

KANDUNGAN TOTAL PADATAN TERSUSPENSI, BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND DAN CHEMICAL OXYGEN DEMAND SERTA INDEKS PENCEMARAN SUNGAI KLAMPISAN DI KAWASAN INDUSTRI CANDI, SEMARANG

*Diani Riezki Andara, Haeruddin *)*, Agung Suryanto

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698

ABSTRAK

Sungai seringkali dimanfaatkan sebagai tempat pembuangan akhir dari limbah hasil kegiatan manusia, yang dapat menambah beban pencemaran. Masukan bahan-bahan dari luar baik yang berguna bagi peningkatan kondisi perairan juga memberi dampak pada penurunan kualitas perairan bila badan sungai dimasuki oleh bahan-bahan tersebut dalam konsentrasi yang berlebih. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan Total Padatan Tersuspensi (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta menentukan nilai Indeks Pencemaran (IP) dari Sungai Klampisan yang terletak di Kawasan Industri Candi, Ngaliyan, Semarang. Penentuan lokasi pengambilan sampel (data primer) dengan cara melakukan observasi di sekitar aliran Sungai Klampisan yang bertujuan untuk mencari lokasi sebagai obyek pengambilan sampel parameter kualitas air. Pengambilan sampel pada Sungai Klampisan dilakukan pada tiga stasiun pengamatan. Stasiun pertama berada pada bagian *upper stream* sungai yang alirannya terletak sebelum sumber pencemar, stasiun kedua berada pada bagian *mid stream* sungai yang alirannya terletak dekat dengan sumber pencemar, stasiun ketiga berada pada bagian *lower stream* sungai yang alirannya terletak setelah sumber tercemar. Pengambilan air sampel dilakukan pada dua titik yang memiliki jarak yang sama pada lebar penampang sungai di setiap stasiun dengan dua kali pengulangan. Kandungan TSS paling tinggi terdapat pada bulan Februari 2014 di stasiun tiga yaitu 45 mg/l sementara kandungan BOD paling tinggi terdapat pada bulan Februari 2014 di stasiun satu yaitu 20,69 mg/l dan distribusi kandungan COD paling tinggi terdapat pada bulan Januari 2014 di stasiun satu yaitu 73,5 mg/l. Sungai Klampisan termasuk dalam kriteria tercemar ringan dengan nilai Pij berkisar antara $1,0 < Pij \leq 5,0$.

Kata Kunci: TSS, BOD, COD, Indeks Pencemaran (IP)

ABSTRACT

Rivers are often used as landfill waste from human activities , which can add to the pollution load. Supply of materials from outside which is useful for the improvement of water conditions also have an impact on river quality degradation when penetrated by these materials in excess concentrations. The purpose of this study were to determine the content of Total Suspended Solids (TSS), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) and determine the value of Pollution Index (PI) in Candi Industrial Area, Klampisan River, Ngaliyan, Semarang. This research held on January to February 2014. Determination of sampling sites (primary data) by means of observation around Klampisan river flow which aims to find the object of location sampling for water quality parameters. Sampling was carried out on the River Klampisan at three observation stations. The first station is located at the upper stream of the river flow which is located before the sources of pollution, second station is in the mid section of the river stream flow which is located close to pollution sources, the third station is located on the lower part of the river stream which is polluted sources. Water samples was collected on two points that have the same distance to the cross section width of the river at each station with two replications. The highest TSS content is 45mg/l in February 2014 at third station, the highest BOD content is 20.69 mg/l in February 2014 at the first station and the highest COD content is 73.5 mg/l in January 2014 at the first station. River Klampisan is included in criteria of lightly polluted with Pij values ranging between $1.0 < Pij \leq 5.0$.

Key words: TSS, BOD, COD, Pollution Index (PI)

**) Penulis Penanggungjawab*

A. PENDAHULUAN

Secara umum menurut Lazaro (1990) dalam Anna (1999) sungai seringkali dimanfaatkan sebagai tempat pembuangan akhir dari limbah hasil kegiatan manusia, yang dapat menambah beban pencemaran. Oleh karena itu perlu diketahui seberapa jauh daya tampung sungai terhadap beban pencemaran. Masukan bahan-bahan dari luar baik yang berguna bagi peningkatan kondisi perairan juga memberi dampak pada

penurunan kualitas perairan bila badan sungai dimasuki oleh bahan-bahan tersebut dalam konsentrasi yang berlebih. Selain menurunkan kualitas perairan sungai hal ini akan sangat berdampak bagi kehidupan organisme yang terdapat di sepanjang aliran sungai tersebut sebagai akibat adanya masukan limbah secara terus menerus.

Semakin meningkatnya perkembangan industri baik industri migas, pertanian, maupun industri non-migas lainnya, maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran pada perairan, udara dan tanah yang disebabkan oleh hasil buangan industri-industri tersebut. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh perkembangan industri tersebut perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan, termasuk baku mutu air pada sumber air, baku mutu limbah cair, baku mutu air laut, dan sebagainya (Fardiaz, 1992).

Air dikatakan tercemar apabila air tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air yang keadaan normal akibat terkontaminasi oleh material atau partikel, dan bukan dari proses pemurnian. Air sungai dikatakan tercemar apabila badan air tersebut tidak sesuai lagi dengan peruntukannya dan tidak dapat lagi mendukung kehidupan biota yang ada didalamnya. Terjadinya suatu pencemaran di sungai umumnya disebabkan oleh adanya masukan limbah ke badan sungai (Azwir, 2006).

Mengutip dari Surat Kabar Tribun Jateng tanggal 11 Juli 2013, bahwa puluhan warga Kampung Klampisan RW 08, Purwoyoso, Ngaliyan, Semarang, melakukan protes terhadap PT. Marimas di Kawasan Industri Candi, karena limbah marimas diduga mencemari Sungai Klampisan. Hal ini dikarenakan bau asam yang tercium dari Sungai Klampisan sehingga mencemari sumur sebagai sumber air bersih warga yang menyebabkan gangguan fungsi dari penggunaan air bersih tersebut.

