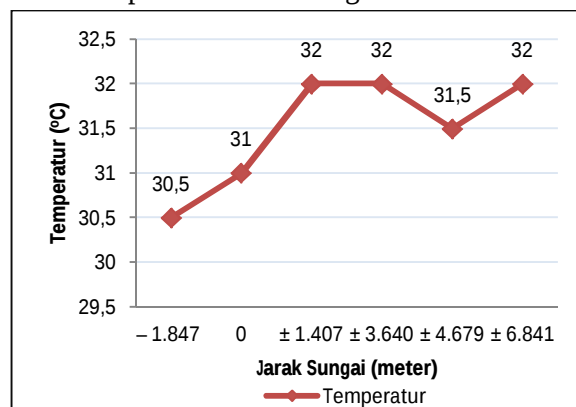
Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Temperatur (°C)
1	-1.847	30,5
2	0	31
3	± 1.407	32
4	± 3.640	31,5
5	± 4.679	32
6	± 6.841	32

Sumber : Hasil Analisa Lapangan

Hasil pengukuran temperatur di lapangan pada Tabel 4 di atas, menunjukkan bahwa kondisi temperatur pada aliran Sungai Bengawan Solo tidak mengalami perubahan dalam intensitas yang tinggi, yakni dengan kisaran 30,5 – 32°C. Pada titik 1 kondisi air berada dalam derajat terendah, yaitu 30,5°C, dikarenakan belum mengalami pemasukan beban limbah dalam volume yang tinggi. Kemudian pada titik 2, yakni dimulainya pencemaran akibat limbah industri menyebabkan kenaikan temperatur air sungai, yaitu 31° C.

Peningkatan temperatur terus terjadi hingga pada titik 3, dimana limbah cair telah tercampur dengan sempurna hingga

temperatur air sungai menjadi 32°C. Pada titik 4, terjadi penurunan temperatur menjadi 31,5°C dan naik kembali pada titik 5 dan 6 menjadi 32°C, karena pada dua titik tersebut mengalami pendangkalan badan air dan kondisi sungai yang lebih terbuka sehingga sinar matahari lebih banyak terkena permukaan air sungai.



Gambar 2. Hubungan antara nilai konsentrasi Temperatur dengan jarak sungai

4. Padatan Tersuspensi Total/TSS

Padatan Terlarut Total/TSS merupakan jumlah berat dalam mg/liter kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron (Sugiharto, 1987). Hasil pengukuran dan analisa kadar TSS yang dilakukan di laboratorium disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Konsentrasi Kadar TSS Air Sungai Bengawan Solo

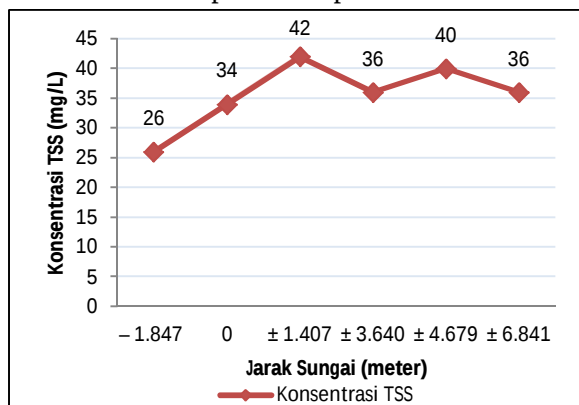
Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	TSS (mg/L)
1	-1.847	26
2	0	34
3	± 1.407	42
4	± 3.640	36
5	± 4.679	40
6	± 6.841	36

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji laboratorium kadar TSS pada Tabel 5, menunjukkan pola persebaran konsentrasi TSS yang fluktuatif, dimulai dari titik awal sebelum masuknya pencemaran hingga titik terakhir pengambilan sampel. Kadar TSS di titik 1 menunjukkan angka terendah, yakni 26 mg/liter. Peningkatan konsentrasi dimulai pada titik 2 dengan nilai konsentrasi sebesar

34 mg/liter dan di titik 3 kadar TSS berada pada konsentrasi tertinggi dengan nilai 42 mg/liter. Kemudian di titik 4, konsentrasi TSS mengalami penurunan kadar sebesar 36 mg/liter dan mengalami peningkatan kembali di titik 5 sebesar 40 mg/liter yang disebabkan oleh masuknya kembali beban pencemar tambahan dari anak sungai yang berada di segmen sungai antara titik 4 dan 5, yang kemudian menuju ke sungai utama Bengawan Solo yang mengalir di titik sampel 5.

Setelah itu, konsentrasi TSS turun kembali di lokasi terakhir dengan nilai konsentrasi 36 mg/liter. Berdasarkan hal tersebut, menunjukkan bahwa pola konsentrasi TSS dari air sungai yang tercemar di titik 4, 5, dan 6, belum menunjukkan penurunan signifikan yang disebabkan oleh adanya pemasukan kembali beban pencemar pada titik 5.



