

**Kajian Area Tercemar Pada Jaringan Pembuangan Limbah Batik Kota Pekalongan
Menggunakan Sistem Informasi Geografis**

Yanies Meiyanti, Arief Laila N., Sutomo Kahar ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Telp. (024) 76480785, 76480788 Tembalang Semarang

Abstrak

Pembuangan limbah batik yang belum dikelola dengan baik di Kota Pekalongan Pembuangan limbah batik yang belum dikelola dengan baik di Kota Pekalongan khususnya di Kecamatan Buaran mengakibatkan pencemaran sungai yang berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat. Pembuatan jaringan pembuangan limbah batik dan permodelan secara spasial berfungsi sebagai basis data distribusi pembuangan limbah pabrik batik serta untuk mengetahui luasan area yang terkena pencemaran limbah cair yang berasal dari pabrik batik tersebut.

Untuk mengetahui klasifikasi pencemaran yang terjadi di Sungai Pekalongan, digunakan Metode Indeks Pencemaran berdasarkan Kep-MENLH N0.115 tahun 2003. Selanjutnya untuk menganalisis area yang tercemar digunakan *software ArcGIS* sehingga mendapatkan area yang mengalami pencemaran. Data yang digunakan antara lain nilai BOD (*Biochemical Oksigen Demand*), dan COD (*Chemical Oksigen Demand*) insitu tahun 2010, 2011, 2012, 2013. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui klasifikasi tingkat pencemaran yang terjadi dan memetakan sebaran spasial daerah yang mengalami pencemaran pada tahun 2010, 2011, 2012, dan 2013.

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran pada tahun 2010 hingga tahun 2013, Sungai Pekalongan berada pada tingkat cemar ringan, dengan hasil sebaran tahun 2010 hingga 2013 nilai tertinggi untuk BOD berkisar antara 10-20 mg/L sedangkan untuk COD berkisar antara 60-98 mg/L dan daerah yang mengalami cemar ringan secara empat tahun berturut-turut adalah wilayah Kuripan Lor, Sapuro, dan Kaputran. Hasil klasifikasi tersebut akan disajikan sebagai model spasial dalam SIG (Sistem Informasi Geografis).

Kata kunci: *Jaringan Pembuangan Limbah Batik, Nilai Indeks Pencemaran, SIG*

PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu kekayaan budaya Bangsa Indonesia, sebagai identitas dan jati diri bangsa yang merupakan ekspresi keanekaragaman budaya yang memiliki makna simbolis yang unik dan memiliki nilai estetika yang tinggi bagi masyarakat Indonesia. Pesatnya permintaan batik saat ini membuat semakin banyaknya usaha batik bermunculan.

^{*)} *Penulis Penanggung Jawab*

Banyaknya perusahaan yang bergerak di bidang industri ini akan membawa permasalahan baru terhadap lingkungan sekitarnya, karena limbah batik dapat mencemari air sungai. Untuk mengetahui pengaruh limbah batik terhadap kualitas air sungai, maka perlu diketahui dari tiap-tiap parameter yang dipengaruhi oleh limbah batik. Sifat-sifat air yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran air misalnya nilai keasaman (pH), nilai BOD, COD, dan TSS.

Dengan adanya permodelan spasial persebaran limbah di sungai tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran terkait daerah yang telah tercemar sehingga dapat memudahkan pemerintah dalam mengatasi masalah lingkungan ini. Untuk mengetahui klasifikasi tingkat pencemaran di sungai Pekalongan maka digunakan perhitungan Metode Indeks Pencemaran. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan dalam memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan akibat kehadiran senyawa pencemar.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan dalam pengolahan datanya agar mencapai tujuan yang diharapkan. Lokasi penelitian difokuskan di Kecamatan Buaran, dan sungai Pekalongan Kota Pekalongan. Untuk mengetahui model spasial area yang telah tercemar oleh limbah pabrik tersebut, maka akan dilakukan pengambilan *sampling* dari sungai tersebut. Pengambilan sampel dilakukan pada sungai Pekalongan yang terdiri dari 13 titik sampel.