Berdasarkan isu diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat pencemaran air Sungai Klampisan dengan mengetahui kandungan padatan tersuspensi (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di Sungai Klampisan serta menentukan nilai Indeks Pencemar (IP) nya didukung dengan pemeriksaan parameter fisika dan kimia lainnya. Hingga saat ini analisa IP pada Sungai Klampisan belum dilakukan, sehingga penelitian ini diharapkan sebagai penyusunan kebijakan pengelolaan limbah yang tepat bagi Kawasan Industri Candi yang berada di dekat Sungai Klampisan.

Sungai Klampisan, Ngaliyan, Semarang, mempunyai potensi tingkat pencemaran yang cukup tinggi karena terletak di daerah kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Candi Semarang dan limbah yang diduga mencemari perairan sungai ialah limbah yang berasal dari PT. Marimas (berdasarkan isu dari sebuah surat kabar) yang termasuk dalam limbah industri pangan. Melihat kondisi tersebut maka perlu adanya penelitian yang dapat mengetahui kadar padatan tersuspensi (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta dapat menentukan nilai Indeks Pencemar (IP) dari Sungai Klampisan sehingga dapat dijadikan gambaran kondisi perairan Sungai Klampisan, agar perairan sungai dapat dimanfaatkan karena berdasarkan informasi yang didapatkan dari masyarakat sekitar, perairan Sungai Klampisan dimanfaatkan untuk kepentingan warga. Parameter fisika dan kimia lainnya juga penting untuk dilakukan pemeriksaan kadarnya, antara lain: suhu air, kecerahan, arus, pH dan DO.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar padatan tersuspensi (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta dapat menentukan nilai Indeks Pencemar (IP) dari Sungai Klampisan yang terletak di Kawasan Industri Candi, Ngaliyan, Semarang.

B. MATERI DAN METODE PENELITIAN

1. Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan berupa beberapa alat dan bahan. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dalam pengukuran *in situ* antara lain pH *paper* digunakan untuk mengukur pH; termometer digunakan untuk mengukur suhu air; *secchi disk* digunakan untuk mengukur kecerahan dan kedalaman air; bola arus digunakan untuk mengukur arus, tongkat kayu dan meteran gulung digunakan untuk mengukur luas penampang sungai dalam pengukuran debit sungai serta DO meter digunakan untuk mengukur kadar DO. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam analisa laboratorium antara lain botol sampel, botol DO, buret mikro 2 mL, pipet ukur 5 mL, erlenmeyer 125 mL, gelas piala 400 mL, dan labu ukur 1000 mL, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, desikator, oven, gelas ukur, cawan aluminium, cawan *Gooch*, penjepit, kaca arloji dan pompa *vacum*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kertas saring, akuades, larutan pereaksi asam sulfat, larutan baku kalium dikromat, larutan indikator ferroin, larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS), asam sulfamat, larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat (KHF), larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat, larutan kalsium klorida, larutan suspensi bibit mikroba, larutan air pengencer, larutan glukosa-asam glutamat, larutan asam sulfat, larutan natrium sulfit, asam asetat, larutan kalium iodida 10%, larutan indikator amilum.

2. Metode Penelitian

Penentuan lokasi pengambilan sampel (data primer) dengan cara melakukan observasi di sekitar aliran Sungai Klampisan yang bertujuan untuk mencari lokasi sebagai obyek pengambilan sampel parameter

kualitas air. Pengambilan sampel pada Sungai Klampisan dilakukan pada tiga stasiun pengamatan. Stasiun pertama berada pada bagian *upper stream* sungai yang alirannya terletak sebelum sumber pencemar (kawasan industri). Stasiun kedua berada pada bagian *mid stream* sungai yang alirannya terletak dekat dengan sumber pencemar. Stasiun ketiga berada pada bagian *lower stream* sungai yang alirannya terletak setelah sumber tercemar. Pengambilan air sampel dilakukan pada dua titik yang memiliki jarak yang sama pada lebar penampang sungai di setiap stasiun dengan dua kali pengulangan. Menurut SNI 03-7016-2004, Hasil pemeriksaan contoh gabungan tempat menunjukkan keadaan rata-rata dari suatu daerah atau tempat pemeriksaan. Metode pengambilan contoh gabungan tempat ini umumnya tidak dilakukan untuk pemeriksaan kualitas air danau atau waduk, sebab pada umumnya kualitas air danau/waduk menunjukkan gejala yang berbeda kualitasnya karena kedalaman atau lebarnya.

Pengukuran yang dilakukan secara *in situ* antara lain ialah pengukuran DO, suhu, kecerahan, kedalaman, arus, dan pH air. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel air untuk kemudian dilakukan analisa di laboratorium yaitu parameter TSS, COD, BOD. Pengambilan air sampel untuk parameter COD dan BOD menggunakan botol DO yang dilakukan di bawah permukaan air. Pada saat pengambilan air sampel ini harus dilakukan secara cermat agar tidak terdapat gelembung udara pada botol DO tersebut, setelah itu dilakukan analisa sampel dengan metode titrasi. Menurut Tebbut (1992) dalam Effendi (2003), selama proses inkubasi pada penentuan BOD, sama sekali tidak ada pasokan oksigen, baik dari proses difusi maupun dari fotosintesis. Pengambilan air sampel untuk parameter TSS menggunakan botol sampel dengan volume 1,5 L yang selanjutnya dilakukan analisa sampel di laboratorium.

Pengamatan sifat fisik perairan sungai dilakukan dengan mengamati langsung kondisi perairan sungai. Sifat fisik perairan sungai yang diamati meliputi warna dan bau air serta tekstur, jenis dan bau substrat yang berada di perairan sungai tersebut.