Gambar 3. Hubungan antara nilai konsentrasi TSS dengan jarak sungai

Kualitas Kimia Air Sungai Bengawan Solo

Analisa kualitas air secara kimia meliputi beberapa parameter, yaitu pH, DO, BOD, COD, dan Sulfida (H_2S). Semua parameter kimia dianalisa di laboratorium, karena parameter kimia sebagai bentuk reaksi dalam tubuh air bersifat kasat mata, sehingga perlu dikaji secara spesifik di laboratorium.

1. Derajat Keasaman/pH

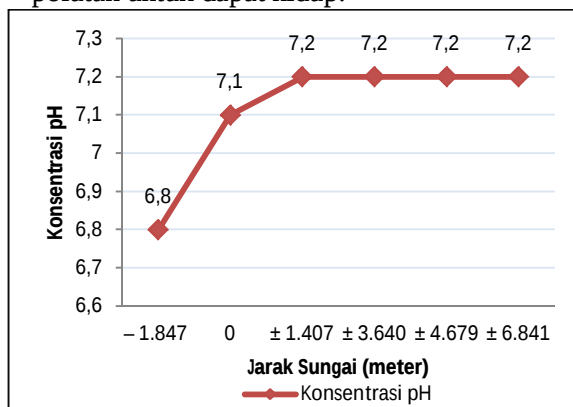
Kadar pH yang baik adalah kadar pH dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan baik. pH yang baik untuk air limbah adalah netral (pH 7) (Sugiharto, 1987). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 (Hefni Effendi, 2003). Adapun hasil pengujian di laboratorium kadar pH air sungai daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Konsentrasi Kadar pH Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	pH
1	- 1.847	6,8
2	0	7,1
3	± 1.407	7,2
4	± 3.640	7,2
5	± 4.679	7,2
6	± 6.841	7,2

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan Tabel 6, pola distribusi konsentrasi pH air Sungai Bengawan Solo, baik sebelum terjadinya pencemaran maupun yang telah dimasuki beban polutan tidak menunjukkan pola yang fluktuatif. Hal tersebut dibuktikan dengan kadar pH pada titik 1, yaitu 6,8 dan mengalami peningkatan pada titik 2, yakni dimulai masuknya beban pencemaran dengan besaran kadar pH 7,1, kemudian naik pada lokasi berikutnya, yaitu di titik 3 sebesar 7,2 dan mengalami stagnasi pada angka 7,2 hingga lokasi sampel terakhir (titik 6). Dengan kisaran pH antara 6,8 hingga 7,2, menunjukkan bahwa pada aliran sungai yang mengalami pencemaran masih memungkinkan bagi mikroorganisme yang berfungsi dalam mendekomposir beban polutan untuk dapat hidup.



Gambar 4. Hubungan antara nilai konsentrasi pH dengan jarak sungai

2. Oksigen Terlarut/DO

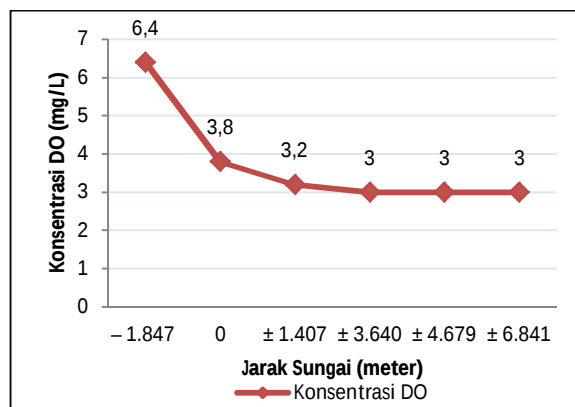
Oksigen Terlarut/DO merupakan banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada (Sugiharto, 1987). Adapun hasil pengujian kadar DO di laboratorium disajikan pada Tabel 7 berikut

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	DO (mg/L)
1	- 1.847	6,4
2	0	3,8
3	± 1.407	3,2
4	± 3.640	3,0
5	± 4.679	3,0
6	± 6.841	3,0

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan Tabel 7 di atas, dapat dilihat bahwa kadar oksigen terlarut di titik 1, yakni sebelum masuknya pencemaran menunjukkan kadar DO sebesar 6,4 mg/L, kemudian di titik 2 konsentrasi DO mengalami degradasi secara drastis hampir dua kali lipat dari kadar oksigen terlarut pada titik 1. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut terus berlanjut pada titik 3 hingga mencapai kadar 3,2 mg/liter yang disebabkan oleh tercampurnya beban polutan secara merata.

Kemudian di titik 4 – 6, konsentrasi oksigen terlarut mengalami penurunan hingga mencapai angka terendah dan mengalami stagnasi dengan nilai kadar 3,0 mg/liter, tanpa adanya kesempatan reoksigenasi dalam tubuh air untuk meningkatkan kadar oksigen, yang disebabkan oleh pendangkalan dasar sungai di lokasi terakhir, serta masuknya kembali beban limbah dari industri lain di titik 5, menyebabkan volume air limbah yang seharusnya berkurang, justru kembali menjadi pekat dan proses diffusi oksigen ke dalam tubuh air menjadi terhambat.