Proses manual pengambilan sampel limbah dilakukan untuk memperoleh data kandungan air limbah pabrik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan daerah yang akan disurvei dan diambil air limbahnya
2. Survei lapangan kemudian mengambil sampel air limbah yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diuji jenis maupun kadar limbah yang diperoleh
3. Dari hasil pengujian sampel tersebut data tersebut di input dan diolah menjadi peta persebaran area tercemar

Menganalisa Tingkat Pencemaran

Analisa Beban Pencemaran

Untuk mengestimasi tingkat pencemaran dianalisis dengan pendekatan *Rapid Assesment*, yaitu perhitungan beban pencemar dari setiap sumber pencemaran. Untuk menganalisis beban pencemaran (BOD, COD, TSS) yang dihasilkan oleh suatu industri atau kegiatan yang dibuang ke perairan didasarkan atas pengukuran debit sungai dan konsentrasi limbah di muara sungai berdasarkan persamaan (Mitsch & Geosselink, 1993 dalam Marganof 2007)

$$BL = Q \times C$$

Dimana : BL = beban pencemaran dari suatu sungai (ton/thn)

Q = debit sungai (m³/thn)

C = Konsentrasi limbah (mg/l)

Metode Indeks Pencemaran

Perhitungan tingkat pencemaran menggunakan Metode Indeks Pencemaran seperti pada Kep-MENLH NO. 115 tahun 2003. Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh badan air atau sebagian dari suatu sungai. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberikan masukan pada pengambilan keputusan agar dapat menilai kualitas badan air serta untuk memperbaiki kualitas air jika terjadi penurunan kualitas air akibat kehadiran senyawa pencemar. Indeks pencemaran mencakup berbagai parameter kualitas yang independen dan bermakna.

P_{ij} adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} : C_i = konsentrasi parameter kualitas air (i), L_{ij} = parameter kualitas air yang terdapat pada Baku Mutu Air. Jadi rumus yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran pada sungai digunakan rumus dibawah ini:

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

Dimana :

L_{ij} = Kosentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air (J)

C_i = Kosentrasi parameter kualitas air dilapangan

P_{ij} = Indeks pencemaran bagi peruntukan (J)

$C_i/L_{ij}M$ = Nilai, C_i/L_{ij} maksimum

$(C_i/L_{ij})R$ = nilai, C_i/L_{ij} rata-rata

Evaluasi terhadap nilai P_{ij} :

$0 \leq P_{ij} \leq 1$, memenuhi baku mutu

$1 < P_{ij} \leq 5$, cemar ringan

$5 < P_{ij} \leq 10$, cemar sedang

$P_{ij} > 10$, cemar berat

Interpolasi Metode *Invers Distance Weighted*

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel.

Untuk mengolah dan menganalisa data secara spasial, Sistem Informasi Geografis (SIG) biasanya digunakan. Didalam analisa spasial baik dalam format vektor maupun raster, diperlukan data yang meliputi seluruh studi area. Oleh sebab itu, proses interpolasi perlu dilaksanakan untuk mendapatkan nilai diantara titik sampel. Hal ini bertujuan agar dalam perbandingan nilai dari titik observasi dan titik model bisa berimbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi sungai Pekalongan pada titik sampel 8 (tengah sungai Pekalongan) ,berdasarkan Kep-5/MENLH/10/1995 menunjukkan titik sampel tersebut telah melewati Baku Mutu. Setelah limbah tersebut mengalami kontak dengan air sungai Pekalongan terjadi penurunan baku mutu, disebabkan terjadinya degradasi nilai BOD dan COD yang besar diakibatkan oleh adanya elevasi antara titik buang sampel 8 yang terletak di Kali Pong dengan sungai (titik sampel 9), dimana pola aliran limbah yang kecil memudahkan penetrasi oksigen ke limbah, dan aliran yang cukup dangkal serta pola yang agak melebar menuju sungai Pekalongan, mempermudah difusitas udara ke air limbah. Sehingga terjadi penurunan parameter setelah terkontaminasi dengan sungai Pekalongan.

