

**STUDI PERUBAHAN KUALITAS AIR
DI SUNGAI PROGO BAGIAN HILIR D.I. YOGYAKARTA TAHUN 2009 – 2013**

Mega Dwi Antoro
Mega.dwi.antoro@gmail.com

Ig. L. Setyawan Purnama
setyapurna@ugm.ac.id

ABSTRAK

Progo Catchment covered two administrative regions : Central Java and Special Region of Yogyakarta. Progo Catchment is one of The 2010-2014 Medium-term Development Planning priorities. This research aims to understand water quality and the water quality status of the downstream of Progo River in Special Region of Yogyakarta at serial time 2009-2013. Water quality is determined by analysis of its parameters, which are Electro-conductivity, temperature, pH, DO, BOD, COD, Nitrate, and Phosphate. Water quality change is described with chart and is analyzed by comparing its value with the Pergub DIY NO. 20/2008. Quantitative analysis by calculating Pollution Index (PI) is used to determine the water quality status. Descriptive analysis is used to describe the cause of water quality change. The result showed that there is a fluctuation of water quality degradation of downstream of Progo River between 2009-2013. This is determined by the decrease of DO value and the increase of Phosphate and Nitrate concentration. The PI value classification of downstream of Progo River is stable at the 'polluted' status.

Keywords: *Downstream of Progo River, Water Quality, Water Quality Status.*

INTISARI

DAS Progo adalah DAS yang berada di dua wilayah administrative yaitu Provinsi Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta. DAS Progo merupakan salah satu DAS yang diprioritaskan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah pada periode 2010 – 2014. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air dan status mutu air Sungai Progo hilir D.I. Yogyakarta secara *time series* tahun 2009 – 2013. Kualitas air ditentukan dengan melakukan analisis terhadap parameter-parameter kualitas air, seperti: DHL, suhu, pH, DO, BOD, COD, Nitrat dan Fosfat. Analisis perubahan kualitas air digambarkan dengan grafik dan membandingkan dengan Pergub DIY No. 20/2008. Analisis kuantitatif dengan melakukan perhitungan Indeks Pencemaran (IP) untuk menentukan status mutu air. Analisis deskriptif dilakukan untuk mendeskripsikan penyebab perubahan kualitas air. Hasil Penelitian menunjukkan Sungai Progo bagian hilir mengalami fluktuasi tetapi kualitas air menurun dari tahun 2009-2013. Hal ini dilihat dari kandungan DO berkurang dan kandungan fosfat dan nitrat meningkat. Hasil dari pengkelasan nilai Indeks Pencemaran Sungai Progo bagian hilir stabil pada status mutu air cemar.

Kata kunci: Sungai Progo Bagian Hilir, Kualitas Air, Status Mutu Air,

PENDAHULUAN

Air merupakan sumberdaya alam yang mempunyai fungsi sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Air dapat dipengaruhi oleh kondisi/komponen lainnya. Pemanfaatan air untuk menunjang seluruh kehidupan manusia jika tidak dibarengi dengan tindakan bijaksana dalam pengelolaannya akan mengakibatkan kerusakan pada sumberdaya air. Kerusakan sumberdaya air adalah dengan ditandai penurunan kualitas air.

Kualitas air di permukaan lebih mudah mengalami pencemaran dibandingkan dengan air dalam tanah. Hal ini dikarenakan air permukaan lebih banyak kontak langsung dengan kegiatan yang berada di luar seperti aktivitas manusia. Air permukaan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah air sungai. Menurut Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 1991, sungai adalah tempat-tempat atau wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sepadan.

Air dikatakan tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Indikator atau

tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui: (Wardhana, 2004)

- a. Perubahan suhu air.
- b. Perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen.
- c. Perubahan warna bau dan rasa air.
- d. Timbulnya endapan, koloidal, bahan terlarut.
- e. Adanya mikroorganisme.
- f. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan.

Perubahan kualitas air sungai dapat di ketahui dengan status mutu air dan perbandingan sampel air dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Menurut KepMen LH No. 115 Tahun 2003, tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air bahwa status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan baku mutu air yang di tetapkan. Baku mutu merupakan ukuran batasan atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsure pencemar yang di tenggang keberadaannya di dalam air (Siregar, dkk., 2004). Penentuan status mutu air dapat menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) dan Metode Storet. Kedua

metode ini menghubungkan tingkat pencemaran suatu perairan yang dipakai untuk peruntukan tertentu dengan nilai parameter-parameter tertentu.

DAS Progo merupakan DAS yang meliputi dua wilayah administratif Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Letak tersebut membuat pengelolaan DAS Progo harus dilakukan bersama oleh kedua pemerintahan tersebut. Keberhasilan pengelolaan DAS Progo dapat diketahui dengan beberapa indikator. Salah satu indikator tersebut adalah dengan melihat kualitas air di Sungai Progo secara berkala.