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi DO dengan jarak sungai

3. Kebutuhan Oksigen Biologi/BOD

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air (Fardiaz, 1992). Hasil uji laboratorium kadar BOD air sungai di daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Konsentrasi Kadar BOD Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	BOD (mg/L)
1	- 1.847	20,2
2	0	49,1
3	± 1.407	88,3
4	± 3.640	41,2
5	± 4.679	62,7
6	± 6.841	30,2

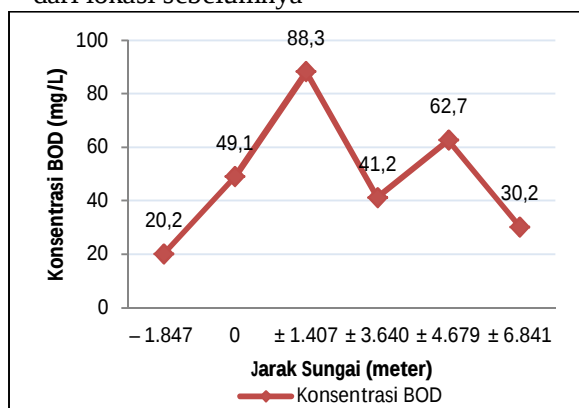
Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada Tabel 8, menunjukkan distribusi nilai konsentrasi BOD yang fluktuatif. Pada titik 1, kadar BOD berada pada nilai terendah, yakni 20,2 mg/liter, kemudian di titik 2 terjadi peningkatan kadar mencapai 49,1 mg/liter, yang menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan reaksi mikroorganisme terhadap bahan organik dari air limbah yang masuk ke aliran sungai.

Pada titik 3, peningkatan konsentrasi BOD terjadi lagi hingga mencapai puncaknya, yakni 88,3 mg/liter, yang mengindikasikan bahwa pada lokasi tersebut limbah cair yang masuk telah tercampur dengan sempurna sehingga air limbah menjadi lebih pekat dan aktivitas dekomposisi berada dalam intensitas yang tinggi, baik yang berjalan secara *aerob* maupun *anaerob*.

Kemudian di titik 4 kadar BOD mengalami penurunan konsentrasi hingga mencapai 41,2 mg/liter dan menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut bahan polutan telah teroksidasi dengan baik dan mengindikasikan terjadinya peningkatan kadar oksigen di segmen sungai antara titik 4 dan 5. Namun di titik 5 konsentrasi BOD kembali meningkat hingga 62,7 mg/liter, yang disebabkan oleh masuknya kembali beban limbah baru dari anak sungai yang letaknya tidak jauh dari titik 5 dan mengakibatkan terjadinya peningkatan kembali reaksi mikroorganisme di titik 5, serta menjadi alasan utama penyebab rendahnya kadar DO di titik 5 dan 6.

Setelah itu, di titik 6, konsentrasi BOD dapat mengalami penurunan kadar hingga 30,2 mg/liter, karena di lokasi tersebut ada penambahan volume air bersih (*hidrolisis*) dari anak sungai yang berada di segmen sungai antara titik 5 dan titik 6, yang mengalir ke sungai utama Bengawan Solo dan mengurangi intensitas volume limbah dari lokasi sebelumnya



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi BOD dengan jarak sungai

4. Kebutuhan Oksigen Kimia/COD

Kebutuhan Oksigen Kimia (COD), menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*), maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO_2 dan H_2O (Boyd, 1988 dalam Hefni Effendi, 2003). Adapun hasil analisa laboratorium kadar COD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Konsentrasi Kadar COD Air Sungai Bengawan Solo

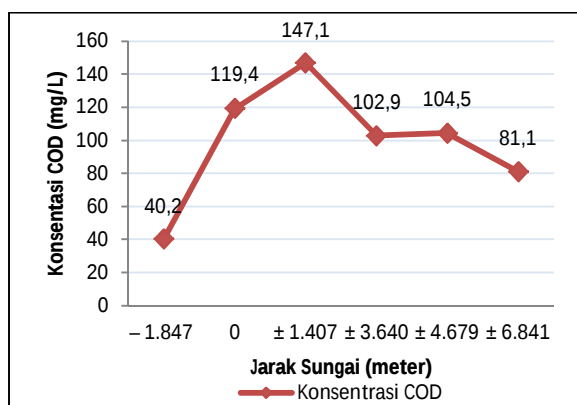
Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	COD (mg/L)
1	- 1.847	40,2
2	0	119,4
3	+ 1.407	147,1
4	+ 3.640	102,9
5	+ 4.679	104,5
6	+ 6.841	81,1

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan hasil uji kadar COD pada Tabel 9, menunjukkan bahwa sejak di lokasi awal mulainya pencemaran limbah industri, derajat pengotoran limbah berada dalam konsentrasi yang tinggi, sehingga proses dekomposisi secara biologis tidak cukup mampu untuk mengurangi beban volume limbah yang masuk ke air dan pada akhirnya proses dekomposisi secara kimiawi mulai aktif membantu untuk memecah dan menguraikan beban pencemar yang masuk ke aliran air sungai.

