

Analisis Kandungan Fosfat PO_4^{3-} Dalam Air Sungai Secara Spektrofotometri Dengan Metode Biru-Molibdat

Nora Listantia

Pendidikan Matematika / Universitas Qamarul Huda Badaruddin

*Corresponding Author: noralistantia@gmail.com, Tel: +6285333310706

Diterima pada 2 February 2020, Direvisi pertama pada 15 Maret 2020, Direvisi kedua pada 28 April 2020, Disetujui pada 20 May 2020, Diterbitkan daring pada 22 May 2020

Abstract: Phosphates are present in natural water or wastewater as orthophosphate compounds, polyphosphates and organic phosphates. The presence of phosphate compounds in the water greatly affects the balance of aquatic ecosystems. When the content of phosphate in water is low, such as in natural water (< 0.01 mg P/L), plant and algae growth will be hindered, and this state. Phosphorus found freely in nature, especially in water, is predominantly in the form of PO_4^{3-} compounds (phosphate; phosphate). Phosphate content in the water can be analyzed using UV-Vis spectrophotometer equipment with blue-molibdat method. The location of sample selection is carried out in rivers close to (1) settlements or near rice fields, (2) times ancang, and (3) times jangkak. The phosphate content of PO_4^{3-} in location 1, namely the river near rice fields and settlements, has a very high concentration of PO_4^{3-} compared to the concentration of phosphates at locations 2 and 3. Phosphorus compounds that enter the river come from the use of fertilizers, and from settlements, phosphorus compounds that enter the river come from the diversion of detergents and the waste of organic materials of household activities. In Ancang and Jangkak rivers, which are relatively far from settlements and rice fields, phosphorus inputs that enter into these two rivers are relatively small. High phosphate content in the water can cause eutrophication, thus reducing the amount of dissolved oxygen (DO).

Keywords: Phosphate, River Water, Molibdat Blue Method

Abstrak: Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah, seperti pada air alam ($< 0,01$ mg P/L), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhambat, dan keadaan ini. Fosfor yang terdapat bebas di alam, terutama di air, dominan berada di dalam bentuk senyawa PO_4^{3-} (phosphate; fosfat). Kandungan fosfat dalam perairan dapat dianalisis dengan menggunakan peralatan spektrofotometer UV-Vis dengan metode biru-molibdat. Lokasi pemilihan sampel dilakukan di sungai yang dekat dengan (1) permukiman penduduk atau dekat sawah, (2) kali ancang, dan (3) kali jangkak. Kandungan fosfat PO_4^{3-} di lokasi 1, yaitu sungai dekat persawahan dan pemukiman, memiliki konsentrasi PO_4^{3-} yang sangat tinggi dibandingkan konsentrasi fosfat pada lokasi 2 dan 3. Senyawa fosfor yang masuk ke sungai berasal dari penggunaan pupuk, dan dari pemukiman, senyawa fosfor yang masuk ke sungai berasal dari diversifikasi deterjen dan buangan bahan-bahan organik kegiatan rumah tangga. Pada sungai Ancang dan sungai Jangkak yang posisinya relatif jauh dari pemukiman dan persawahan, sehingga input fosfor yang masuk ke dalam ke dua sungai ini relatif kecil. Kandungan fosfat yang tinggi dalam perairan dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi, sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut (DO).

Kata kunci: Fosfat, Air Sungai, Metode Biru Molibdat

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kandungan fosfat PO_4^{3-} dalam sampel air sungai sebagai indicator pencemaran air. Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organis. Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat, seperti industry pencucian, industri logam dan sebagainya. Fosfat organis terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organis dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat untuk pertumbuhannya. [1]

Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah, seperti pada air alam ($< 0,01$ mg P/L), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, dan keadaan ini disebut oligotrop. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut air. Hal ini tentu sangat berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan. [1]

Fosfor yang terdapat bebas di alam, terutama di air, dominan berada di dalam bentuk senyawa PO_4^{3-} (phosphate; fosfat). Fosfat terdapat dalam jumlah yang signifikan pada efluen pengolahan air buangan domestik. Komposisi dari input fosfor dapat dilihat pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Komposisi dari input fosfor

