

**VARIASI KUALITAS FISIS DAN KEMIS PERAIRAN
PADA BEKAS AREAL PENAMBANGAN DI SUNGAI KAPURAN,
KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**

Luthfi Hanindityasari dan Erny Poedjirahajoe
Fakultas Kehutanan UGM, Fakultas Kehutanan UGM
Email: luthfihanindityasari@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Kapuran merupakan salah satu sungai di Kabupaten Pacitan yang memiliki hulu berupa hutan seluas 96,62 Ha. Sepanjang sempadan Sungai Kapuran terdapat berbagai penggunaan lahan, salah satunya adalah sebagai industri tambang tembaga. Keberadaan industri tambang tembaga ini disinyalir turut berperan dalam penurunan kualitas perairan di Sungai Kapuran. Hal ini disebabkan karena industri ini membuang hasil limbah tambangnya langsung ke badan Sungai Kapuran, meskipun industri ini sudah tidak beroperasi lagi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kualitas fisis dan kemis perairan dan indeks pencemaran pada bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran. Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan secara sistematis. Terdapat empat titik pengambilan data dalam satu lokasi pengamatan dengan jarak antar titik 100 meter. Data variabel kualitas fisis perairan yang diambil meliputi suhu, kecerahan, kecepatan arus, dan TSS, sedangkan variabel kemis meliputi pH, DO, BOD, COD, dan kadar tembaga. Hasil analisis menggunakan *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran memiliki perbedaan signifikan pada variabel kualitas perairan, yaitu suhu, pH, TSS, dan kadar tembaga, sedangkan untuk variabel kecerahan, kecepatan arus, DO, COD, dan BOD tidak memiliki perbedaan signifikan. Hasil perhitungan indeks pencemaran menggunakan metode Indeks Pencemaran (PIj) menunjukkan bahwa bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran masuk ke dalam kategori tercemar ringan dengan kisaran PIj 1,47-2,29.

Kata kunci : Kualitas perairan, tambang tembaga, Indeks Pencemaran

**VARIATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF WATER
ON EX MINING INDUSTRY AREA ON SUNGAI KAPURAN, KABUPATEN
PACITAN, JAWA TIMUR**

Luthfi Hanindityasari, Erny Poedjirahajoe
Faculty of Forestry UGM, Faculty of Forestry UGM
Email: luthfihanindityasari@gmail.com

ABSTRACT

Sungai Kapuran is one of the rivers in Kabupaten Pacitan which has forested upstream area of 96,62 Ha. Along the riverbank of Sungai Kapuran there are various land uses, which one of them is the copper mining industry. The existence of the copper mining industry is predicted to contribute to the degradation of water quality in Sungai Kapuran, although the industry has had no activity for few years. It is because the industry discharged the mining wastes into Sungai Kapuran. This study aims to determine physical and chemical differences of water quality and water pollution index

in the upstream, the midstream, and the downstream of Sungai Kapuran. The sampling was done systematically. There were four points in one observation area with the distance between each point was 100 meters. Physical quality variables that were obtained included temperature, transparency, stream velocity, and TSS, while chemical variables that were obtained included pH, DO, BOD, COD, and copper content. The results with *Kruskal Wallis* analysis showed that the upstream, the midstream, and the downstream of Sungai Kapuran had significant differences on water quality variables, which were temperature, pH, TSS, copper content, whereas on the variable of transparency, stream velocity, DO, COD, and BOD did not show any significant difference within each section of the river. The pollution index calculation using *Pollution Index* (PIj) showed that the upstream, the midstream, and the downstream were classified as light-polluted category with PIj range from 1,47 - 2,29.