Berdasarkan dari hasil analisa tiap-tiap parameter pada titik sampel 7, titik sampel 8, dan titik sampel 9, angka dari hasil analisa tiap-tiap parameter menunjukkan lebih tinggi dari kadar maksimum. Oleh sebab itu buangan limbah indutsri yang terdapat di Kota Pekalongan

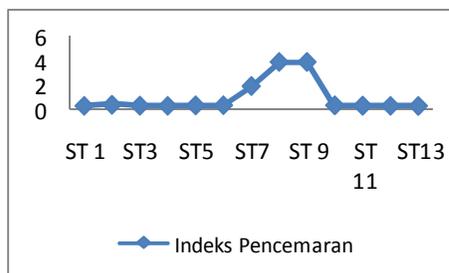
baku mutu limbahnya masih diatas ambang batas dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah.

Tingkat Pencemaran Sungai Pekalongan

Untuk mengetahui klasifikasi tingkat pencemaran sungai Pekalongan digunakan Metode Indeks Pencemaran. Dalam metode ini tiap-tiap parameter yang terukur akan menimbulkan kontribusi terhadap nilai Indeks Pencemaran (P_{ij}). Metode ini dapat secara langsung menghubungkan tingkat pencemaran dengan dapat atau tidaknya sungai digunakan untuk penggunaan tertentu dengan nilai parameter-parameter tertentu. Berikut adalah hasil perhitungan Indeks Pencemaran air Sungai Pekalongan.

Tabel 1. Nilai Indeks Pencemaran

	C_{ij}/L_{ix}	C_{ij}/L_{ix}	P_{ij}
Titik Sampel 1	0,78	0,233	0,331
Titik Sampel2	0,825	0,466	0,412
Titik Sampel3	0,779	0,266	0,339
Titik Sampel 4	0,779	0,233	0,331
Titik Sampel 5	0,73	0,35	0,365
Titik Sampel 6	0,779	0,4	0,383
Titik Sampel 7	3,847	1,8	1,923
Titik Sampel 8	7,718	2,666	3,86
Titik Sampel 9	7,718	0,779	3,859
Titik Sampel 10	0,779	0,366	0,371
Titik Sampel 11	0,779	0,266	0,339
Titik Sampel 12	0,779	0,233	0,331
Titik Sampel 13	0,779	0,183	0,32



Gambar 1. Tingkat Pencemaran

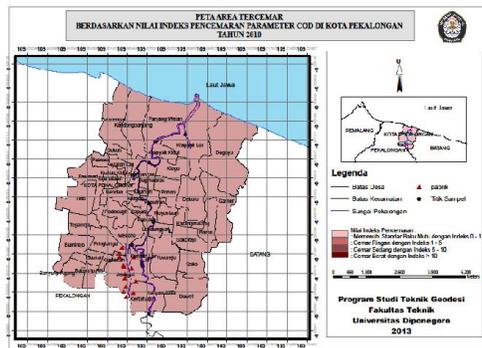
Dari gambar 2 tingkat pencemaran diatas, dapat diketahui Indeks Pencemaran pada Sampel 8 sebagai cabang sungai yaitu 3,860 lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan titik

sampel lainnya karena merupakan cabang sungai Pekalongan yaitu kali Pong yang menjadi tempat pembuangan limbah di daerah penelitian. Pada titik sampel 1 (hulu sungai) dengan Indeks Pencemaran 0,331, sedangkan pada titik sampel 13 (hilir sungai) nilai Indeks Pencemarannya adalah 0,320

Tingginya Indeks Pencemaran pada titik sampel 8 disebabkan peningkatan volume aliran sungai dan sebagai *outlet* pembuangan limbah pabrik menuju Sungai Pekalongan, sehingga mempertinggi nilai Indeks Pencemaran.