Input Fosfor	Komposisi
Industri	7.3 %
Derivasi deterjen	40 %
Buangan manusia	44 %
Pembersih Rumah	6.7 %

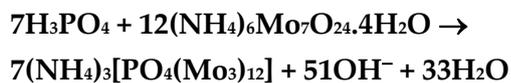
Sumber : Dojidlo dan Best, 1993 (dalam Hanief, 2009) [2]

Selain itu di air limbah domestik murni, jumlah fosfor total dapat berkisar antara 15 mg P/L, sedangkan pada air limbah tercampur, antara domestic dan industri, konsentrasi fosfor dapat mencapai 50 mg P/L. Baku mutu fosfat diperairan yang dapat ditoleransi keberadaannya oleh biota laut dan wisata bahari adalah 0,015 mg/L [3]. Menurut Permen.Kes.RI No.173/Men.Kes./Per/VIII/1997, batas ambang parameter phospor sebagai PO_4^{3-} pada air buangan limbah adalah 1 mg/L [4].

Fosfor sebagai fosfat merupakan parameter kimia yang sering dijadikan indikator tingkat kesuburan dan atau pencemaran perairan sungai/laut. Penentuan kadar fosfat dengan metode spektrofotometri didasarkan pada pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Dalam suasana asam, senyawa ortofosfat yang terdapat dalam contoh air bereaksi dengan

ammonium molibdat membentuk senyawa kompleks ammonium fosfomolibdat. Dengan menggunakan reduktor asam askorbat senyawa kompleks tereduksi. Amonium fosfomolibdat mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang 885 nm. Absorbansi dari senyawa fosfomolibdat tersebut perbandingan lurus dengan kadar fosfat. Dengan membuat kurva kalibrasi (persamaan garis lurus) dari larutan standar dan memasukkan absorbansi dari contoh ke dalam kurva kalibrasi tersebut, maka kadar fosfat dalam contoh air dapat diketahui [5].

Kandungan fosfat dalam perairan dapat dianalisis dengan menggunakan peralatan spektrofotometer UV-Vis dengan metode biru-molibdat. Metode ini didasarkan pada reaksi pembentukan senyawa kompleks warna biru antara fosfat dan molibdat dalam larutan yang bersifat asam/suasana asam dengan persamaan reaksi :



Senyawa kompleks Mo^{+6} tersebut berwarna kuning, tetapi dengan penambahan asam askorbat, maka Mo^{+6} dalam senyawa kompleks tersebut akan tereduksi menjadi Mo^{+5} sebagai senyawa kompleks yang berwarna biru. Senyawa kompleks terakhir akan menyerap/mengabsorpsi sinar pada panjang gelombang maksimum $\lambda_{\text{max}} = 800$ nm. Secara kuantitatif nilai serapan/absorbansi dapat diukur dengan alat spektrofotometer.

2. METODE PENELITIAN

Hubungan antara konsentrasi fosfat C, dan absorbansi A, oleh Lambert – Beer

dinyatakan dalam suatu persamaan, yaitu :

$$A = \epsilon b C$$

dimana :

- A = absorbansi
- ϵ = tetapan absorbtivitas molar
- C = konsentrasi
- b = tebal tempat sampel (kuvet, umumnya = 1)

Berdasarkan persamaan tersebut, maka untuk dapat menghitung konsentrasi zat dalam sampel diperlukan nilai konsentrasi zat yang telah diketahui konsentrasinya dengan pasti dan disebut larutan standar, sehingga dengan menggunakan 1 standar kita dapat menghitung konsentrasi sampel C_{sp} dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$C_{\text{sp}} = \frac{A_{\text{sp}}}{A_s} \times C_s$$

dimana :

- C_{sp} = konsentrasi sampel
- C_s = konsentrasi larutan standar
- A_{sp} = absorbansi sampel
- A_s = absorbansi larutan standar

Prosedur pembuatan larutan adalah sebagai berikut:

1. Larutan induk PO_4^{3-} ppm

Larutan induk dibuat dengan cara melarutkan 2,195 gram KH_2PO_4 dalam 100 mL akuades dan selanjutnya diencerkan hingga 1000 mL