Keywords : water quality, copper mining, Pollution Index

PENDAHULUAN

Hutan merupakan merupakan paru-paru bumi tempat berbagai satwa hidup, pohon-pohon, hasil tambang, dan berbagai sumber daya lainnya, yang tak ternilai harganya bagi manusia. Selain itu, hutan juga merupakan sumber daya alam yang memberikan manfaat besar bagi kesejahteraan manusia, baik manfaat *tangible* yang dirasakan secara langsung, maupun *intangible* yang dirasakan secara tidak langsung. Manfaat langsung seperti penyediaan kayu, satwa, dan hasil tambang, sedangkan manfaat tidak langsung seperti manfaat rekreasi, perlindungan, dan pengaturan tata air, pencegahan erosi. Secara ekologis, hutan juga berfungsi menjaga waktu dan ketersediaan aliran air sungai, menjaga iklim mikro, dan mampu melindungi daerah di hilirnya dari berbagai bencana seperti banjir (Asdak, 2010).

Kualitas air sungai yang berasal dari kawasan hutan sangat erat kaitannya dengan kondisi penggunaan lahan yang ada serta pengaruhnya terhadap kualitas air sungai. Perubahan pola pemanfaatan lahan menjadi lahan pertanian, tegalan, dan permukiman serta meningkatnya aktivitas industri akan memberikan dampak terhadap kondisi hidrologis dalam suatu daerah aliran sungai. Berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, dan pertanian juga berkontribusi pada penurunan kualitas air sungai (Suriawiria, 2003).

Begitu juga yang terjadi di Sungai Kapuran, yang mana kualitas airnya juga dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan yang ada di sekitarnya. Sungai Kapuran merupakan salah satu sungai di

Kabupaten Pacitan yang mempunyai hulu berupa hutan dengan luas 96,62 Ha (BPS Kabupaten Pacitan, 2014). Kabupaten Pacitan sendiri merupakan daerah yang memiliki permasalahan tentang ketersediaan air bersih. Hal ini semakin diperparah dengan topografinya yang berupa tanah karst. Sulitnya mencari mata air, membuat masyarakat memanfaatkan sungai yang ada di sekitarnya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik untuk kebutuhan air minum maupun kegiatan lain seperti pertanian. Sementara itu, pada tahun 2008 telah didirikan industri pertambangan tembaga (Cu) di sekitar Sungai Kapuran. Keberadaan industri ini sempat mendapat protes dari masyarakat yang berujung pada penutupan pabrik pada tahun 2010. Limbah dari industri ini dianggap telah mencemari lingkungan yang ditunjukkan dengan kegagalan panen, timbulnya beberapa penyakit, dan matinya ikan-ikan di sungai tersebut. Mengingat pemanfaatan sungai yang sangat kompleks dan dampak yang ditimbulkan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sungai Kapuran di Desa Kluwih, Kecamatan Tulakan, Kabupaten Pacitan, Provinsi

oleh limbah pabrik tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kualitas fisis dan kemis Sungai Kapuran untuk mengetahui tingkat pencemarannya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kualitas fisis dan kemis pada bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Kapuran pasca penutupan pabrik tambang tembaga dan mengetahui indeks pencemaran Sungai Kapuran berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Adanya penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada pemerintah daerah mengenai kualitas fisis dan kemis perairan pada bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran, serta indeks pencemarannya, menyediakan *database* kualitas fisis dan kemis Sungai Kapuran sebagai bahan penelitian selanjutnya bagi pihak akademisi, serta memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kualitas perairan di Sungai Kapuran, sehingga kesehatan masyarakat dapat lebih terjaga.

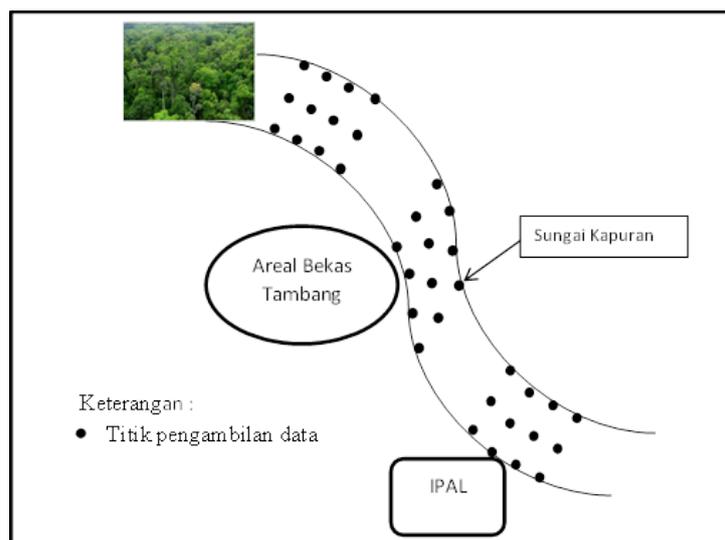
Jawa Timur. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 18 sampai dengan 20 Juni