Perubahan penggunaan lahan juga merupakan masalah yang ada di DAS Progo. Berbagai penggunaan lahan di wilayah DAS Progo seperti permukiman, pertanian, dan industri telah berkembang dengan pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan hidup. Berbagai aktivitas manusia menghasilkan sebuah limbah. Aktivitas pertanian dan non pertanian menyebar dari hulu hingga hilir DAS Progo

Sungai Progo bagian hilir merupakan daerah akumulasi aliran dari hulu yang kemungkinan mengalami penurunan kualitas air lebih besar. Meskipun sungai dapat melakukan *self purification* untuk mengolah limbah yang masuk ke dalam sungai.

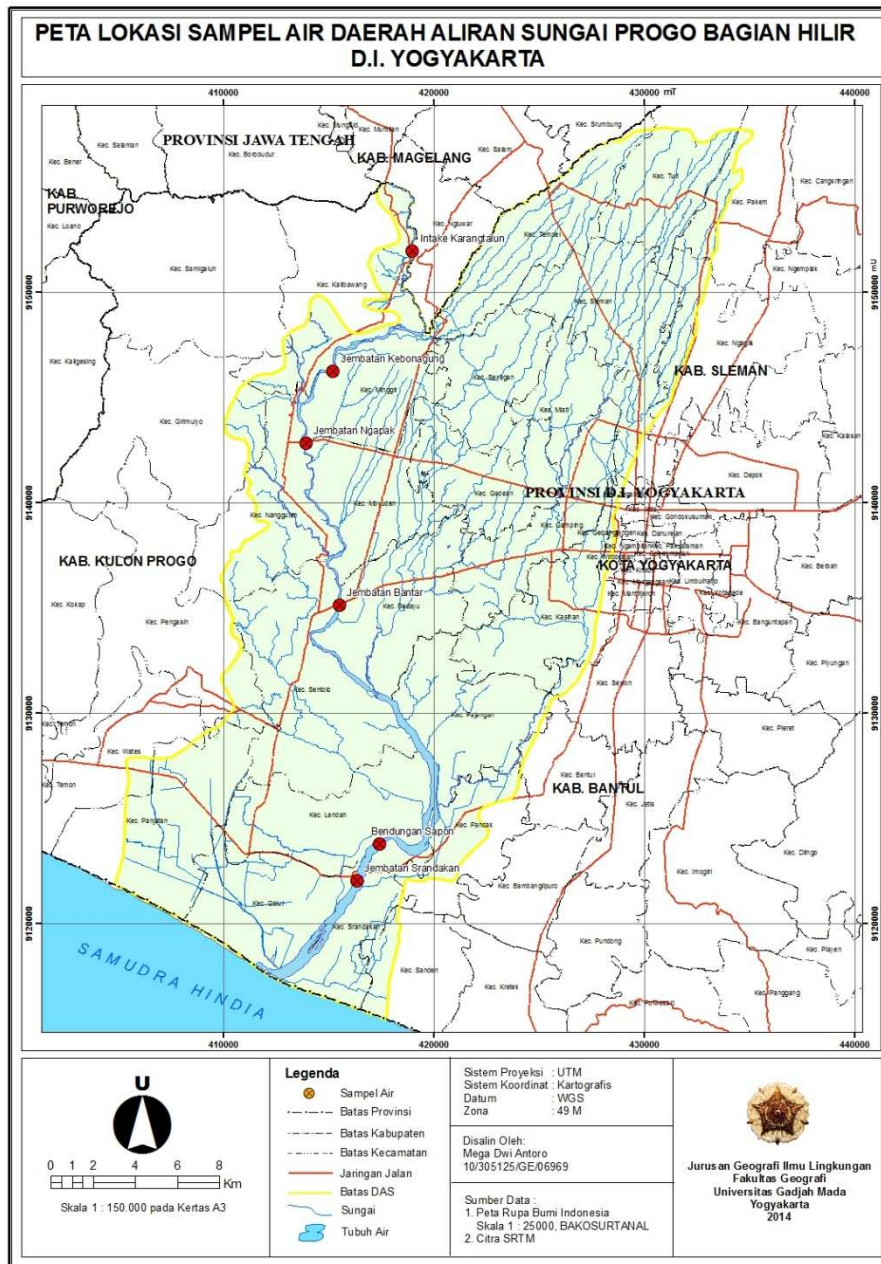
Namun, aktivitas manusia yang tinggi mengakibatkan *self purification* tidak terlihat pengaruh.

Bedasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dalam penelitian ini mengkaji kondisi kualitas air sungai dan status mutu air Sungai Progo bagian hilir secara *time series* 2009-2013.