Penggunaan lahan sepanjang sungai Klampisan sangat penting untuk diamati. Hal ini dimaksudkan untuk dapat menduga faktor yang mempengaruhi kualitas air sungai. Pengamatan dilakukan langsung di daerah sekitar aliran sungai, apakah lahan sekitar sungai digunakan untuk lahan pemukiman, pertanian, peternakan, pembuangan sampah, rel kereta api, atau lain sebagainya disamping penggunaan lahan untuk industri pabrik. Dengan diketahuinya penggunaan lahan di sepanjang aliran sungai juga dapat memberikan informasi tentang sumber yang mencemari perairan sungai tersebut.

Data curah hujan harian didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang dimulai dari tahun 2009 hingga tahun 2013. Data curah hujan diperlukan sebagai data penunjang kualitas air sungai (parameter fisika dan kimia) yang kemudian diketahui tingkat pencemarannya.

Air sampel yang telah diambil selanjutnya dilakukan analisa sampel agar diperoleh hasil untuk dilakukan analisa data pada setiap parameternya. Analisa sampel padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*) secara *gravimetric* dilakukan menurut SNI 06-6989.3-2004. Analisa sampel *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) secara *titrimetric* dilakukan menurut SNI 6989.72:2009. Analisa sampel *Chemical Oxygen Demand* (COD) secara *titrimetric* dilakukan menurut SNI 06-2420-1991.

Penentuan Indeks Pencemaran (IP)

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003, Indeks Pencemar memiliki konsep yang berlainan dengan Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index*). Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai.

Jika L_j menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka PI_j adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_j .

$$PI_j = (C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_i/L_j) \dots \dots \dots (1)$$

Tiap nilai C_i/L_j menunjukkan pencemaran relatif yang diakibatkan oleh parameter kualitas air. Nisbah ini tidak mempunyai satuan. Nilai $C_i/L_j = 1,0$ adalah nilai yang kritis, karena nilai ini diharapkan untuk dipenuhi bagi suatu Baku Mutu Peruntukan Air. Jika $C_i/L_j > 1,0$ untuk suatu parameter, maka konsentrasi parameter ini harus dikurangi atau disisihkan, kalau badan air digunakan untuk peruntukan (j). Jika parameter ini adalah parameter yang bermakna bagi peruntukan, maka pengolahan mutlak harus dilakukan bagi air itu. Pada model IP digunakan berbagai parameter kualitas air, maka pada penggunaannya dibutuhkan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai C_i/L_j sebagai tolok-ukur pencemaran, tetapi nilai ini tidak akan bermakna jika salah satu nilai C_i/L_j bernilai lebih besar dari 1. Jadi indeks ini harus mencakup nilai C_i/L_j yang maksimum

$$PI_j = \{(C_i/L_j)_R, (C_i/L_j)_M\} \dots \dots \dots (2)$$

Nilai $(C_i/L_j)_R$: nilai C_i/L_j rata-rata

$(C_i/L_j)_M$: nilai C_i/L_j maksimum

Perairan akan semakin tercemar untuk suatu peruntukan (j) jika nilai $(C_i/L_j)_R$ dan atau $(C_i/L_j)_M$ adalah lebih besar dari 1,0. Jika nilai maksimum C_i/L_j dan atau nilai rata-rata C_i/L_j makin besar, maka tingkat pencemaran suatu badan air akan makin besar pula.

$$P_{ij} = m \sqrt{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana m = faktor penyeimbang

Keadaan kritik digunakan untuk menghitung nilai m

$P_{ij} = 1,0$ jika nilai maksimum $C_i/L_{ij} = 1,0$ dan nilai rata-rata $C_i/L_{ij} = 1,0$ maka

$$1,0 = m\sqrt{(1)^2 + (1)^2}$$

$m = 1/\sqrt{2}$, maka persamaan (3) menjadi:

$$P_{ij} = \frac{\sqrt{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}}{2} \dots\dots\dots(4)$$

Harga P_{ij} ini dapat ditentukan dengan cara :

1. Memilih parameter-parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas air akan membaik
2. Memilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang
3. Menghitung harga C_i/L_{ij} untuk tiap parameter ada setiap stasiun pengambilan sampel
4. Untuk nilai konsentrasi parameter DO, yang menurun akan menyatakan tingkat pencemaran meningkat misal DO. Perlu ditentukan nilai teoritik atau nilai maksimum C_{im} (yang merupakan DO jenuh = 7). Kemudian nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan, yaitu:

$$(C_i/L_{ij})_{baru} = \frac{C_{im} - C_i}{C_{im} - L_{ij}}$$

5. Jika nilai baku L_{ij} memiliki rentang
 - Untuk $C_i < L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij})_{baru} = \frac{C_i - (L_{ij})_{rata-rata}}{(L_{ij})_{min} - (L_{ij})_{rata-rata}}$$

- Untuk $C_i < L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij})_{baru} = \frac{C_i - (L_{ij})_{rata-rata}}{(L_{ij})_{maks} - (L_{ij})_{rata-rata}}$$

6. Penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran kalau nilai ini kecil dari 1,0 dan penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) baru jika nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran lebih besar dari 1,0. $(C_i/L_{ij})_{baru} = 1,0 + P \cdot \log (C_i/L_{ij})$ hasil pengukuran. P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan 5)
7. Menentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan C_i/L_{ij}
8. Menentukan harga P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{\sqrt{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}}{2}$$