Pada titik 1, diketahui bahwa nilai COD sebesar 40,2 mg/liter, untuk ukuran tersebut air sungai pada titik 1 dapat dikatakan telah tercemar, karena nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/liter. Kemudian di titik 2, kadar COD mengalami peningkatan secara drastis mencapai 119 mg/liter dan di titik 3 berada pada tingkat kadar tertinggi, yakni 147,1 mg/liter, yang menandakan bahwa beban limbah industri yang masuk ke aliran sungai telah tercampur sempurna dan hal tersebut selaras dengan tingginya kadar BOD pada lokasi tersebut. Kemudian di titik 4, nilai COD berkurang hingga 102,9 mg/liter.

Pada titik 5 konsentrasi COD justru kembali mengalami peningkatan sebesar 104,5 mg/liter, yang disebabkan oleh adanya pemasukan limbah industri dari anak sungai yang berada di segmen sungai antara titik 4 dan 5. Setelah itu, di lokasi terakhir pengambilan sampel (titik 6), konsentrasi COD mengalami penurunan, yakni 81,1 mg/liter.



Gambar 7. Hubungan antara konsentrasi COD dengan jarak sungai

5. Sulfida (H_2S)

Sulfida (H_2S) merupakan sulfur dalam bentuk gas yang biasa ditemukan di atmosfer (Hefni Effendi, 2003). Kadar sulfida sebagai ion utama (*major ion*) dalam perairan, memberikan indikasi adanya pelepasan gas dari aktivitas oksidasi bakteri anaerob di dalam air, yang ditandai dengan munculnya bau yang kurang sedap. Adapun hasil uji laboratorium kadar sulfida dari air sungai yang tercemar di daerah penelitian disajikan pada Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10. Konsentrasi Kadar Sulfida Air Sungai Bengawan Solo

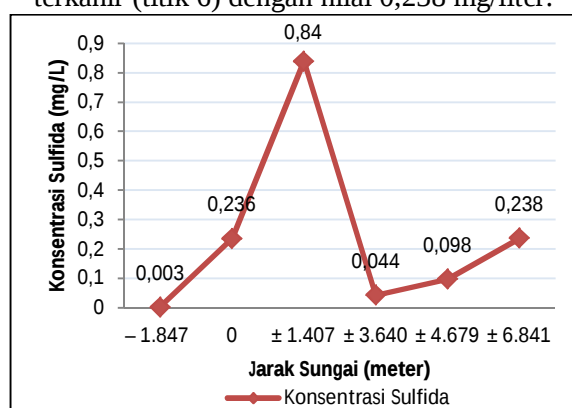
Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Sulfida (mg/L)
1	-1.847	0,003
2	0	0,236
3	+1.407	0,840
4	+3.640	0,044
5	+4.679	0,098
6	+6.841	0,238

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium kadar sulfida pada Tabel 10, menunjukkan pola persebaran konsentrasi yang fluktuatif. Nilai konsentrasi sulfida di lokasi sebelum terkena beban limbah di daerah penelitian (titik 1) menunjukkan konsentrasi sulfida terendah dengan nilai 0,003 mg/liter, yang membuktikan bahwa pada lokasi tersebut tidak terdapat reaksi oksidasi oleh bakteri anaerob dalam konsentrasi yang tinggi. Kemudian di titik 2, konsentrasi sulfida mengalami peningkatan hingga 0,236 mg/liter dan di titik 3 mencapai puncaknya mencapai 0,840 mg/liter. Setelah itu di titik 4, aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik, secara biologi maupun kimiawi dapat berjalan

dengan sangat baik, sehingga dapat menurunkan konsentrasi sulfida secara drastis sebesar 0,044 mg/liter.

Kadar sulfida yang seharusnya mengalami penurunan di lokasi berikutnya (titik 5) akibat proses *self purification*, justru meningkat kembali hingga mencapai kadar 0,098 mg/liter, dikarenakan adanya pemasukan kembali limbah industri dari anak sungai yang letaknya tidak jauh dari titik 5 (segmen sungai di titik 4 dan 5). Kemudian peningkatan konsentrasi sulfida terus berlanjut hingga ke lokasi sampel terakhir (titik 6) dengan nilai 0,238 mg/liter.