METODE PENELITIAN

Penentuan titik sampel air Sungai Progo dilakukan dengan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah cara pengambilan sampel dengan sengaja karena alasan-alasan yang telah diketahui. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk melakukan pemantauan, maka beberapa lokasi pengambilan sampel air Sungai Progo mengacu pada lokasi pengambilan sampel sebelumnya yang telah dilakukan oleh BLH D.I. Yogyakarta. Kandungan air yang diuji dalam penelitian ini adalah DHL, pH, suhu, DO, BOD, COD, Nitrat dan Fosfat.

Sampel air diambil pada kedalaman kurang lebih setengah kedalaman sungai dan dilakukan secara sampel sesaat (*grab sample*). Sampel sesaat merupakan jenis jenis sampel air yang diambil secara langsung di badan sungai. Sampel yang dihasilkan hanya menggambarkan karakteristik air saat pengambilan sampel. (Effendi, 2003)



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel air di Sungai Progo bagian Hilir

Pengujian kualitas air sungai dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Parameter DHL dan suhu air dilakukan langsung dilapangan dengan menggunakan alat EC meter. Sedangkan,

parameter DO, COD, BOD, nitrat, fosfat dan pH dilakukan pengujian di laboratorium.

Data yang didapat dari hasil pengujian parameter fisik dan kimia air Sungai Progo , kemudian dilakukan analisis

kualitas air Sungai Progo dengan membandingkan baku mutu kelas II berdasarkan Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penentuan status mutu air Sungai Progo bagian hilir menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, rumus perhitungan dengan metode Indeks Pencemaran sebagai berikut:

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

Dimana :

L_{ij} : Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air (j)

C_i : Konsentrasi parameter kualitas air (i)

PI_j : 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

Hasil perhitungan Indeks Pencemaran ini dapat nilai Indeks Pencemaran. Indeks Pencemaran di bedakan menjadi 4 status mutu air, yaitu:

$0 \leq PI_j \leq 1,0$: Memenuhi baku mutu (kondisi baik)

$1,0 \leq PI_j \leq 5,0$: Cemar ringan

$5,0 \leq PI_j \leq 10$: Cemar Sedang

$PI_j > 1,0$: Cemar Berat

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kajian Perubahan Kualitas Air Sungai Progo Bagian Hilir

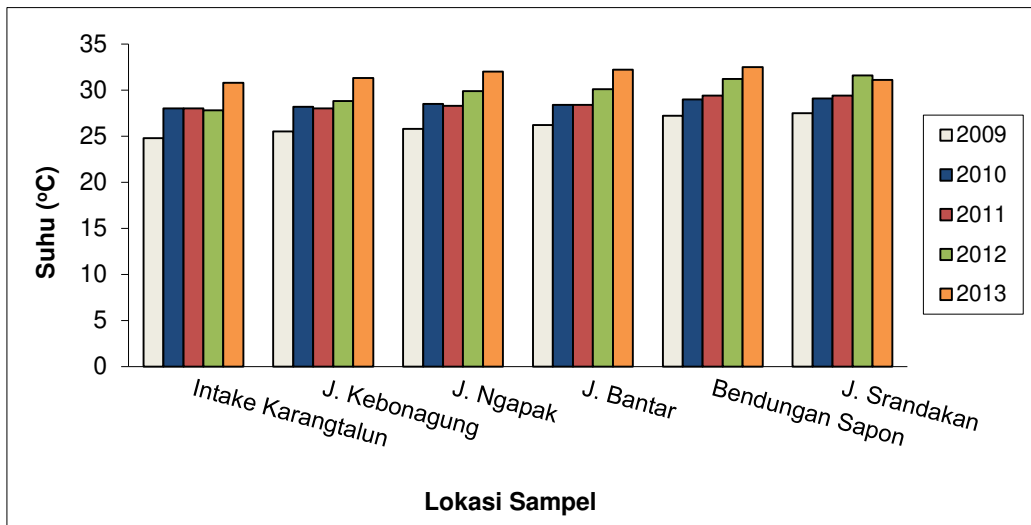
Kualitas air sungai sangat mudah berubah yang disebabkan oleh faktor alami dan non-alami. Faktor-faktor tersebut dapat mengubah kondisi air secara fisik maupun kimia menjadi baik atau buruk. Kondisi air baik jika masukan unsur pencemar berkurang dan tidak melebihi kapasitas tampungan tubuh air. Sementara, kondisi air menjadi buruk jika masukan unsur pencemar banyak dan melebihi kapasitas tubuh air. Perubahan kualitas air suatu sungai diperlukan pemantauan kualitas air secara rutin untuk mengontrol dan menentukan fungsi kegunaan air yang tepat (Permana, 2012).

a. Perubahan Kualitas Fisik Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009 hingga 2013

Perubahan kualitas air Sungai Progo bagian hilir secara fisik diamati dengan parameter suhu dan Daya Hantar Listrik (DHL). Suhu memiliki pengaruh proses fisika, kimia, dan biologi dalam tubuh air yang berguna untuk mengatur ekosistem

sungai. Proses-proses tersebut menghasilkan salah satunya adalah kadar oksigen dalam tubuh air, sehingga akan berpengaruh pada organisme perairan yang hidup membutuhkan oksigen. Suhu air sungai

dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air (Effendi, 2003).