Metoda ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu. Standar baku mutu air (BMA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah kriteria peruntukan air kelas II (PP 82/2001). Alasan penggunaan BMA tersebut karena kajian teknis peruntukan air Sungai Klampisan belum dilakukan. Dalam kondisi dimana kajian teknis peruntukan sumber air belum dilakukan, maka BMA menggunakan kriteria peruntukan air kelas II, meskipun sumber air tersebut digunakan untuk berbagai kebutuhan air baku (Peraturan Pemerintah 82/2001 pasal 5, pasal 9, pasal 11, pasal 12 ayat1).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada aliran Sungai Klampisan yang merupakan wilayah Kampung Klampisan, Desa Purwoyoso, Kecamatan Ngaliyan yang terletak di sebelah barat Kota Semarang yang berbatasan dengan kecamatan Semarang Barat, Mijen dan Tugu. Pengambilan sampel yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pada stasiun satu terletak pada koordinat 06°59'49,5" LS dan 110°21'29,3 BT yang merupakan bagian *upper stream* sungai yang alirannya terletak sebelum sumber pencemar (kawasan industri). Stasiun dua terletak pada koordinat 07°00'01,0" LS dan 110°21'48,3 BT yang merupakan bagian *mid stream* sungai yang alirannya terletak dekat dengan sumber pencemar. Stasiun tiga terletak pada koordinat 07°00'08,6" LS dan 110°21'49,6" BT yang merupakan bagian *lower stream* sungai yang alirannya terletak setelah sumber pencemar.

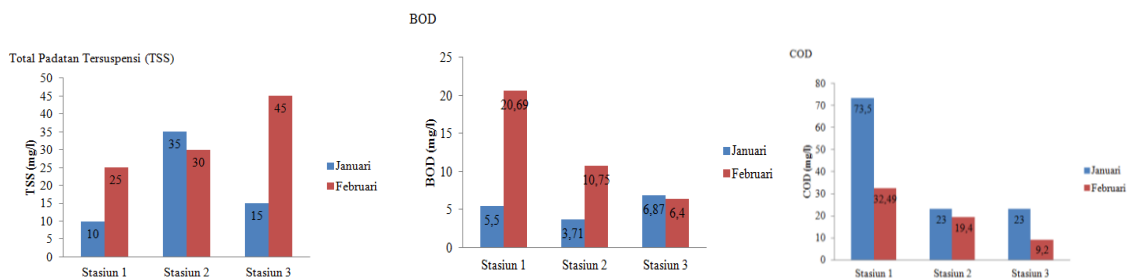
Berdasarkan hasil pengamatan pada saat pengambilan sampel untuk ulangan pertama yang dilakukan pada bulan Januari 2014, air sungai pada stasiun 1, 2 dan 3 cenderung berwarna jernih dan tidak berbau. Hal ini dapat disebabkan karena pengambilan sampel dilakukan pada hari Senin, dimana pabrik disekitar sungai baru mulai beroperasi sehingga buangan limbah belum teralirkan dan juga dapat dikarenakan

turnya hujan pada saat pengambilan sampel. Jenis substrat pada perairan sungai ialah lumpur berpasir yang berwarna abu. Pengambilan sampel pada ulangan kedua dilakukan pada bulan Februari 2014 di hari Kamis dimana pada hari itu pabrik sudah beroperasi dan sudah teralir limbah di sepanjang sungai Klampisan, sehingga terlihat air sungai cenderung berwarna coklat terutama pada stasiun 2 dan stasiun 3. Substrat perairan sungai yang semula lumpur berpasir, menjadi disertai tanah. Hal ini dikarenakan hujan lebat yang turun sepanjang bulan Januari hingga awal Februari mengakibatkan tanah pondasi sekitar penampang sungai menjadi turun. Berdasarkan Data curah hujan tahun 2009 – 2013 yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang dapat dikatakan bahwa curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli – Agustus dimana pada bulan ini sungai Klampisan diduga tercemar dan puncak curah hujan terjadi pada bulan Januari – Februari dimana pada bulan ini dilakukan penelitian.

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga stasiun. Stasiun 1 merupakan aliran sungai yang terletak sebelum sumber pencemar yang dikelilingi dengan banyak pepohonan. Sepanjang aliran sungai pada stasiun ini terdapat banyak sekali sampah berserakan. Lahan disamping aliran sungai digunakan untuk pemukiman penduduk, peternakan kambing dan juga terdapat pabrik baja PT. Kurnia Adijaya Mandiri. Stasiun 2 merupakan aliran sungai yang terletak persis dibelakang pabrik PT. Marimas yang diduga sebagai sumber pencemar pada sungai Klampisan. Lahan sepanjang aliran sungai stasiun 2 ini juga digunakan sebagai tempat pemukiman warga Desa Klampisan. Stasiun 3 merupakan aliran sungai yang terletak setelah sumber pencemar. Lahan sepanjang sungai stasiun 3 digunakan sebagai tempat pemukiman warga dan juga terdapat jembatan yang dijadikan akses jalan raya. Beberapa warga setempat ada yang secara langsung menggunakan aliran air sungai pada stasiun ini untuk kepentingan rumah tangga seperti mandi dan mencuci.