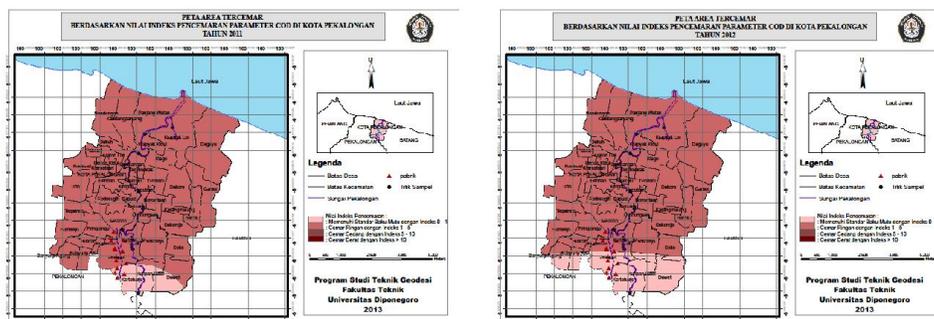
Secara umum pengaruh limbah pabrik tidak terlalu signifikan terhadap kualitas air sebelum dan setelah kontak dengan limbah tersebut. Berdasarkan Kriteria Pencemaran (Kep MENLH/115/2003) Sungai Pekalongan termasuk dalam kriteria cemaran ringan

Peta Area Tercemar Berdasarkan Nilai Indeks Pencemaran Parameter COD



Gambar 2. Persebaran Area Tercemar Parameter COD Tahun 2010

Terlihat pada tahun 2010 di Gambar 3 dengan parameter COD Sungai Pekalongan mengalami pencemaran ringan yang terjadi pada keseluruhan Sungai dari hulu Sungai hingga Hilir Sungai.



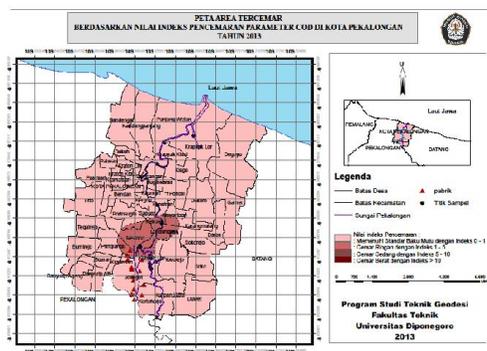
(a)

(b)

Gambar 3. Persebaran Area Tercemar Parameter COD Tahun 2011 dan 2012

Pada Tahun 2010 terlihat perubahan yang terjadi daripada tahun sebelumnya. Sampel yang diambil pada Tanggal 9 November 2011 pada musim kemarau ini terlihat perbedaan kandungan yang terjadi di Sungai Pekalongan tersebut. Untuk parameter COD pada Tahun 2011 ini daerah yang masih Memenuhi Standar Baku Mutu berjarak 1,6 Km dari hulu sungai yaitu Kali Kupang. Daerah yang Memenuhi Standar Baku Mutu adalah daerah Ketoharjo dan Kuripan Kidul selebihnya sungai tersebut mengalami cemar ringan yang diakibatkan indutstri yang membuang limbah langsung ke sungai Pekalongan. Sedangkan pada tahun 2012 Sungai yang Memenuhi Baku Mutu untuk parameter COD tahun 2012 adalah sejauh 2,4 Km dari hulu Sungai Pekalongan.