2016, sedangkan untuk analisis data fisis dan kemis dilakukan pada tanggal 22 Juni

sampai dengan 29 Juli 2016. Variabel yang diukur langsung di lapangan meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan dan pH, sedangkan oksigen terlarut (DO), TSS, COD, BOD dan kadar tembaga dilakukan pengujian di laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta.

Pengambilan data dilakukan pada 12 titik pengamatan, yaitu 4 titik

pengamatan pada lokasi yang terletak di luar bekas areal penambangan (hulu), 4 titik pada lokasi bekas areal penambangan (tengah), dan 4 titik pada lokasi pembuangan limbah cair hasil penambangan (IPAL) (hilir). Jarak antar titik pengamatan pada lokasi yang sama sejauh 100 meter (*Systematic Sampling*). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali ulangan pada titik yang sama untuk meningkatkan akurasi data.



Gambar 1. Desain Titik Pengambilan Data
Sumber: Dokumen pribadi

Perhitungan Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur menggunakan *current meter* dengan tipe Geopacks Advanced, sehingga rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan arus adalah:

$$V = (0,000854 \times N) + 0,05$$

Keterangan:

V = kecepatan arus (m/s); N = jumlah putaran tiap detik

Perhitungan Indeks Pencemaran

Formula perhitungan indeks pencemaran perairan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

PI_j = indeks pencemaran peruntukan j yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij}

Perbedaan kualitas fisis dan kimia perairan pada tiap bagian sungai (hulu, tengah dan hilir) dianalisis dengan uji statistik *Kruskall Wallis* menggunakan *software* statistik (SPSS) versi 16. Variabel yang memiliki perbedaan signifikan kemudian diuji lanjut menggunakan uji statistik *Mann-Whitney*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata suhu terendah terdapat di daerah hulu dan rata-rata suhu tertinggi terdapat di daerah hilir sungai. Mulai terjadinya pembukaan lahan berperan dalam peningkatan suhu pada bagian hilir sungai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Barus (2004) mengenai beberapa faktor yang memengaruhi suhu perairan, dimana salah satu faktornya adalah kanopi atau pepohonan yang tumbuh di tepi sungai.

C_i = konsentrasi variabel kualitas air i
 L_{ij} = konsentrasi variabel kualitas air I yang dicantumkan dalam baku peruntukan air j

$(C_i/L_{ij})_M$ = nilai maksimum dari C_i/L_{ij}

$(C_i/L_{ij})_R$ = nilai rata-rata dari C_i/L_{ij}

Evaluasi terhadap PI_j :

1. Memenuhi baku mutu atau kondisi baik jika $0 < PI_j \leq 1,0$
2. Tercemar ringan jika $1,0 < PI_j \leq 5,0$
3. Tercemar sedang jika $5,0 < PI_j \leq 10,0$
4. Tercemar berat jika $PI_j > 10$

Hipotesis yang digunakan pada analisis ini yaitu :

- H_0 diterima jika nilai Sig. lebih besar dari 0,05 (tidak terdapat perbedaan kualitas fisis dan kimia perairan yang signifikan pada berbagai bagian sungai).
- H_1 diterima jika nilai Sig. lebih kecil dari 0,05 (terdapat perbedaan kualitas fisis dan kimia perairan yang signifikan pada berbagai bagian sungai).