a. Kandungan TSS, BOD, dan COD

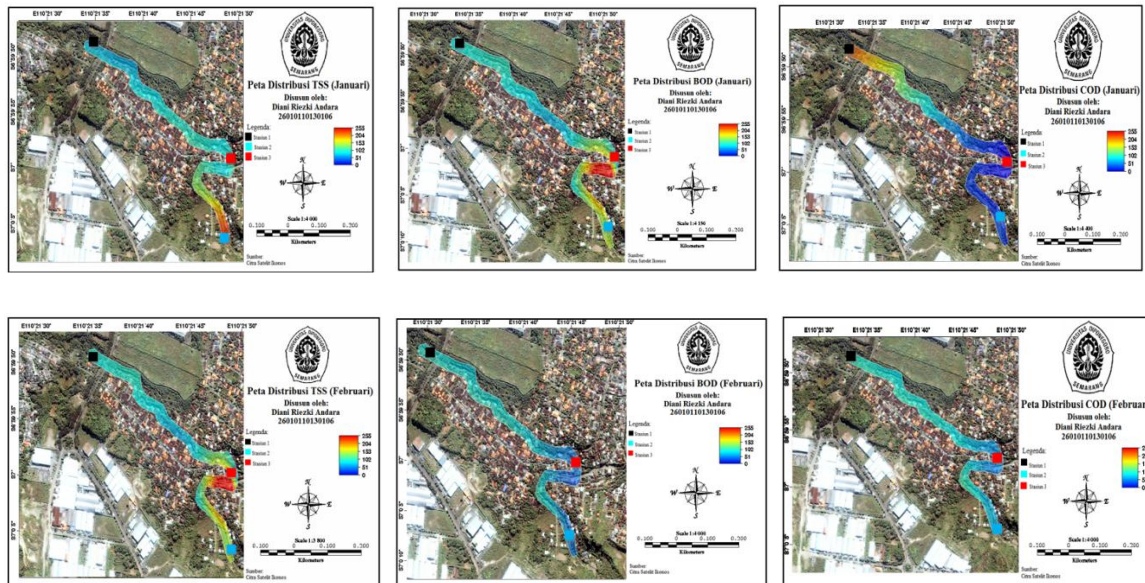
Berdasarkan gambar, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata TSS pada bulan Februari lebih tinggi dibandingkan dengan nilai TSS pada bulan Januari di stasiun satu dan stasiun tiga. Nilai TSS stasiun 3 mengalami kenaikan cukup signifikan pada bulan Januari sebesar 15 mg/l menjadi 45 mg/l pada bulan Februari. Nilai kandungan TSS pada stasiun dua lebih tinggi pada bulan Januari sebesar 35 mg/l dibandingkan dengan bulan Februari sebesar 30 mg/l, tetapi perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Nilai rata-rata BOD yang dihasilkan pada bulan Februari cenderung lebih tinggi dibandingkan nilai pada bulan Januari. Nilai BOD tertinggi pada bulan Februari ialah pada stasiun 1 sebesar 20,69 mg/l yang memiliki perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dengan nilai pada bulan Januari yaitu sebesar 5,5 mg/l. Nilai rata-rata COD yang dihasilkan pada bulan Januari selalu lebih tinggi dibandingkan nilai pada bulan Februari. Nilai COD tertinggi pada bulan Januari ialah pada stasiun 1 sebesar 73,5 mg/l yang memiliki perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dengan nilai pada bulan Februari yaitu sebesar 32,49 mg/l. Nilai COD paling rendah ialah pada stasiun 3 dimana pada bulan Januari sebesar 23 mg/l dan Februari sebesar 9,2 mg/l.



Gambar 1. Histogram Kandungan TSS, BOD, dan COD

Gambar-gambar dibawah ini menunjukkan pola distribusi TSS, BOD, dan COD pada ulangan pertama yang dilakukan di bulan Januari dan pada ulangan kedua yang dilakukan di bulan Februari. Pola distribusi TSS pada ulangan pertama yang dilakukan di bulan Januari menunjukkan bahwa distribusi TSS paling tinggi terdapat pada stasiun dua yang ditandai dengan warna kemerahan dan distribusi TSS paling rendah terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna biru tua. Pola distribusi TSS pada ulangan kedua yang dilakukan di bulan Februari menunjukkan bahwa distribusi TSS paling tinggi terdapat pada stasiun tiga yang ditandai dengan warna kuning kemerahan dan distribusi TSS paling rendah terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna biru tua. Pola distribusi BOD pada ulangan pertama yang dilakukan di bulan Januari menunjukkan bahwa distribusi BOD paling tinggi terdapat pada stasiun dua yang ditandai dengan warna kuning kemerahan dan distribusi BOD paling rendah terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna biru tua. Pola distribusi BOD pada ulangan kedua yang dilakukan di bulan Februari menunjukkan bahwa distribusi BOD paling tinggi terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna kuning kemerahan dan distribusi BOD paling rendah terdapat pada stasiun tiga yang ditandai dengan warna biru tua. Pola distribusi COD pada ulangan pertama yang dilakukan di bulan Januari menunjukkan bahwa distribusi COD paling

tinggi terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna kuning kemerahan dan pada stasiun dua dan tiga distribusi COD lebih rendah ditandai dengan warna biru tua. Pola distribusi COD pada ulangan kedua yang dilakukan di bulan Februari menunjukkan bahwa distribusi COD paling tinggi terdapat pada stasiun satu yang ditandai dengan warna kuning kemerahan dan distribusi COD paling rendah terdapat pada stasiun tiga yang ditandai dengan warna biru tua.



Gambar 2. Distribusi TSS, BOD, dan COD (Januari dan Februari)

b. Parameter Pendukung

Parameter pendukung yang diukur dalam penelitian ini terdiri dari parameter fisika dan kimia diantaranya suhu, kecerahan, kedalaman, arus, pH air, dan DO. Kisaran suhu air yang diperoleh pada bulan Januari pada setiap stasiun adalah 25–26 °C sementara pada bulan Februari adalah 24 – 25 °C. Suhu air pada bulan Januari dan Februari pada setiap stasiun cenderung tidak terjadi perubahan secara signifikan. Pengukuran kecerahan air menggunakan piringan *secchi disk* menghasilkan nilai kecerahan yang tak terhingga. Hal ini dikarenakan warna air yang relatif jernih dan perairan yang dangkal sehingga warna piringan *secchi disk* masih dapat terlihat hingga di dasar perairan. Perairan sungai pada stasiun 1 memiliki kedalaman yang lebih dibandingkan dengan stasiun 2 dan 3 yaitu berkisar antara 0,37 – 0,40 m. Kedalaman perairan sungai pada bulan Januari dan Februari tidak mengalami perubahan yang signifikan. Kecepatan arus sungai pada stasiun 1, 2, dan 3. Pada bulan Januari, stasiun 3 memiliki kecepatan arus yang lebih cepat dibandingkan stasiun lainnya yaitu sebesar 0,125 m/s, sementara pada bulan Februari, laju kecepatan arus air yang paling cepat ialah pada stasiun 2 yaitu sebesar 0,2 m/s. Tidak terlihat perubahan laju air yang signifikan antara bulan Januari dengan Februari. Nilai derajat keasaman (pH). pH air pada bulan Januari di Stasiun 1 dan 3 memiliki pH air netral yaitu 7, sedangkan nilai pH air pada stasiun 2 ialah 6 yaitu asam. Bulan Februari pada setiap stasiun menghasilkan nilai pH air yang sama yaitu 6 yang artinya perairan bersifat asam. Oksigen Terlarut (DO) pada bulan Januari memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan pada bulan Februari. Stasiun 2 memiliki nilai DO tertinggi pada bulan Januari yaitu sebesar 8,05 mg/l, sementara nilai DO tertinggi pada bulan Februari ialah sebesar 8,8 mg/l pada stasiun 3.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia