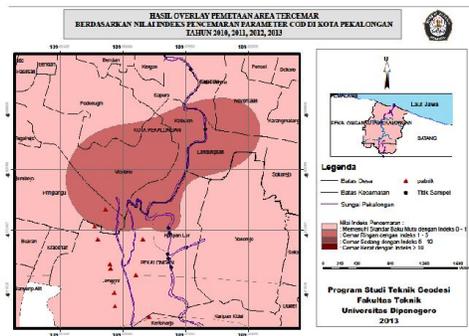
Untuk mengetahui daerah yang selalu mengalami pencemaran di sungai Pekalongan maka dilakukan penelitian di sungai tersebut dengan penentuan titik sampel yang lebih rapat. Pengambilan sampel tersebut berdasarkan *outlet* sumber pembuangan limbah dari pabrik industri yaitu kali Pong, sehingga pengambilan sampel dilakukan di daerah cabang Kali Pong dengan Sungai Pekalongan. Berikut adalah hasil dari penelitian yang dilakukan pada bulan September 2013



Gambar 4. Persebaran Area Tercemar Parameter COD Tahun 2013

Pada tahun 2013 terlihat dengan jelas di gambar 5 dimana sungai Pekalongan yang tercemar ringan dengan perhitungan indeks pencemaran berada di daerah Kuripan Lor, Landung Sari hingga Kebulen sejauh 3,5 Km. Dari hasil peta persebaran dalam kurun waktu empat tahun yaitu dari tahun 2010 hingga 2013 mengalami penurunan atau degradasi yang cukup besar terlihat dari sebaran spasial yang tercemar pada sungai Pekalongan tersebut, hal ini dikarenakan semakin banyaknya IPAL yang dibangun di sekitar sektor industri agar limbah pabrik tersebut dapat kembali dalam kandungan yang normal ketika memasuki Sungai

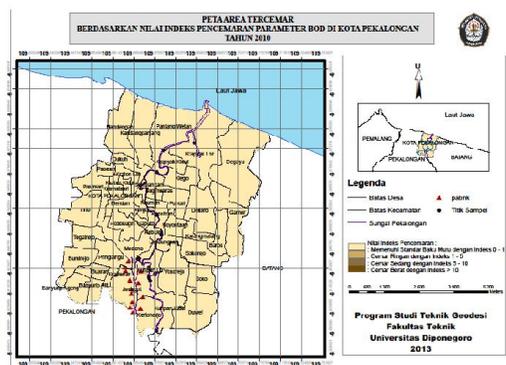
tersebut, sehingga air sungai tersebut dapat memberikan dampak baik bagi masyarakat sekitar daerah aliran Sungai Pekalongan.



Gambar 5. Persebaran Area Tercemar Parameter COD Tahun 2010, 2011, 2012, 2013

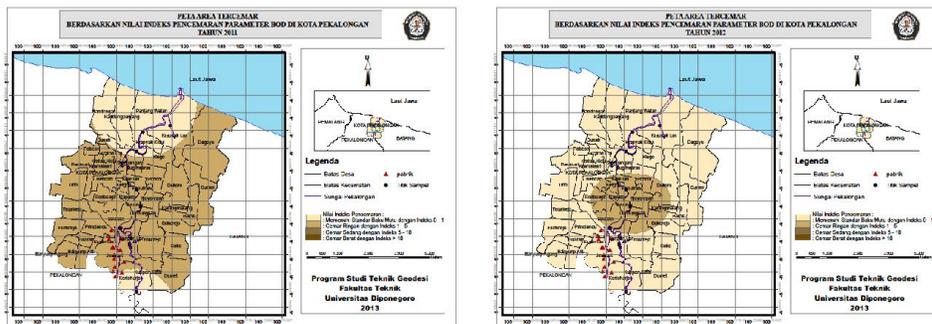
Dari hasil *overlay* yang terjadi pada empat tahun belakangan ini terlihat daerah yang selalu mengalami pencemaran ringan di sungai Pekalongan. Daerah tersebut merupakan daerah *outlet* dari pembuangan limbah industri, sehingga daerah tersebut selalu mengalami pencemaran ringan.