2. Larutan pereduksi

Pertama-tama 1 gram ammonium hepta molibdat dilarutkan dalam 50 mL akuades dan 1,76 gram asam askorbat dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kemudian 17 mL asam sulfat pekat diencerkan dalam 200 mL akuades. Selanjutnya 35 mL larutan molibdat dicampurkan dengan 60 mL larutan asam askorbat dan 125 mL asam

sulfat, lalu diencerkan hingga 250 mL

3. Larutan Standar PO₄³⁻

Larutan standar dibuat dari larutan PO₄³⁻ 10 ppm dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 0,1 ppm

Preparasi Kurva Kalibrasi dan Sampel dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

Larutan standar disiapkan dalam tabung reaksi dengan komposisi pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Komposisi Larutan Standar

LARUTAN	LARUTAN STANDAR					
Volume standar PO ₄ ³⁻ 10 ppm (mL)	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Volume pereaksi pereduksi (mL)	4	4	4	4	4	4
Volume akuades (mL)	6	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0
Volume akhir (mL)	10	10	10	10	10	10
Konsentrasi standar PO ₄ ³⁻ (ppm)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Sampel yang akan diuji, disiapkan dalam tabung reaksi dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 3. Volume larutan sampel

LARUTAN	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Volume sampel (mL)	6,0	6,0	6,0
Volume pereaksi pereduksi (mL)	4	4	4
Volume akhir (mL)	10	10	10

Keterangan :

Sampel 1 : Sungai dekat persawahan dan pemukiman penduduk

Sampel 2 : Sungai / Kali Ancar

Sampel 3 : Sungai / Kali Jangkok

Larutan standard dan Sampel yang sudah siap didiamkan selama ± 20 menit untuk selanjutnya dilakukan pengukuran absorban pada λ830 nm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah Tabel 4 yang merupakan hasil pengamatan.

Tabel 4. Hasil Pengamatan

No.	Proses	Hasil	
1.	Warna larutan setelah perlakuan reaksi kimia	Biru	
		[PO ₄ ³⁻]	Absorbansi
2.	Nilai absorbansi larutan standard an sampel	0,0 ppm	0,000
		0,2 ppm	0,045
		0,4 ppm	0,135
		0,6 ppm	0,218
		0,8 ppm	0,308
		1,0 ppm	0,362
		Sampel 1	0,386
		Sampel 2	0,110
		Sampel 3	0,104

Untuk menentukan konsentrasi PO₄³⁻ yang terkandung dalam sampel, pertama-tama dibuat terlebih dahulu kurva regresi dari larutan standar.

Persamaan umum garis regresi :

$$\hat{y} = a + bx$$

dimana :

- \hat{y} = nilai estimate variable terikat
- a = titik potong garis regresi pada sumbu y atau nilai estimate \hat{y} bila $x=0$
- b = gradient garis regresi (perubahan nilai estimate \hat{y} persatuan perubahan nilai x)
- x = nilai variable bebas

Nilai-nilai konstanta a , dan b pada garis regresi di tentukan berdasarkan :

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

dimana :

- n = jumlah titik (pasangan pengamatan (x,y))
 - \bar{x} = mean dari variable x
 - \bar{y} = mean dari variable y
- Pada analisis fosfat berikut ini, yang menjadi komponen x adalah konsentrasi dari PO_4^{3-} dan yang menjadi komponen y adalah nilai absorbansi.

Tabel 5. Perhitungan Kurva Regresi

Larutan Standar	x	y	xy	x ²
1	0.0	0.000	0.000	0.000
2	0.2	0.045	0.009	0.040
3	0.4	0.135	0.054	0.160
4	0.6	0.218	0.131	0.360
5	0.8	0.308	0.246	0.640
6	1.0	0.362	0.362	1.000
Jumlah	3.0	1.068	0.802	2.200

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3}{6} = 0.5$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{1,068}{6} = 0.178$$

maka :

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$= \frac{6(0.802) - (3.0)(1.068)}{6(2.200) - (3)^2}$$

$$= 0.383$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0.178 - (0.383)(0.5) = -0,014$$

maka persamaan garis regresi adalah :

$$\hat{y} = a + bx$$

$$\hat{y} = -0.014 + 0.383x$$

Dengan menggunakan persamaan garis regresi tersebut, konsentrasi sampel dihitung sebagai berikut :