Selain itu tingginya suhu di daerah hilir juga disebabkan karena keberadaan saluran pembuangan limbah industri tambang. Namun, suhu perairan di Sungai Kapuran dapat dikatakan masih menunjang kehidupan organisme perairan, karena suhu yang baik untuk kehidupan organisme air tawar berkisar antara 20°C-30°C (Hyman, 1967).

Kecepatan Arus

Hasil pengukuran rata-rata kecepatan arus menunjukkan bahwa dari hulu ke hilir

kecepatan arus semakin bertambah. Hal ini tentu tidak relevan dengan pernyataan Soewarno (1991) yang menyatakan bahwa sungai di bagian hulu memiliki kecepatan arus yang lebih besar bila dibandingkan dengan daerah hilir. Rendahnya kecepatan arus pada daerah hulu Sungai Kapuran dapat disebabkan karena topografi yang dimilikinya.

Menurut Effendi (2003), pengetahuan akan kecepatan arus dapat digunakan untuk memperkirakan kapan bahan pencemar akan mencapai suatu lokasi tertentu, apabila bagian hulu suatu badan air mengalami pencemaran. Oleh sebab itu, dapat diindikasikan bahwa bahan pencemar yang berada pada daerah tengah Sungai Kapuran tidak terlalu lama mengendap di badan air karena segera terbawa arus menuju hilir sungai, sehingga dapat terjadi akumulasi bahan pencemar pada daerah hilir sungai.

Total Padatan Tersuspensi/Total Suspended Solid (TSS)

Tingginya nilai rata-rata TSS yang terdapat di daerah hilir selain disebabkan karena limbah buangan dari industri tambang, juga disebabkan karena terbukanya lahan di daerah hilir, sehingga ketika hujan turun, tanah di tepi kanan-kiri sungai mudah terkisis dan tereosi, kemudian masuk ke dalam badan air (Effendi, 2003). Padatan tersuspensi yang tinggi akan memengaruhi biota di perairan dengan cara menghalangi dan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam badan air,

sehingga menghambat proses fotosintesis, serta dapat mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang (Setiari, 2012).

Kecerahan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata kecerahan terendah terdapat pada daerah hulu Sungai Kapuran, padahal menurut Welch (1952), kejernihan sungai yang berada di daerah pegunungan hulu memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan sungai yang berada di hilir. Hal ini dapat disebabkan karena dasar Sungai Kapuran di daerah hulu lebih dangkal bila dibandingkan dengan dasar sungai pada daerah tengah dan hilir.

Pengukuran kekeruhan didasarkan pada banyaknya cahaya yang tersisa setelah diserap oleh bahan-bahan yang terkandung dalam air, sedangkan padatan tersuspensi didasarkan atas bobot residu dari bahan-bahan yang terkandung dalam air sebagai suspensi, sehingga fluktuasi nilai kekeruhan tidak selalu diikuti oleh fluktuasi nilai padatan tersuspensi secara linier (Widigdo dalam Feriningtyas, 2005).

pH

Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi nilai rata-rata pH dari hulu ke hilir Sungai Kapuran. Fluktuasi pH ini selain dipengaruhi oleh proses respirasi, juga disebabkan karena adanya buangan limbah organik dan anorganik ke sungai (Yuliasuti, 2011). Rendahnya pH pada daerah hilir Sungai Kapuran juga dapat disebabkan karena

arusnya yang berasal dari dorongan akumulasi limbah tambang (Fardiaz, 1992). Berdasarkan hasil pengukuran pH di Sungai Kapuran yang masih tergolong normal, maka dapat diindikasikan kehidupan biota akuatik masih dalam kondisi yang cukup baik, karena menurut Effendi (2003) sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7-8,5.

Oksigen Terlarut (DO)

Nilai rata-rata DO pada Sungai Kapuran menunjukkan bahwa kondisi air pada sungai ini cukup baik untuk kehidupan organisme akuatik. Hal ini dikarenakan menurut Foster dalam Gusti (2004) nilai DO yang dapat menunjang kehidupan organisme akuatik bervariasi antara 5-7 mg/L. Rendahnya nilai DO pada daerah tengah Sungai Kapuran dapat diindikasikan bahwa telah terjadi pencemaran. Hal ini dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik, sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk) (Wardhana, 2004).