Peta Area Tercemar Berdasarkan Nilai Indeks Pencemaran Parameter BOD



Gambar 6. Persebaran Area Tercemar Parameter BOD Tahun 2010

Untuk parameter BOD sungai Pekalongan masih Memenuhi Standar Baku Mutu Kelas III tentang limbah sungai. Hasil ini didapat dari Kantor Lingkungan Hidup yang diambil pada Tanggal 07 Juli Tahun 2010 pada saat musim kemarau.



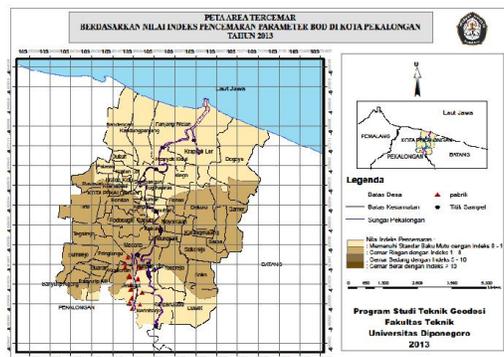
(a)

(b)

Gambar 7. Persebaran Area Tercemar Parameter BOD Tahun 2011 dan 2012

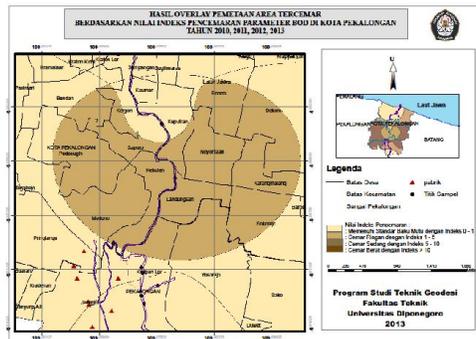
Pada Tahun 2011 terlihat perubahan yang terjadi daripada tahun sebelumnya. Sampel yang diambil pada Tanggal 9 November 2011 pada musim kemarau ini terlihat perbedaan kandungan yang terjadi di sungai Pekalongan tersebut. Untuk parameter BOD terlihat perbedaannya tidak terlalu signifikan terhadap parameter COD yaitu daerah yang masih Memenuhi Standar Baku Mutu berjarak 1,2 Km dari hulu Sungai. Namun pada parameter BOD mengalami degradasi yang cukup besar pada daerah Dukuh, Krapyak Kidul, dan Panjang Wetan. Sehingga daerah yang mengalami cemar ringan yang diakibatkan oleh kegiatan industri hanya berjarak 7 Km dari daerah Kuripan Kidul mengalami penurunan daya cemar. Sedangkan untuk parameter BOD tahun 2012 mengalami penurunan dalam hal pencemaran dari tahun sebelumnya yaitu daerah yang tercemar sejauh 3,3 Km.

Dalam penelitian yang dilakukan pada Bulan September 2013 dengan mengambil titik sampel air limbah di sungai Pekalongan dimaksudkan untuk mengetahui daerah yang mengalami pencemaran di Sungai tersebut, hasil yang didapatkan dalam penelitian ini terlihat seperti berikut :



Gambar 8. Persebaran Area Tercemar Parameter BOD Tahun 2013

Untuk parameter BOD pada tahun 2013 terlihat kawasan yang termasuk dalam golongan cemar ringan adalah daerah Kuripan Lor hingga perbatasan Desa Sapuro dan Keputran dengan area yang tercemar sejauh 2,8 Km. Untuk mengetahui wilayah yang mengalami cemar ringan dalam kurun waktu empat tahun terakhir terlihat pada gambar 10.