Gambar 2. Perbandingan Nilai Suhu Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

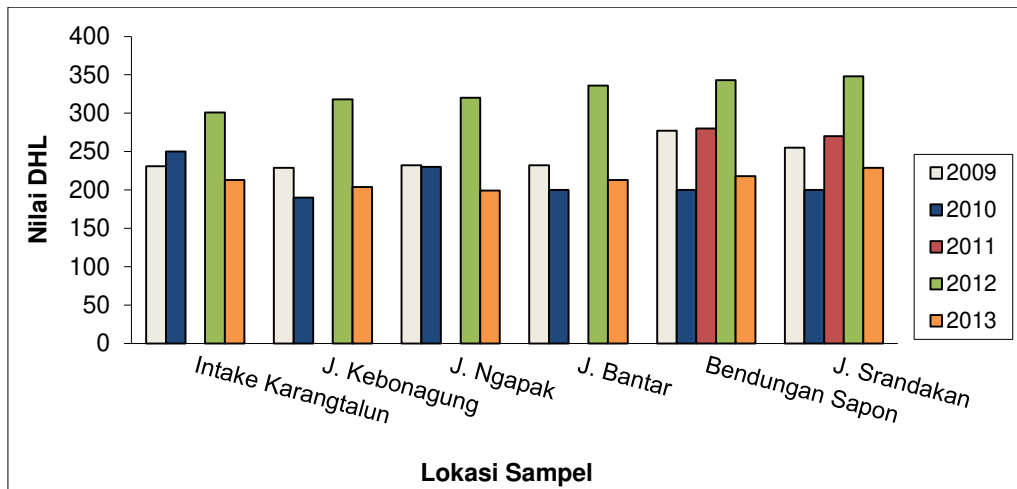
Suhu di Sungai Progo bagian hilir hampir setiap lokasi sampel air mengalami peningkatan dari tahun 2009 hingga 2013 (Gambar 4.10). Hal ini dikarenakan adanya pemanasan global yang mengakibatkan suhu dipermukaan bumi mengalami peningkatan. Selama 5 tahun, dari tahun 2009 hingga 2013 peningkatan suhu cukup tinggi yaitu $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Perubahan suhu berpengaruh pada kandungan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu maka kandungan oksigen terlarut dalam air akan berkurang. Perubahan suhu ini mengakibatkan organisme perairan di

Sungai Progo bagian hilir harus beradaptasi untuk keberlangsungan hidup organisme karena oksigen dalam air semakin berkurang.

Perubahan Daya Hantar Listrik (DHL) di Sungai Progo bagian hilir selama 5 tahun mengalami fluktuasi. DHL tertinggi terjadi pada tahun 2012 dengan nilai bekisar $300 \mu\text{mhos/cm}$. Perubahan DHL secara fluktuasi ini disebabkan oleh kondisi saat pengambilan sampel. DHL tinggi berarti saat pengambilan sampel air kondisi perairan sedang dalam keadaan keruh yang mengindikasikan banyaknya senyawa

organik atau ion-ion lain yang dapat menghantarkan listrik. Sedangkan nilai DHL rendah berarti pengambilan sampel air dalam kondisi perairan sedang jernih atau tidak keruh. Hasil pengamatan dan pengukuran secara fisik menunjukkan kualitas

air Sungai Progo bagian hilir selama 5 tahun telah mengalami penurunan meskipun perubahan tersebut terlihat secara signifikan. Grafik perubahan DHL dapat dilihat pada Gambar 3.

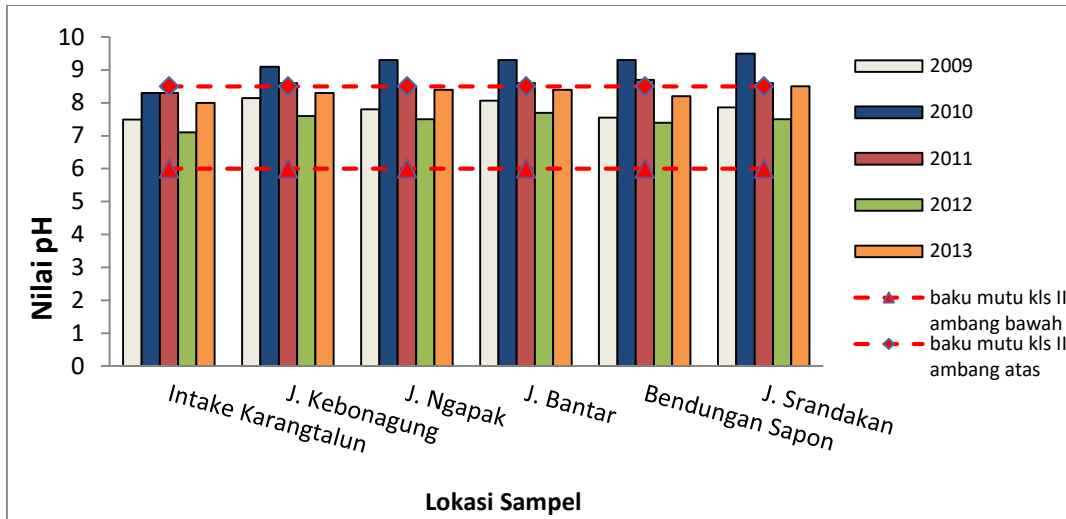


Gambar 3. Perbandingan Nilai DHL Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

b. Perubahan Kondisi Kimia Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009 hingga 2013