Biological Oxygen Demand (BOD)

Hasil pengukuran pada 3 lokasi pengamatan menunjukkan bahwa nilai rata-rata BOD dari hulu ke hilir semakin meningkat. Peningkatan nilai BOD merupakan petunjuk bahwa derajat

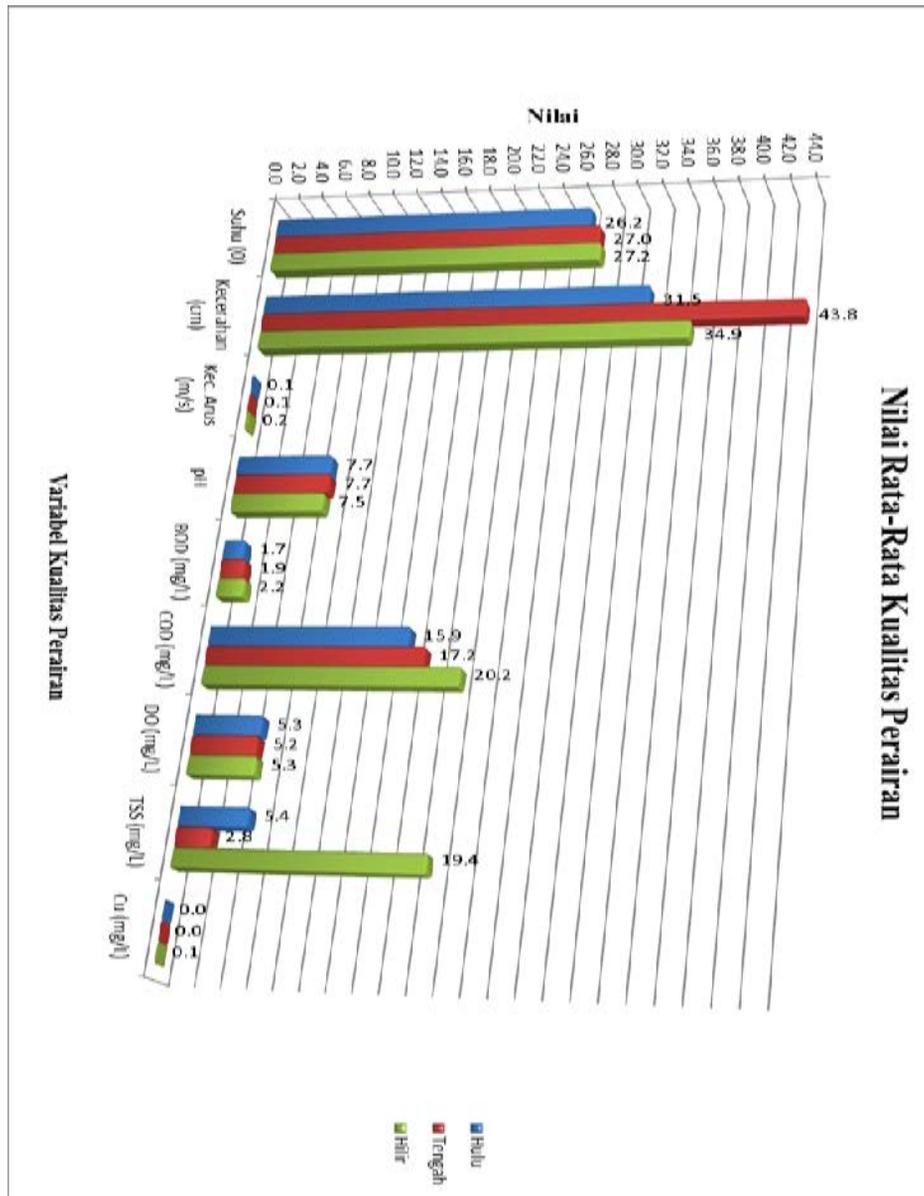
pengotoran limbah semakin tinggi (Mahida, 1984). Sumber BOD alami di dalam air permukaan berasal dari pembusukan tanaman dan kotoran hewan, sedangkan sumber BOD dari kegiatan manusia berasal dari feses, urin, detergent, minyak dan lemak (Agustiningasih, 2012).