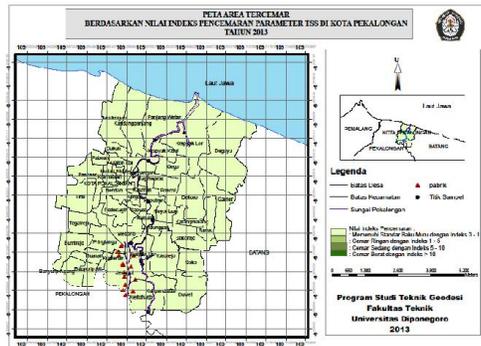
Gambar 9. Persebaran Area Tercemar Parameter BOD Tahun 2010,2011, 2012, 2013

Berdasarkan hasil *overlay* diatas terlihat daerah yang mengalami pencemaran ringan selama empat tahun berturut-turut adalah di daerah Kuripan Lor. Hasil penelitian 2013 dengan penentuan titik sampel yang sangat rapat didaerah yang mengalami pencemaran ringan membuat hasil menjadi lebih akurat, yaitu daerah tersebut mengalami pencemaran ringan selama empat tahun.

Peta Area Tercemar Berdasarkan Nilai Indeks Pencemaran Parameter TSS

Total Suspended Solid (TSS) suatu contoh air adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, dengan satuan mg perliter (Sastrawijaya, 2000). Padatan tersuspensi

terdiri dari komponen terendapkan, bahan melayang dan komponen tersuspensi koloid. Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik antara lain berupa liat dan butiran pasir, sedangkan bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dan padatan biologi lainnya seperti sel alga, bakteri dan sebagainya (Marganof, 2007),



Gambar 10. Persebaran Area Tercemar Parameter TSS Tahun 2013

Pada persebaran TSS di Sungai Pekalongan dari hulu sungai hingga hilir sungai masih Memenuhi Standar Baku Mutu yang ditetapkan, dengan perhitungan indeks pencemaran >1 . Hal itu disebabkan pada musim penghujan, air sungai melarutkan materi padatan-padatan sehingga konsentrasi TSS berkurang, sehingga konsentrasi TSS pada Sungai Pekalongan masih dalam katagori baik.

Hasil *overlay* tersebut menunjukkan kualitas air yang terjadi dari tahun 2010 hingga 2013. Hasil tersebut memperlihatkan daerah yang tercemar terletak di *outlet* pembuangan limbah industri di Buaran. Pabrik tersebut memiliki pengaruh besar terhadap kondisi Sungai Pekalongan.

Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman mempunyai pengaruh yang besar terhadap tumbuh tumbuhan dan hewan air, sehingga sering dipergunakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik buruknya keadaan air sebagai lingkungan hidup biota air.

Data yang diperoleh selama kurun waktu 2010-2013, keasaman air di sungai Pekalongan sekitar 6-9, dan masih tergolong netral.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan Nilai Indeks Pencemaran (P_{ij}) pada tahun 2013, dengan dasar kriteria (Kep-MENLH/115/2003), jadi tingkat pencemaran sungai Pekalongan masuk dalam kategori **cemar ringan**. Tingkat pencemaran tersebut hanya berada pada area di titik sampel 7, 8, dan 9. Sedangkan untuk titik sampel lainnya masih memenuhi standar baku mutu air.

2. Analisis spasial pada 13 titik sampel yang telah diambil (saat musim kemarau) dengan menggunakan metode Interpolasi *Inverse Distance Weigth* menunjukkan nilai indeks yang tidak merata. Terdapat 3 Titik persebaran pada sampel 7, 8, 9, dengan nilai indeks yang sangat signifikan dengan deskripsi sebagai berikut :

- Titik Sampel 7

Pencemaran yang terjadi pada wilayah kelurahan Kuripan Lor ini memiliki indeks pencemaran untuk BOD yaitu 1,924 dan COD yaitu 2,013 sedangkan untuk TSS indeks pencemarannya adalah 1,111

- Titik Sampel 8

Titik sampel yang terletak pada kelurahan Landungsari memiliki nilai indeks pencemaran untuk BOD yaitu 3,859, COD 1,938 dan TSS dengan nilai 0,82.