Perubahan kualitas air Sungai Progo bagian hilir secara kimia diamati dengan parameter pH, DO, BOD, COD, fosfat dan nitrat. pH dalam suatu tubuh perairan sangat mempengaruhi mikroorganisme tubuh air. pH terlalu tinggi atau terlalu rendah tidak baik untuk organisme perairan. Oleh karena itu, nilai pH memiliki nilai batas antara 6-8,5. Sifat pH di perairan Sungai Progo bagian hilir cenderung basa karena $pH > 7$.

Nilai pH Sungai Progo bagian hilir dari tahun 2009 hingga 2013 mengalami peningkatan dari hulu hingga hilir. Tetapi, setiap lokasi sampel dari tahun 2009 hingga 2013 nilai pH mengalami fluktuasi. Nilai pH terbesar terjadi pada tahun 2010 dan melebihi ambang batas baku mutu kelas II yang telah ditentukan yaitu $pH > 8$. Tahun 2011, Sungai Progo bagian hilir masih berada di atas baku mutu kelas II, meskipun nilai pH menurun dari pada tahun sebelumnya. Grafik perubahan pH dapat dilihat pada Gambar 4.

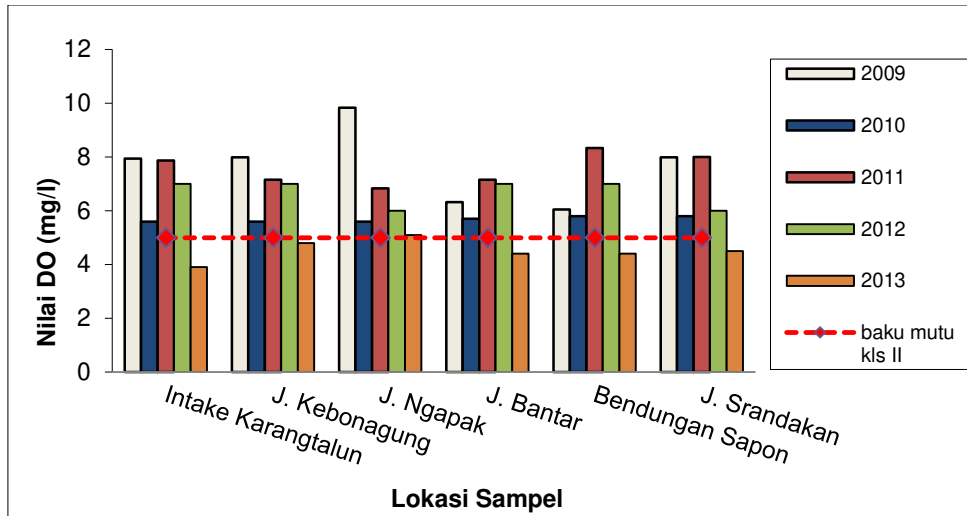


Gambar 4. Perbandingan Nilai pH Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

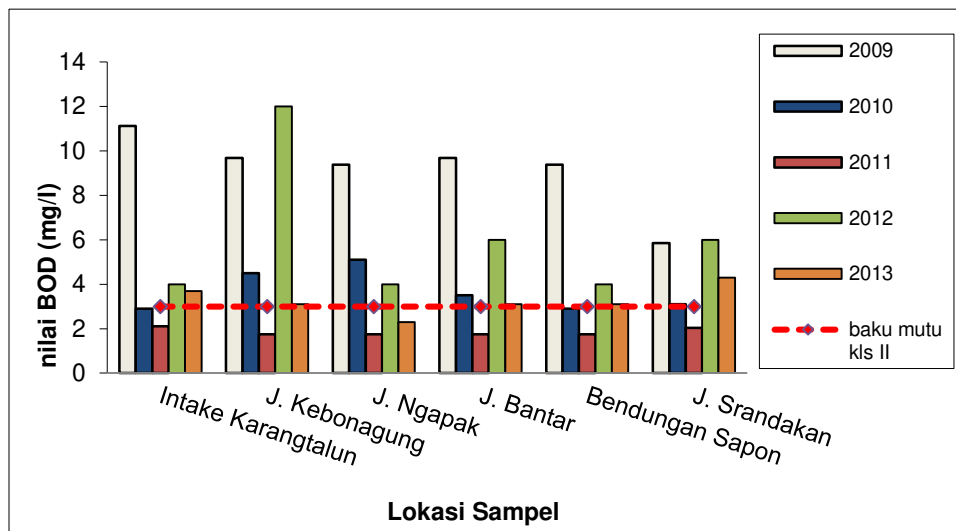
Nilai DO selama kurun waktu 2009 hingga 2013 cenderung mengalami penurunan dari hulu hingga hilir Sungai Progo bagian hilir. Penurunan terjadi hingga dibawah batas baku mutu kelas II pada tahun 2013 (Gambar 5). Penurunan kadar oksigen terlarut dalam tubuh air secara umum dikarenakan peningkatan jumlah limbah yang masuk dalam tubuh air. Peningkatan jumlah limbah, didorong dengan peningkatan permukiman dan industri di DAS Progo bagian hilir. Kadar DO terbaik selama 5 tahun terjadi pada tahun 2011. Perubahan DO yang fluktuatif tiap tahun dapat dikarenakan buangan limbah ke sungai berbeda-beda dan organisme biotik yang