Pengamatan	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Jan	Feb	Jan	Feb	Jan	Feb
Suhu Air (°C)	25	24	25	25	26	25
Kecerahan (m)	~	~	~	~	~	~
Kedalaman (m)	0,37	0,4	0,33	0,35	0,28	0,35
Arus (m/s)	0,08	0,10	0,10	0,20	0,13	0,16
pH	7	6	6	6	7	6
Oksigen Terlarut (mg/l)	8,15	7,75	8,4	8,05	8,8	7,8

c. Indeks Pencemaran (IP)

Tingkat pencemaran sungai dapat diketahui dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran. Dalam metode ini tiap-tiap parameter yang terukur akan berkontribusi terhadap nilai Indeks Pencemaran (Pij). Lij

menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu Air, dan Ci menyatakan konsentrasi parameter kualitas air. Standar baku mutu air (BMA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah kriteria peruntukan air kelas II (PP 82/2001). Alasan penggunaan BMA tersebut karena kajian teknis peruntukan air Sungai Klampisan belum dilakukan.

Tabel 2. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 1 (Januari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	7	6 - 9	0,33	0,33
TSS	10	50	0,2	0,2
COD	73,5	25	2,94	3,34
BOD	5,5	3	1,83	2,3
DO	8,15	4	0,095	0,0095
$(Ci/Lij)^2R$				1,51
$(Ci/Lij)^2M$				11,15
Pij				2,51

Tabel 3. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 2 (Januari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	6	6 - 9	1	1
TSS	35	50	0,7	0,7
COD	23	25	0,92	0,92
BOD	3,71	3	1,24	1,46
DO	8,4	4	0,12	0,12
$(Ci/Lij)^2R$				0,7
$(Ci/Lij)^2M$				2,13
Pij				1,19

Tabel 4. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 3 (Januari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	7	6 - 9	0,33	0,33
TSS	15	50	0,3	0,3
COD	23	25	0,92	0,92
BOD	6,87	3	2,29	2,8
DO	8,8	4	0,45	0,45
$(Ci/Lij)^2R$				0,92
$(Ci/Lij)^2M$				7,84
Pij				2,09

Tabel 5. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 1 (Februari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	6	6 - 9	1	1
TSS	25	50	0,5	0,5
COD	32,49	25	1,30	1,57
BOD	20,69	3	6,90	5,19
DO	7,75	4	0,06	0,06
$(Ci/Lij)^2R$				2,77
$(Ci/Lij)^2M$				26,94
Pij				3,85

Tabel 6. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 2 (Februari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	6	6 - 9	1	1
TSS	30	50	0,6	0,6
COD	19,40	25	0,776	0,776
BOD	10,75	3	3,58	3,76
DO	8,05	4	0,09	0,09
$(Ci/Lij)^2R$				1,55
$(Ci/Lij)^2M$				14,14
Pij				2,80

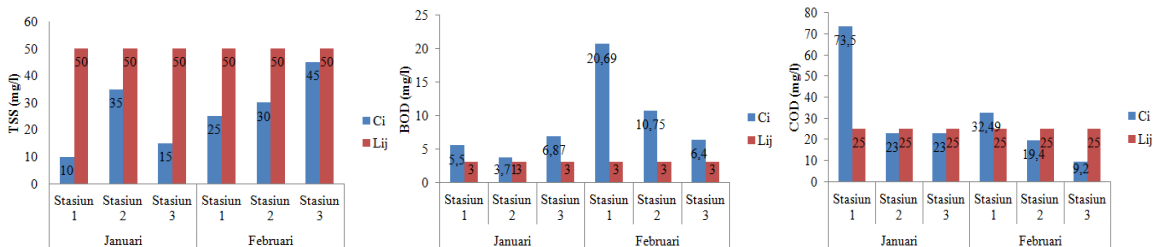
Tabel 7. Nilai Indeks Pencemaran Stasiun 3 (Februari 2014)

Parameter	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
pH	6	6 - 9	1	1
TSS	45	50	0,9	0,9
COD	9,20	25	0,368	0,368
BOD	6,40	3	2,13	2,64
DO	7,8	4	0,07	0,07
$(Ci/Lij)^2R$				0,99
$(Ci/Lij)^2M$				6,97
Pij				1,99

2. Pembahasan

a. Parameter Utama

Hasil pengukuran (Ci) dari parameter utama yaitu TSS, BOD, dan COD yang sangat berperan sebagai penentuan tingkat pencemaran didalam penggunaan Indeks Pencemaran (Pij) yang dibandingkan dengan batas Baku Mutu Air (Lij). Dapat dilihat dalam gambar dibawah ini, menjelaskan perbandingan Ci dan Lij pada setiap parameternya.