- Titik Sampel 9

Untuk nilai indeks pencemaran pada titik sampel 9 yang terletak pada kelurahan Kaputran memiliki nilai yang tidak signifikan terhadap nilai indeks titik sampel 8 dimana untuk BOD yaitu 3,859, COD 1,511 dan untuk TSS 0,779

Hasil parameter BOD dan COD tertinggi pada tahun 2010 hingga 2013 berdasarkan uji laboratorium yaitu BOD berkisar antara 10-20 mg/L sedangkan untuk COD berkisar antara 60-98 mg/L.

3. Dari hasil analisis yang didapat, sungai Pekalongan dari tahun 2010 hingga 2013 mengalami penurunan pencemaran hal ini dipengaruhi oleh adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah di sekitar sungai Pekalongan, yaitu Pekalongan Barat (kelurahan Kergon, dan kelurahan Podosugih) dan Pekalongan Selatan (Kelurahan Kradenan dan Kelurahan Banyuurip). Dari hasil *overlay* didapatkan daerah yang mengalami cemar ringan secara empat tahun berturut-turut adalah wilayah Kuripan Lor, Landungsari, dan Kaputran.

SARAN

Dari kegiatan penelitian ini dapat ditulis saran sebagai berikut :

1. Diharapkan bagi pihak pemerintah untuk lebih selalu memantau kualitas air sungai agar tetap sesuai dengan peruntukannya. Dan lebih memperketat baku mutu mengenai buangan limbah industri yang semakin berkembang di Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut.
2. Hendaknya dilakukan pengambilan sampel berkala pada musim kemarau dan musim hujan untuk mengetahui perbandingan kandungan air Sungai tersebut.

3. Untuk penelitian selanjutnya hendaknya memperhitungkan debit air sungai agar dapat mengetahui sejauh mana aliran membawa limbah tersebut.
4. Mengkorelasikan dengan data tambahan lain seperti curah hujan, penggunaan lahan, dan kelerengan untuk melihat pengaruhnya terhadap parameter BOD, COD, dan TSS di sungai tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Djajadiningrat, Surya. T .1991. *Penilaian Secara Cepat Sumber-Sumber Pencemaran Air, Tanah, dan Udara*. UGM Press : Yogyakarta
- Fitriansyah, Aris.2009. Identifikasi Kelas Air Sungai Dengan Metode Storet Dan Penentuan Daya Tampung Beban Cemar BOD Sungai Dengan Metode Qual2e. Universitas Diponegoro : Semarang
- Indah, R. Rahmah. 2009. Analisis Penentuan Mutu Air Dengan Metode Storet Dan Indeks Pencemaran. Universitas Diponegoro : Semarang
- James, A 1984. *An Introduction to Water Quality Modelling*. John Willey & Sons Ltd. New York, West Sussex, England
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 1998. http://hukum.unsrat.ac.id/lh/menlh_3_1998.pdf
- Laila, NH.2011. *Desain Aplikasi SIG Untuk Pelayanan Jaringan Pipa PDAM*. Teknik Geodesi Undip : Semarang
- Marganof, 2007, *Model Pengendalian Pencemaran Perairan Di Danau Maninjau Sumatra Barat*, Laporan hasil penelitian Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor, <http://www.damandiri.or.id/ile/marganoib>.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Remote Sensing*. Informatika : Bandung
- Purbawasesa, B. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sastrawijaya, A. T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sawyer, C.N and P.L., Mc Carty, 1978. *Chemistry For Enviromental Engineering*. 3rd ed. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd : 405-486 pp
- Setiadi, Teddy.2010. *Pengembangan Aplikasi Untuk Menentukan Daerah Pencemaran Limbah Home Industry Berbasis Sistem Informasi Georafis*. Program Studi Teknik Informatika Universitas Ahmad Dahlan : Yogyakarta
- Soemarwoto, Otto.1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Rajawali Press : Jakarta