Chemical Oxygen Demand (COD)

Sama halnya dengan DO dan BOD, nilai COD juga dapat dijadikan indikator terjadinya pencemaran di perairan. Tingginya nilai COD biasanya mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi. Berdasarkan tingginya nilai rata-rata COD, maka pencemaran disinyalir terjadi pada daerah hilir Sungai Kapuran karena rata-rata nilai COD-nya lebih dari 20 mg/L (Effendi, 2003).

Kadar Tembaga (Cu)

Kadar tembaga tertinggi terdapat pada daerah hilir Sungai Kapuran, disebabkan karena pada daerah ini terdapat saluran IPAL industri tambang tembaga dan juga terjadi akumulasi kadar tembaga dari daerah di atasnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palar (2008) bahwa terjadinya peningkatan konsentrasi logam Cu di perairan dapat disebabkan oleh aktifitas manusia, seperti dari buangan industri, pertambangan logam Cu, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktivitas di pelabuhan.



Gambar 2. Nilai rata-rata kualitas perairan

Hasil Pengujian Statistik

Tabel 1. Hasil Uji *Kruskal Wallis* pada Bagian Hulu, Tengah dan Hilir Sungai Kapuran

Keterangan	Suhu	Kece- rahan	Kec. Arus	pH	BOD	COD	DO	TSS	Cu
Chi-Square	22,542	2,641	1,416	24,177	3,233	5,684	5,69	30,308	29,518
Df	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Asymp. Sig.	0,000	0,267	0,493	0,000	0,199	0,058	0,05	0,000	0,000

Cu = Tembaga

Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel suhu, pH, TSS dan kadar tembaga memiliki nilai probabilitas (nilai Sig.) < 0,05, yang berarti variabel tersebut memiliki perbedaan signifikan pada bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran. Variabel kualitas

perairan yang memiliki perbedaan signifikan tersebut selanjutnya dilakukan uji lanjut *Mann-Whitney* untuk mengetahui nilai signifikansi dari bagian hulu, tengah dan hilir sungai.

Tabel 2. Hasil Uji Lanjut *Mann-Whitney*

(I) Lokasi	(J) Lokasi	Suhu Sig.	pH Sig.	TSS Sig.	Tembaga Sig.
Hulu	Tengah	0.000	0,445	0,000	1,000
	Hilir	0.000	0,000	0,000	0,000
Tengah	Hulu	0.000	0,445	0,000	1,000
	Hilir	0.166	0,000	0,000	0,000
Hilir	Hulu	0.000	0,000	0,000	0,000
	Tengah	0.166	0,000	0,000	0,000

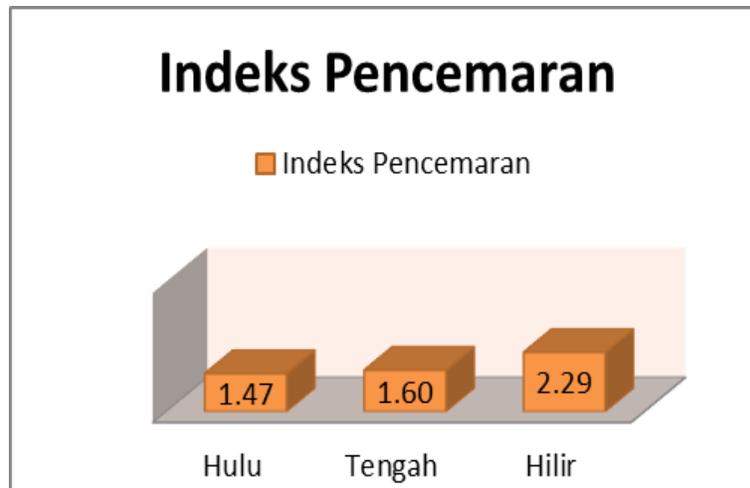
Suhu memiliki perbedaan signifikan antara daerah hulu dan tengah sungai, serta antara daerah hulu dan hilir sungai. Perbedaan pH yang signifikan terdapat antara daerah hulu dan hilir, serta antara daerah tengah dan hilir.