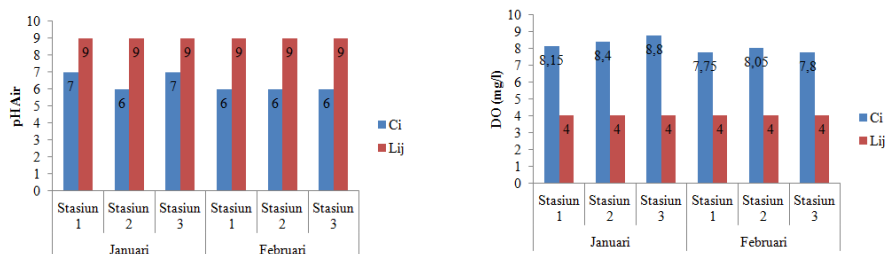
Gambar 3. Histogram Perbandingan Ci dan Lij parameter TSS, BOD, dan COD

Nilai total padatan tersuspensi (TSS) di Sungai Klampisan di setiap stasiun pada bulan Januari dan Februari menghasilkan angka yang lebih rendah dibandingkan dengan BMA Kelas II Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 yang memiliki nilai maksimum 50 mg/l. Kandungan TSS paling tinggi terdapat di stasiun tiga pada bulan Februari yaitu 45 mg/l. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel pada bulan Februari dilakukan setelah hujan turun sehingga substrat dasar perairan yang teraduk mengakibatkan tingkat padatan tersuspensi di badan air semakin tinggi. Stasiun tiga menghasilkan kandungan TSS yang paling tinggi dikarenakan pada saat pengambilan sampel di stasiun ini sedang terjadi aktivitas warga menggunakan air sungai seperti mencuci. Semakin rendah nilai TSS maka akan semakin tinggi nilai oksigen terlarut dan kecerahan. Menurut Gazali *et al.* (2013), zat padat tersuspensi adalah zat padat yang terapung yang dapat menimbulkan minimnya oksigen dalam air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Perairan Sungai Klampisan memiliki kecerahan air yang tidak terhingga demikian hal ini berbanding terbalik dengan nilai TSS yang diperoleh dengan kadar yang sangat rendah. Hasil pengukuran kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) atau kebutuhan oksigen biokimiawi di Sungai Klampisan pada setiap stasiunnya pada bulan Januari dan Februari memiliki hasil diatas Baku Mutu Air (BMA) kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 yaitu angka batas maksimum disyaratkan 3 mg/l. Kisaran BOD pada bulan Januari ialah 3,7 – 6,87 mg/l sedangkan pada bulan Februari ialah 6,4 – 20,69 mg/l. Nilai kisaran BOD pada bulan Januari lebih rendah dibandingkan pada bulan Februari. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan sampel di bulan Februari pabrik di kawasan industri candi tepatnya pabrik baja yang terdapat di dekat stasiun satu sedang beroperasi. Hal ini pula yang menyebabkan kandungan BOD tertinggi terdapat pada stasiun satu. Dijelaskan oleh Sugiharto (1987) dalam Gazali *et al.* (2013), semakin besar nilai BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah semakin besar. Nilai BOD menunjukkan banyaknya pencemar organik yang ada didalam perairan sungai. Hasil pengujian sampel air kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) di sepanjang aliran sungai Klampisan berkisar antara 9,2 – 73,5 mg/l. Kadar COD tertinggi dan juga melebihi ambang batas BMA ialah terdapat di stasiun satu yaitu 73,5 mg/l pada bulan Januari dan 32,49 mg/l pada bulan Februari dengan batas maksimum BMA Kelas II yaitu 25 mg/l. Hal ini dapat disebabkan karena terdapat pabrik baja disekitar stasiun ini dan banyak sampah yang berserakan yang menyebabkan kandungan bahan kimiawi yang tinggi pada stasiun ini. Sementara kadar COD terendah terdapat pada stasiun tiga pada pengambilan sampel kedua yaitu pada bulan

Februari. Hal ini disebabkan karena di sekitar stasiun tiga tidak terdapat pabrik apapun, hanya terdapat pemukiman warga sehingga menunjukkan sedikitnya pencemar organik yang terdapat pada perairan di stasiun tiga ini.

b. Parameter Pendukung

Hasil pengukuran (Ci) dari parameter pendukung yaitu pH dan DO yang juga berperan sebagai penentuan tingkat pencemaran didalam penggunaan Indeks Pencemaran (Pij) yang dibandingkan dengan batas Baku Mutu Air (Lij). Dapat dilihat dalam gambar dibawah ini yang menjelaskan perbandingan Ci dan Lij pada setiap parameternya.



Gambar 4. Histogram Perbandingan Ci dan Lij parameter pH dan DO

Hasil pengukuran pH air pada bulan Januari dan Februari yaitu berkisar antara 6 – 7. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 angka pH yang didapat selama penelitian berada pada kondisi optimum, yaitu 6-9. pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Keasaman air (pH) juga mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Perairan asam kurang produktif, malah dapat membunuh ikan (Gufron dan Kordi, 1997). pH air sungai berkisar 4 - 9. Kisaran pH yang cocok untuk organisme akuatik tidak sama tergantung pada jenis organisme tersebut (Cech 2005 dalam Siahaan *et al.* 2012). Perubahan pH menjadi hal yang peka bagi sebagian besar biota akuatik. Organisme akuatik lebih menyukai pH mendekati pH netral (Novotny & Olem 1994 dalam Siahaan *et al.* 2012). Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) di Sungai Klampisan pada setiap stasiunnya pada bulan Januari dan Februari memiliki hasil diatas Baku Mutu Air (BMA) kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 yaitu yang disyaratkan ≥ 4 mg/l. Menurut Lee *et al* (1978) dalam Ardi (2002), kondisi perairan Sungai Klampisan dilihat dari kadar oksigen terlarutnya termasuk dalam kategori tidak tercemar dimana klasifikasi perairan menurut oksigen terlarut adalah sebagai berikut : tidak tercemar (≥ 6.5 mg/l), tercemar sedang (4,5 - 6,5 mg/l) dan tercemar berat (< 2.0 mg/l). Hal ini dapat dikarenakan penelitian dilakukan pada pagi hari dimana pagi hari terjadinya proses fotosintesis sehingga menyebabkan adanya penambahan oksigen melalui proses fotosintetis dan pertukaran gas antara air dan udara menyebabkan kadar oksigen terlarut relatif lebih tinggi pada pagi dan atau siang hari serta musim penghujan selama penelitian berlangsung yaitu pada bulan Januari dan Februari, sehingga air hujan yang masuk dapat mensuplai oksigen terlarut didalam perairan sungai Klampisan.