Gambar 8. Hubungan antara konsentrasi sulfida dengan jarak sungai

Proses Penjernihan kembali (*Self Purification*) Sungai Bengawan Solo

Proses *self purification* dapat ditentukan lewat beberapa fase/tahapan yang terbentuk dalam zona-zona pemulihan kondisi air sungai. Identifikasi proses *self purification* air Sungai Bengawan Solo yang tercemar dalam penelitian ini menggunakan analisis kecenderungan (*trend analysis*), lewat media tabel dan grafik garis yang menghubungkan dua variabel utama, yaitu nilai kadar konsentrasi unsur dengan jarak sungai, sehingga dapat diidentifikasi dengan pasti jarak *self purification* yang berlangsung di aliran air sungai. Adapun tiga parameter kimia yang digunakan dalam analisis agar dapat menggambarkan secara representatif intensitas derajat pengotoran limbah yang mencemari air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian adalah DO, BOD, dan

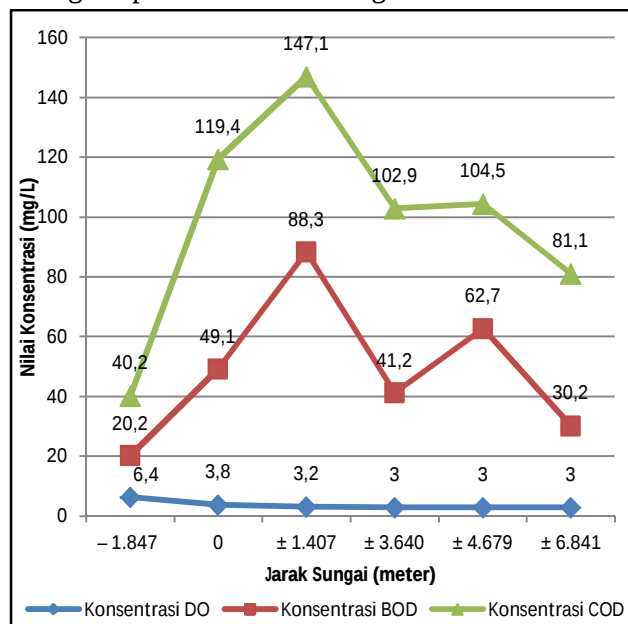
COD. Adapun hasil uji laboratorium parameter yang mewakili proses *self purification* di aliran air sungai di daerah penelitian ditampilkan pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Nilai Konsentrasi Parameter Kimia Air Sungai Bengawan Solo

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Parameter		
		DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
1	- 1.847	6,4	20,2	40,2
2	0	3,8	49,1	119,4
3	$\pm$ 1.407	3,2	88,3	147,1
4	$\pm$ 3.640	3,0	41,2	102,9
5	$\pm$ 4.679	3,0	62,7	104,5
6	$\pm$ 6.841	3,0	30,2	81,1

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Secara grafis, dengan tujuan memperlihatkan kecenderungan secara keseluruhan konsentrasi parameter kimia pada air sungai yang tercemar di daerah penelitian, maka dapat ditampilkan grafik garis pada Gambar 9 sebagai berikut.

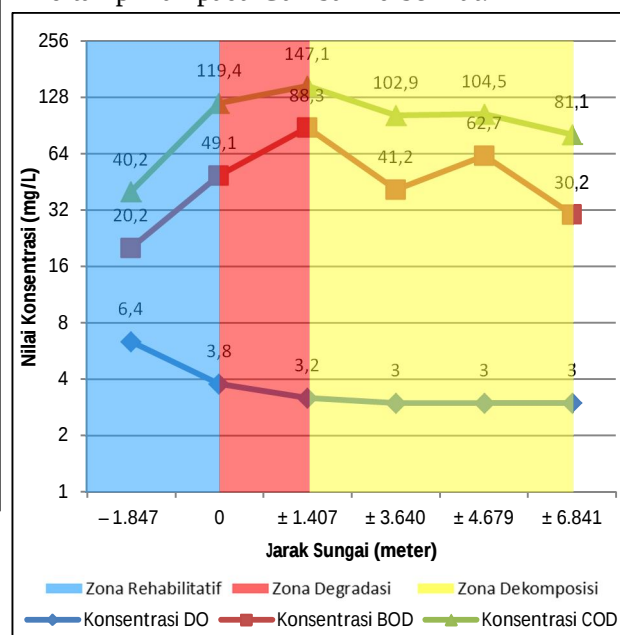


Gambar 9. Hubungan Nilai Konsentrasi DO, BOD, dan COD dengan Jarak Sungai

Berdasarkan analisa tiga parameter yang mewakili derajat pengotoran limbah, menunjukkan bahwa proses *self purification* aliran Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian dapat berlangsung,

yang ditandai dengan penurunan konsentrasi BOD dan COD di dua lokasi, yaitu di titik 4 dan 6.