hidup juga dapat bertambah dan berkurang karena iklim dan debit sungai.

Nilai BOD dari tahun 2009 hingga 2013 fluktuasi (Gambar 6). Nilai BOD tahun 2011 merupakan nilai BOD terendah selama 5 tahun terakhir. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas air pada tahun 2011 mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya. Rendahnya nilai BOD tahun 2011 dapat dikarenakan bahwa jasad organisme di tubuh air Sungai Progo yang perlu dioksidasi sedikit. Air Sungai Progo kembali mengalami penurunan kualitas pada tahun 2011 karena kandungan BOD meningkat. Peningkatan yang terjadi cukup signifikan karena melampaui ambang batas baku mutu kelas II, yaitu sebesar 3 mg/l.



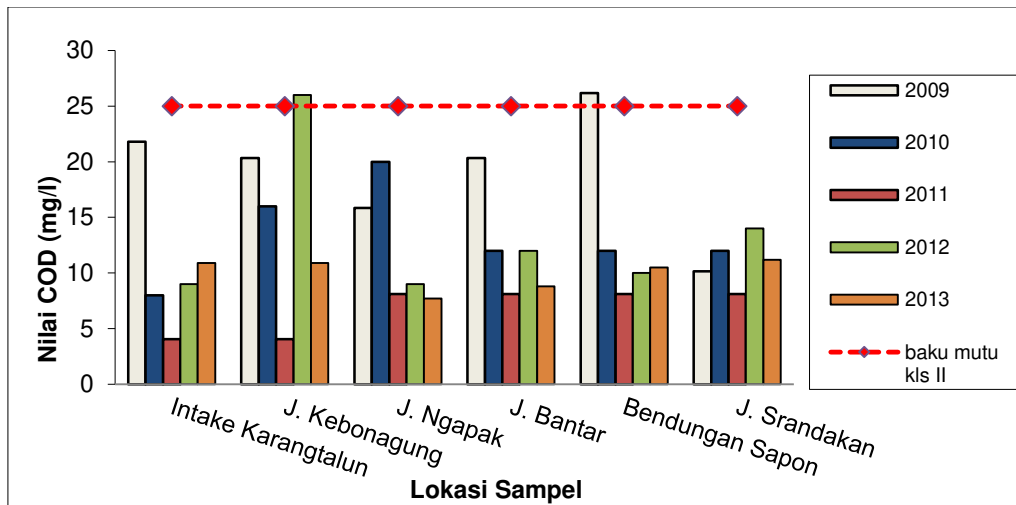
Gambar 5. Perbandingan Nilai DO Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013



Gambar 6. Perbandingan Nilai BOD Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

Kondisi nilai COD memiliki grafik hampir sama dengan grafik nilai BOD. Grafik perbandingan COD (Gambar 7) menggambarkan bahwa tahun 2011 nilai BOD berada pada nilai terendah dari tahun 2009 hingga 2013. Nilai COD yang melampaui ambang batas baku mutu kelas II, terjadi pada tahun 2009 di Bendungan Sapon

dan 2012 di Jembatan Ngapak. Perubahan nilai COD yang terjadi sewaktu-waktu disebabkan oleh volume buangan limbah yang tidak menentu. Nilai COD lebih tinggi dibandingkan BOD karena nilai COD merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air baik senyawa kimia maupun biologis.