TSS memiliki perbedaan signifikan antar semua bagian sungainya. Perbedaan kadar tembaga yang signifikan terdapat antara daerah hulu dan hilir, serta antara daerah tengah dan hilir.

Indeks Pencemaran Sungai Kapuran

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air,

nilai PIj pada bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Kapuran termasuk dalam kategori tercemar ringan ($1,0 < PIj \leq 5,0$).



Tingkat pencemaran paling rendah terdapat di daerah hulu, karena keberadaan vegetasi yang masih cukup baik di daerah hulu berkontribusi dalam menjaga kualitas perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Hofer (2003), bahwa peran hutan dalam mengendalikan aliran permukaan (sungai) dari air hujan yang jatuh juga menurunkan kandungan hara dan polutan yang terdapat pada badan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Kualitas fisis dan kimia perairan pada daerah hulu, tengah dan hilir sungai yang memiliki perbedaan signifikan terdapat pada variabel suhu, pH, TSS dan kadar tembaga. Sementara itu, kualitas fisis dan kimia perairan yang berupa kecerahan,

kecepatan arus, BOD, COD dan DO tidak memiliki perbedaan signifikan.

- 2) Indeks pencemaran terendah terdapat pada bagian hulu dan indeks pencemaran tertinggi terdapat pada bagian hilir sungai. Kualitas Sungai Kapuran termasuk dalam kategori tercemar ringan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustiningsih, D. (2012). *Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai*. Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Semarang: Universitas Diponegoro.

Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
 Badan Pusat Statistik Kabupaten Pacitan. (2014). *Kecamatan Tulakan Dalam Angka*. Pacitan: Badan Pusat Statistik Kabupaten Pacitan.

- Barus, T.A. (2004). *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Daratan*. Medan: USU Press.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Feriningtyas, D. (2005). *Perubahan Spasial dan Temporal Kualitas Air Waduk Cirata, Jawa Barat Selama Periode 2000-2004*. Skripsi. Bogor: Departemen Manajemen Sumber daya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Gusti, D. (2004). *Kualitas Perairan Pantai Pulau Batam Kepulauan Riau Berdasarkan Karakteristik Fisika-Kimia dan Struktur Komunitas Plankton*. Skripsi. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
- Hofer, T. (2003). *Sustainable Use and Management of Freshwater Resources : The Role of Forest*. State of The World's Forest. Part II: Selected Current Issues in The Forest Sector. Roma: FAO Forestry Department.
- Hyman, L.H. (1967). *The Invertebrates: Mollusca I*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Mahida, U.N. (1984). *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. CV. Jakarta: Rajawali.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Pemerintah Negara Republik Indonesia (2003, Juli 10). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. [http://jdih.menlh.go.id/pdf/ind/IND-PUU-7-2003-Kepmen%20115%2020Th%202003%20\(Ped%20Penet%20elas%20Air\).pdf](http://jdih.menlh.go.id/pdf/ind/IND-PUU-7-2003-Kepmen%20115%2020Th%202003%20(Ped%20Penet%20elas%20Air).pdf)
- Setiari, N.M. (2012). *Identifikasi Sumber Pencemar dan Analisis Kualitas Air Tukad Yeh Sungai di Kabupaten Tabanan dengan Metode Indeks Pencemaran*. Tesis. Bali: Program Pascasarjana Universitas Udayana. Denpasar.
- Soewarno. (1991). *Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*. Bandung: Penerbit NOVA.
- Suriawiria, U. (2003). *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Welch, P. S. (1952). *Limnology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Yuliasuti, E. (2011). *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. Tesis. Semarang: Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.