Namun, dengan belum adanya peningkatan kadar DO hingga di lokasi terakhir (titik 6) yang disebabkan oleh masuknya limbah baru dari aliran anak sungai di titik 5, maka proses *self purification* air Sungai Bengawan Solo akibat pencemaran limbah industri di daerah penelitian dengan jarak $\pm$ 6.841 meter belum mencapai zona penjernihan kembali/pemutihan (*zone of clean water*), yang merupakan fase terakhir dari proses *self purification* aliran sungai yang mengalami pencemaran dan dari hal tersebut, menunjukkan bahwa dibutuhkan jarak yang lebih jauh bagi aliran Sungai Bengawan Solo untuk mencapai fase sempurna dari proses *self purification*, dengan catatan tidak ada lagi pemasukan limbah baru dari aliran anak sungai di lokasi berikutnya. Dengan demikian pembagian zona pencemaran aliran air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Pembagian zona proses penjernihan kembali (*self purification*) air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian

Evaluasi Kesesuaian Kualitas Air Sungai Bengawan Solo dengan Standar Baku Mutu Air

Menurut Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) Wilayah Sungai Bengawan Solo (2010), potensi air yang ada di wilayah Sungai Bengawan Solo dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya untuk pemenuhan suplai air domestik, industri, maupun irigasi.

Evaluasi kesesuaian limbah pada penelitian ini menggunakan metode komparatif, yakni dengan membandingkan batas nilai konsentrasi kelas baku mutu air Menurut PP nomor 82 tahun 2001, dengan nilai konsentrasi parameter air sungai yang tercemar di daerah penelitian yang telah diuji di laboratorium.

a. Padatan Tersuspensi Total / TSS

Hasil analisa laboratorium kadar TSS air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Nilai Konsentrasi TSS air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar TSS (mg/L)	Keterangan
1	- 1.847	26	Memenuhi Kelas I – IV
2	0	34	Memenuhi Kelas I – IV
3	+ 1.407	42	Memenuhi Kelas I – IV
4	+ 3.640	36	Memenuhi Kelas I – IV
5	+ 4.679	40	Memenuhi Kelas I – IV
6	+ 6.841	36	Memenuhi Kelas I – IV
Kelas Baku Mutu Air (Batas Maksimum)			
Kelas I		50	
Kelas II		50	
Kelas III		400	
Kelas IV		400	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium kadar TSS pada Tabel 12, nilai konsentrasi TSS air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berkisar antara 26 – 42 mg/liter. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 kriteria kelas baku mutu air, maka kadar TSS air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian memenuhi syarat dan masih dalam ambang batas yang telah ditentukan, yakni kriteria baku mutu air kelas I – IV. Namun kadar TSS belum bisa menjadi patokan bahwa air Sungai Bengawan Solo memenuhi standar

baku mutu secara keseluruhan, karena dibutuhkan parameter lain yang juga berperan dalam menentukan kelayakan kualitas air yang baik, seperti halnya tingkat kebersihan ataupun keberadaan senyawa dalam air.

b. Derajat Keasaman / pH

Hasil analisa laboratorium kadar pH air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 13 sebagai berikut.

Tabel 13. Nilai Konsentrasi pH air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar pH	Keterangan
1	- 1.847	6,8	Memenuhi Kelas I – IV
2	0	7,1	Memenuhi Kelas I – IV
3	+ 1.407	7,2	Memenuhi Kelas I – IV
4	+ 3.640	7,2	Memenuhi Kelas I – IV
5	+ 4.679	7,2	Memenuhi Kelas I – IV
6	+ 6.841	7,2	Memenuhi Kelas I – IV
Kelas Baku Mutu Air			
Kelas I		6 – 9	
Kelas II		6 – 9	
Kelas III		6 – 9	
Kelas IV		5 – 9	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada Tabel 13, nilai konsentrasi pH air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berada di kisaran angka 6,8 – 7,2. Berdasarkan perbandingan PP No. 82 Tahun 2001 kriteria kelas baku mutu air, maka kadar pH air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian memenuhi syarat dan masih dalam ambang batas yang telah ditentukan, yakni kriteria baku mutu air kelas I – IV.

Maka kadar pH air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian masih sangat memungkinkan bagi mikroorganisme, maupun tumbuhan air seperti enceng gondok yang bertugas mendekomposir dan mengoksidasi bahan polutan dalam air, untuk bisa hidup di aliran air sungai.

c. Oksigen Terlarut/DO

Hasil analisa laboratorium kadar DO air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 14 sebagai berikut.

Tabel 14. Nilai Konsentrasi DO air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar DO (mg/L)	Keterangan
1	- 1.847	6,4	Memenuhi Kelas I – IV
2	0	3,8	Memenuhi Kelas III – IV
3	+ 1.407	3,2	Memenuhi Kelas III – IV
4	+ 3.640	3,0	Memenuhi Kelas III – IV
5	+ 4.679	3,0	Memenuhi Kelas III – IV
6	+ 6.841	3,0	Memenuhi Kelas III – IV
Kelas Baku Mutu Air (Batas Minimum)			
Kelas I		6,0	
Kelas II		4,0	
Kelas III		3,0	
Kelas IV		0	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada Tabel 14, nilai konsentrasi DO air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berada di kisaran 3,0 – 6,4 mg/liter. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 kriteria kelas baku mutu air, di titik 1 menunjukkan bahwa kadar DO masih memenuhi syarat dan masih dalam ambang batas yang telah ditentukan. Kemudian di titik 2 - 6, kadar DO menunjukkan kriteria kelas baku mutu air yang lebih rendah, yakni kelas III – IV, yang disebabkan oleh masuknya kembali limbah industri di segmen sungai antara titik 4 dan 5. Dengan rendahnya kelas baku mutu air dari kadar DO di dalam air sungai mengindikasikan bahwa derajat pengotoran limbah berada pada konsentrasi yang tinggi, sehingga dapat berpotensi memperlambat proses *self purification* di aliran sungai.

d. Kebutuhan Oksigen Biologi/BOD

Hasil analisa laboratorium kadar BOD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 15 sebagai berikut.