c. Tingkat Pencemaran Sungai Klampisan

Hasil perhitungan indeks pencemaran (Pij) menunjukkan bahwa Sungai Klampisan masih termasuk dalam kriteria tercemar ringan (dapat dilihat pada tabel 9). Hal tersebut mungkin saja terjadi mengingat sungai mempunyai kemampuan memulihkan dirinya sendiri (*self purification*) dari bahan pencemar. Kemampuan *self purification* sungai terjadi karena penambahan konsentrasi oksigen terlarut dalam air yang berasal dari udara dan air hujan. Kandungan oksigen di dalam air akan menerima tambahan akibat turbulensi sehingga berlangsung perpindahan (difusi) oksigen dari udara ke air yang disebut proses *reaerasi* (KepMenLH 110/2003).

Tabel 8. Kriteria Tingkat Pencemaran Sungai Klampisan

Bulan	Stasiun	(Pij) _{pengukuran}	Keterangan
Januari 2014	1	2,51	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)
	2	1,19	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)
	3	2,09	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)
Februari 2014	1	3,85	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)
	2	2,80	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)
	3	1,99	Cemaran Ringan ($1,0 < Pij \leq 5,0$)

Nilai indeks pencemar paling tinggi terdapat pada stasiun satu dimana penggunaan lahan disekitar stasiun tersebut sebagai pemukiman warga, peternakan kambing serta terdapat pabrik baja disekitar aliran stasiun satu. Sementara nilai indeks pencemaran pada stasiun 2 dimana terletak pada area sumber pencemar yaitu PT. Marimas yang diduga oleh warga sebagai sumber utama yang mencemari aliran justru tidak begitu tinggi.

Beban pencemaran bahan organik pada sungai Klampisan ialah tinggi ditandai dengan tingginya beban pencemaran parameter BOD dan COD. Sungai Klampisan terletak di kawasan industri dan juga lahan sepanjang aliran Sungai Klampisan digunakan untuk pemukiman warga yang dapat menyebabkan tingginya bahan organik pada sungai ini. Menurut Agustiningstih (2012), kegiatan industri juga memberikan masukan beban pencemaran organik ke dalam sungai tetapi nilainya masih lebih kecil bila dibandingkan dari permukiman dan pertanian.

D. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini ialah distribusi kandungan TSS paling tinggi terdapat pada bulan Februari di stasiun tiga yaitu 45 mg/l sementara distribusi kandungan BOD paling tinggi terdapat pada bulan Februari di stasiun satu yaitu 20,69 mg/l dan distribusi kandungan COD paling tinggi terdapat pada bulan Januari di stasiun satu yaitu 73,5 mg/l dan Sungai Klampisan termasuk dalam kriteria tercemar ringan dengan nilai Pij berkisar antara $1,0 < Pij \leq 5,0$.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Haeruddin, M.Si, Dr. Ir. Agung Suryanto, M.S, Ir. Siti Rudiyantri, M.Si, Dr. Ir. Pujiono W.P., M.S, dan Dr. Ir. Frida Purwanti, M.Sc selaku tim penguji serta Dr. Ir. Suryanti, M.Pi selaku panitia yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta kritik dan saran dalam penyusunan jurnal ini. Serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1 (3) : 615 - 625, Juni 2013.
- Anna, S. 1999. Analisis Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi Teluk Jakarta. Bogor: Program Pasca Sarjana IPB Bogor (Tesis).
- Ardi. 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Bogor: Program Pasca Sarjana IPB Bogor (Tesis).
- Asdak, C. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Bandung.
- Azwir. 2006. Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar. Semarang: Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang (Tesis).
- Dahuri, R. 2004. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI-Press. Jakarta.
- Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- _____. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Gazali, Widiatmono, Rahadi, dan R, Wirosodarmo. 2013. Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem* 1 (2) : 1-8, Juni 2013.
- Hadi, S. 1982. Metodologi Research. Jilid II. Fakultas Psikologi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Hadi, S. dan M. Helmi. 2004. *Development of Digital Multilayer Ecological Model for Padang Coastal Water (West Sumatera)*. *Journal of Coastal Development*. 7(3) : 129-136.
- Hutabarat, S dan Evans, S.M. 1986. Kunci Identifikasi Zooplankton Daerah Tropik. UI-Press. Jakarta.
- Media Cetak. *Tribun Jateng*. 2013. Protes Limbah, Warga Klampisan Pakai Masker. <http://jateng.tribunnews.com/2013/07/11/>. Dikunjungi tanggal 22 Oktober 2013.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Perdani, V. 2001. Evaluasi Kualitas Air dan Komunitas Makrozoobenthos pada Sungai Cileungsi-Bekasi di Kabupaten Bogor. Program Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor (Skripsi).
- Presiden Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Rahayu, B. S. L. J. W. P. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius. Yogyakarta.
- Rahmawati, A. A. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2 (1) : 97 – 110, Juli 2005.



- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, XXX(3) : 21 – 26.
- Siahaan, R. 2011. Kualitas Air Sungai Cisadane Jawa Barat Banten. *Jurnal Ilmiah Sains* 11 (2) : 268 - 273, Oktober 2011.
- Soemarwoto, O. 1997. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Penerbit Djambatan. Jakarta.