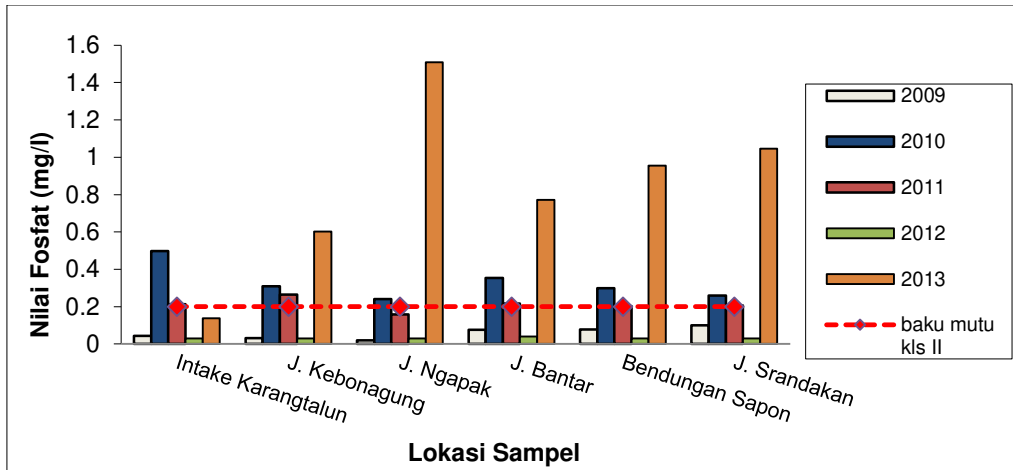
Gambar 7. Perbandingan Nilai COD Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

Fosfat dan Nitrat merupakan ion yang jika berlebih dapat menyebabkan *eutrofikasi*. Ion-ion tersebut berasal dari bahan pupuk yang masuk dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Oleh karena itu, kandungan nitrat dan fosfat sangat tergantung pada pola pertanian dan curah hujan. Kedua Ion tersebut tidak bersifat toksik (beracun). Bulan Oktober merupakan bulan kering sehingga memiliki pengaruh dalam pola pertanian. Pada musim kering petani di sekitar Kecamatan Samigaluh akan beralih ketanaman yang tidak membutuhkan air dan pupuk kimia banyak. Hal ini juga berpengaruh terhadap kandungan fosfat dan nitrat di Sungai Progo.

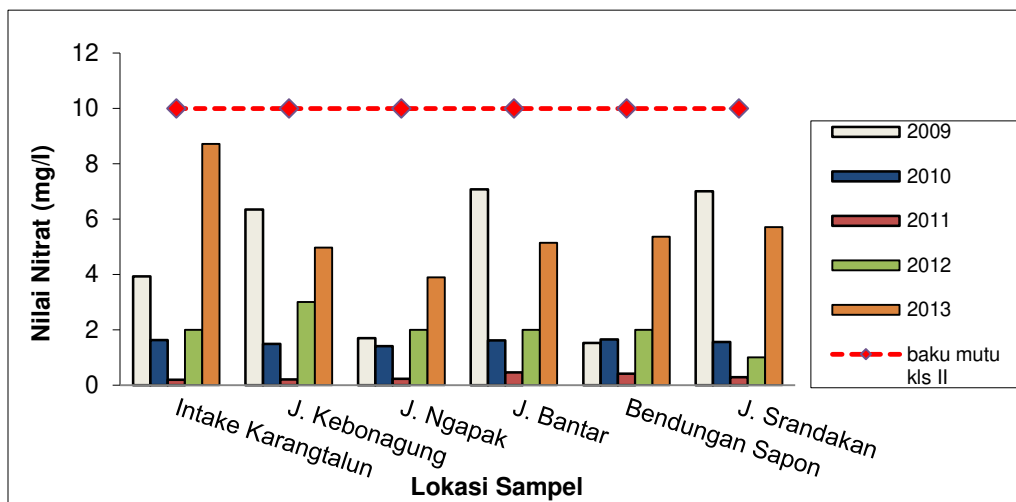
Kandungan fosfat di Sungai Progo bagian hilir mengalami peningkatan cukup besar pada tahun 2013 hingga melebihi ambang batas baku mutu kelas II Pergub

DIY No. 20 Tahun 2008. Peningkatan yang cukup tinggi kemungkinan telah terjadi peningkatan buangan limbah dan pupuk ke dalam tubuh air Sungai Progo bagian hilir dan debit sungai kecil. Perubahan kandungan fosfat dari tahun 2009 hingga 2013 dapat dilihat pada Gambar 8.

Kandungan nitrat di Sungai Progo bagian hilir mengalami penurunan dari tahun 2009 hingga 2011 tetapi kembali meningkat hingga tahun 2013. Grafik perubahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 9. Meskipun kembali mengalami peningkatan, kandungan nitrat dalam Sungai Progo masih berada dibawah baku mutu kelas II yaitu 10 mg/l. Namun, kualitas air mengalami penurunan yang cukup tinggi. Tahun 2011 adalah kondisi terbaik selama tahun 2009-2013 dengan kandungan nitrat kurang dari 1 mg/l.