Tabel 15. Nilai Konsentrasi BOD air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar BOD (mg/L)	Keterangan
1	- 1.847	20,2	Tidak Memenuhi Standar
2	0	49,1	Tidak Memenuhi Standar
3	+ 1.407	88,3	Tidak Memenuhi Standar
4	+ 3.640	41,2	Tidak Memenuhi Standar
5	+ 4.679	62,7	Tidak Memenuhi Standar
6	+ 6.841	30,2	Tidak Memenuhi Standar
Kelas Baku Mutu Air (Batas Maksimum)			
Kelas I		2,0	
Kelas II		3,0	
Kelas III		6,0	
Kelas IV		12,0	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada Tabel 15, nilai konsentrasi BOD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berkisar antara 20,2 – 88,3 mg/liter. Dengan perbandingan kriteria kelas baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001, maka kadar BOD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian secara keseluruhan tidak memenuhi syarat dan melewati ambang batas yang telah ditentukan, yakni kelas baku mutu kelas I – IV. Dengan tingginya kadar BOD di air Sungai Bengawan Solo, mengindikasikan tingginya derajat pengotoran limbah yang berasal bahan polutan (limbah cair industri) yang dibuang ke aliran sungai.

e. Kebutuhan Oksigen Kimia / COD

Hasil analisa laboratorium kadar COD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 16 sebagai berikut.

Tabel 16. Nilai Konsentrasi COD air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar COD (mg/L)	Keterangan
1	- 1.847	40,2	Memenuhi Kelas III – IV
2	0	119,4	Tidak Memenuhi Standar
3	+ 1.407	147,1	Tidak Memenuhi Standar
4	+ 3.640	102,9	Tidak Memenuhi Standar
5	+ 4.679	104,5	Tidak Memenuhi Standar
6	+ 6.841	81,1	Memenuhi Kelas IV
Kelas Baku Mutu Air (Batas Maksimum)			
Kelas I		10	
Kelas II		25	
Kelas III		50	
Kelas IV		100	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium COD pada Tabel 16, nilai konsentrasi COD air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berada di kisaran angka 40,2 – 147,1 mg/liter. Berdasarkan kriteria kelas baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001, maka kadar COD air Sungai Bengawan Solo lintas daerah penelitian di dua lokasi, yakni titik 1 dan 6, masih memenuhi syarat dan berada dalam ambang batas yang telah ditentukan, yakni di titik 1 (kelas III – IV) dan titik 6 (kelas IV). Lain daripada itu, di empat lokasi aliran sungai daerah penelitian, yakni titik 2, 3, 4, dan 5 tidak memenuhi syarat dan telah melewati ambang batas yang telah ditentukan. Dari

hal tersebut telah menunjukkan bahwa bahan polutan yang mencemari air Sungai Bengawan Solo dimulai dari titik 2 hingga 5 berada dalam konsentrasi yang tinggi. Namun dengan sesuainya kelas baku mutu air dari konsentrasi COD di titik 6, mengindikasikan bahwa telah terjadi penurunan derajat pengotoran limbah dan memungkinkan bagi aliran air sungai di lokasi berikutnya akan mengalami penurunan kadar konsentrasi dan memenuhi standar kelas baku mutu air yang lebih baik.

f. Sulfida (H_2S)

Hasil analisa laboratorium kadar Sulfida air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai Konsentrasi Sulfida air Sungai Bengawan Solo di Daerah Penelitian

Nomor Sampel	Jarak Sungai (m)	Kadar Sulfida (mg/L)	Keterangan
1	- 1.847	0,003	Tidak Memenuhi Standar
2	0	0,236	Tidak Memenuhi Standar
3	+ 1.407	0,840	Tidak Memenuhi Standar
4	+ 3.640	0,044	Tidak Memenuhi Standar
5	+ 4.679	0,098	Tidak Memenuhi Standar
6	+ 6.841	0,238	Tidak Memenuhi Standar
Kelas Baku Mutu Air (Batas Maksimum)			
Kelas I		0,002	
Kelas II		0,002	
Kelas III		0,002	
Kelas IV		(-)	