Gambar 8. Perbandingan Nilai Fosfat Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013



Gambar 9. Perbandingan Nilai Nitrat Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

Hasil pengamatan dan pengukuran kualitas air dengan parameter fisik (pH, DO, BOD, COD, Fosfat, dan Nitrat) bahwa selama tahun 2009 hingga 2013 kualitas air Sungai Progo terbaik pada tahun 2011. Secara keseluruhan Kualitas air Sungai Progo bagian hilir terjadi peningkatan kualitas air tetapi jika dilihat dari tahun 2011

hingga 2013, kualitas air Sungai Progo bagian hilir mengalami penurunan.

2. Status Mutu Air Sungai Progo Bagian Hilir

Status mutu air merupakan gambaran kondisi mutu air dengan tingkatan cemaran hingga baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan baku mutu yang ditetapkan (KEPMENLH No. 115

Tahun 2003). Status mutu air berguna untuk menentukan baku mutu yang cocok. Jika suatu baku mutu sudah mencapai status cemar maka baku mutu tersebut dapat diubah ketingkat kelas lebih rendah.

Perhitungan status mutu air menggunakan metode Indeks Pencemaran dengan parameter fisik (suhu) dan parameter kimia (pH, DO, BOD, COD, Nitrat, dan fosfat). Berdasarkan nilai Indeks Pencemaran, tahun 2009 hingga 2013 mengalami peningkatan nilai Indeks Pencemaran. Hal ini berarti bahwa air Sungai Progo hilir mengalami penurunan kualitas air. Sementara, Status mutu air menunjukkan bahwa dari enam lokasi sampel pada tahun

2009 hingga 2013 memiliki status mutu air fluktuatif, dari tingkat baik hingga cemar ringan (Tabel 1). Sampel air dengan tingkat baik hanya terjadi pada tahun 2011. Namun, pada tahun 2011 juga terdapat lokasi dengan status mutu air cemar ringan, yaitu di Jembatan Kebonagung dan Bendungan Sapon. Perubahan status mutu air menjadi baik dapat terjadi akibat masukan pencemar baik domestik, industri maupun pertanian berkurang di tahun 2011. Selain itu, adanya kemampuan tubuh air untuk memurnikan kembali kondisi kualitas air secara alami (*self purification*) berpengaruh dalam perubahan status mutu air di Sungai ini

Tabel 1. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran dan Status Mutu Air Sungai Progo Bagian Hilir Tahun 2009-2013

Lokasi Sampel	2009		2010		2011		2012		2013	
	Nilai PI_j	Status Mutu air	Nilai PI_j	Status Mutu air	Nilai PI_j	Status Mutu air	Nilai PI_j	Status Mutu air	Nilai PI_j	Status Mutu air
Intake Karangtalun	2.798	Cemar Ringan	2.224	Cemar Ringan	0.871	Baik	1.186	Cemar Ringan	1.455	Cemar Ringan
Jembatan Kebonagung	2.600	Cemar Ringan	1.616	Cemar Ringan	1.217	Cemar Ringan	2.925	Cemar Ringan	2.553	Cemar Ringan
Jembatan Ngapak	2.508	Cemar Ringan	1.751	Cemar Ringan	0.795	Baik	1.207	Cemar Ringan	3.947	Cemar Ringan
Jembatan Bantar	2.626	Cemar Ringan	1.789	Cemar Ringan	0.924	Baik	1.832	Cemar Ringan	2.949	Cemar Ringan
Bendungan Sapon	2.557	Cemar Ringan	1.640	Cemar Ringan	1.002	Cemar Ringan	1.191	Cemar Ringan	3.272	Cemar Ringan
Jembatan Srandakan	1.811	Cemar Ringan	1.770	Cemar Ringan	0.905	Baik	1.836	Cemar Ringan	3.447	Cemar Ringan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

KESIMPULAN

1. Kualitas air Sungai Progo bagian hilir berdasarkan parameter fisik (DHL dan Suhu) dan parameter kimia (pH, DO, BOD, COD, Fosfat, dan Nitrat) dalam kurun waktu 2009-2013 telah mengalami penurunan.
2. Kualitas air Sungai Progo bagian hilir mengalami penurunan. Berdasarkan parameter fisik: DHL dan Suhu mengalami peningkatan. Kandungan parameter kimia: pH, BOD, COD, Fosfat, dan Nitrat dalam kurun waktu 2009-2013 telah mengalami peningkatan kadar. Sementara, kadar DO menurun dari tahun 2009-2013.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2008. *Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air di Daerah Istimewa Yogyakarta.*
- _____. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.*
- _____. 2009. *Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No.SK. 328/Menhut-II/2009*
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air.* Kanisius : Yogyakarta
- Siregar, Masbah R.T, Asis D., Hiskia, Djohar S., Novrita I. dan Widyarani. 2004. *Road Map Teknologi: Pemantauan Daerah Aliran Sungai (DAS) Dan Pengolahan Limbah.* LIPI Press : Jakarta
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi).* Andi : Yogyakarta