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada Tabel 17, nilai konsentrasi sulfida air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian berkisar antara 0,003 – 0,84 mg/liter. Dengan perbandingan kriteria kelas baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001, maka kadar sulfida air Sungai Bengawan Solo di daerah penelitian secara keseluruhan tidak memenuhi syarat dan melewati ambang batas yang telah ditentukan (kelas I – IV). Dari hal tersebut, menunjukkan bahwa kadar sulfida yang merupakan wujud pelepasan gas-gas dari proses oksidasi bakteri *anaerob* berada dalam konsentrasi yang tinggi dan berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kehidupan biota di lingkungan aliran sungai, karena kadar sulfida yang berlebihan dapat menyebabkan korosivitas logam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Distribusi pencemaran air Sungai Bengawan Solo daerah penelitian menunjukkan kecenderungan pola yang fluktuatif, yang ditunjukkan dari empat parameter terkait derajat pengotoran limbah (TSS, BOD, COD, dan Sulfida), mengalami peningkatan konsentrasi di titik 3 dan 5, serta mengalami penurunan konsentrasi di titik 4 dan 6. Selain itu, dari dua parameter terkait dengan faktor pendukung kemampuan penjernihan kembali (*self purification*) (pH dan DO) mengalami pola stagnan konsentrasi di titik 4 hingga titik 6.
- 2) Proses penjernihan kembali (*self purification*) air Sungai Bengawan Solo yang tercemar dapat berlangsung, yang ditandai dengan adanya penurunan konsentrasi di titik 4 dan 6. Namun berdasarkan fase prosesnya, belum mencapai fase akhir/sepurna dari proses *self purification*, yakni zona penjernihan kembali/pemutihan (*zone of clean water*).
- 3) Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001, menunjukkan bahwa kondisi kualitas air Sungai Bengawan Solo dari enam parameter yang diteliti, dua diantaranya (pH dan TSS) secara keseluruhan memenuhi kelas baku mutu I – IV, kadar DO menunjukkan kecenderungan kelas baku mutu III – IV dan kadar COD hanya memenuhi syarat di dua lokasi aliran sungai, yakni di titik 1 (kelas III – IV) dan lokasi terakhir (titik 6) memenuhi kelas IV. Selain itu, terdapat dua parameter yang secara keseluruhan tidak memenuhi syarat dan melampaui ambang batas yang ditentukan, yakni BOD dan Sulfida (H_2S).

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, yang menunjukkan kondisi

pencemaran di aliran sungai daerah penelitian, maka ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan sebagai berikut.

- 1) Dengan tingginya pencemaran yang terjadi di Sungai Bengawan Solo lintas Kecamatan Kebakkramat, maka perlu ditingkatkan kualitas sistem pengelolaan limbah (IPAL), khususnya bagi industri yang membuang limbah cair ke aliran sungai. Selain itu, diperlukan juga peran instansi terkait untuk lebih intensif dalam memonitoring kualitas air Sungai Bengawan Solo, sebagai pendukung kelestarian lingkungan sungai yang berkelanjutan.
- 2) Untuk mengidentifikasi dampak limbah terhadap kehidupan manusia, diperlukan kajian kualitas air yang lebih spesifik, khususnya pada parameter-parameter yang dari segi tingkat bahaya dan toksisitasnya lebih tinggi, seperti halnya logam berat dan bukan hanya kajian mengenai pengaruh pencemaran terhadap lingkungan secara alamiah saja, guna mendapatkan analisa dampak pencemaran yang lebih spesifik dan tajam.
- 3) Untuk mengurangi intensitas pencemaran air sungai yang cukup tinggi di musim kemarau, setidaknya dapat direduksi dengan melakukan sistem pembuangan limbah secara berkala, mengingat kondisi debit volume air sungai yang minim di saat kemarau, sehingga dengan melakukan pembuangan limbah secara berkala, setidaknya dapat memberikan kesempatan bagi aliran sungai untuk menetralsir bahan pencemar yang masuk ke badan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, Alif Noor. 1991. *Air Limbah Industri Permasalahan dan Penanggulangannya*. Forum Geografi. 08 : 50-51, 1991. Surakarta : Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-dasar Teknologi Pengelolaan Air Limbah*. Yogyakarta : Gosyen Publishing.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Karanganyar Dalam Angka*. Karanganyar : BPS Kabupaten Karanganyar.
- BPSDA. 2010. *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bengawan Solo*. Jawa Tengah : Pemerintah Provinsi Jawa Tengah.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- EMDI-BAPPEDAL. 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia: Sumber, Pengendalian, dan Baku Mutu*. Jakarta : BAPPEDAL.
- Fardiaz, Srikanthi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius.
- Hagget, Peter. 2001. *Geography. A Global Synthesis*. London : Prectice Hall.
- Hendrasarie dan Cahyarani. 2010. *Kemampuan Self Purification Kali Surabaya, Ditinjau dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. 02 : 01 , 2010. Surabaya : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- KLH. 1990. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta : Presiden Republik Indonesia.
- Riyadi, Slamet. 1984. *Pencemaran Air*. Surabaya : Karya Anda.
- Sugiharto. 1987. *Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Universitas Indonesia.