- Sampel 1 ($A_{sp} = 0.386$)

$$x = \frac{\hat{y} - a}{b} = \frac{0.386 - (-0.014)}{0.383} = 1.043 \text{ ppm}$$
- Sampel 2 ($A_{sp} = 0.110$)

$$x = \frac{\hat{y} - a}{b} = \frac{0.110 - (-0.014)}{0.383} = 0.323 \text{ ppm}$$
- Sampel 3 ($A_{sp} = 0.104$)

$$x = \frac{\hat{y} - a}{b} = \frac{0.104 - (-0.014)}{0.383} = 0.307 \text{ ppm}$$

Secara manual dengan menggunakan grafik kurva regresi, didapatkan konsentrasi PO_4^{3-} dalam sampel adalah sebagai berikut :

- Sampel 1 ($A_{sp} = 0.386$)

$$x = 1,045 \text{ ppm}$$
- Sampel 2 ($A_{sp} = 0.110$)

$$x = 0,320 \text{ ppm}$$
- Sampel 3 ($A_{sp} = 0.104$)

$$x = 0.300 \text{ ppm}$$

Perhitungan menggunakan perbandingan terhadap suatu larutan standar (Persamaan Lambert – Beer)

Pada perhitungan ini, diperlukan nilai konsentrasi suatu zat yang telah diketahui konsentrasinya dengan pasti (larutan standar). Dengan menggunakan 1 standar, konsentrasi sampel C_{sp} dapat dihitung menggunakan rumus :

$$C_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_s} \times C_s$$

dimana :

- C_{sp} = konsentrasi sampel
- C_s = konsentrasi larutan standar
- A_{sp} = absorbansi sampel
- A_s = absorbansi larutan standar

Pada perhitungan ini, digunakan larutan standar dengan konsentrasi dan absorbansi sebagai berikut :

$$C_s = 0.2 \text{ ppm}$$

$$A_s = 0.045$$

maka konsentrasi untuk sampel adalah sebagai berikut :

- Sampel 1, ($A_{sp} = 0.386$)

$$C_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_s} \times C_s = \frac{0.386}{0.045} \times 0.2 = 1.716 \text{ ppm}$$
- Sampel 2, ($A_{sp} = 0.110$)

$$C_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_s} \times C_s = \frac{0.110}{0.045} \times 0.2 = 0.489 \text{ ppm}$$
- Sampel 3, ($A_{sp} = 0.104$)

$$C_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_s} \times C_s = \frac{0.104}{0.045} \times 0.2 = 0.462 \text{ ppm}$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa kandungan posfat di tiga wilayah perairan, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 6. Komposisi Larutan Standar

No. Sampel	Lokasi Pengambilan Sampel	Konsentrasi PO_4^{3-} (ppm)			
		Pers. Regresi	Kurva Regresi	Pers. Lambert-Beer	Rerata
1	Sungai dekat persawahan dan pemukiman penduduk	1.043	1.045	1.716	1.268
2	Sungai / Kali Ancar	0.323	0.320	0.489	0.377
3	Sungai / Kali Jangkok	0.307	0.300	0.462	0.356

Berdasarkan data tersebut didapatkan bahwa kandungan fosfat PO_4^{3-} di lokasi 1, yaitu sungai dekat persawahan dan pemukiman, memiliki konsentrasi PO_4^{3-} yang sangat tinggi dibandingkan konsentrasi fosfat pada lokasi 2 dan 3.

Hal ini dikarenakan wilayah/lokasi pengambilan sampel 1 berada di sungai yang dekat dengan persawahan dan pemukiman penduduk, sehingga input masukan senyawa phospor ke sungai sangat besar. Dari persawahan, senyawa phosphor yang masuk ke sungai berasal dari penggunaan pupuk, dan dari pemukiman, senyawa phosphor yang masuk ke sungai berasal dari diversiasi deterjen dan buangan bahan-bahan organik kegiatan rumah tangga.

Berbeda dengan kedua sampel lainnya, yang diambil pada sungai Ancar dan sungai Jangkok yang posisinya relatif jauh dari

pemukiman dan persawahan, sehingga input phosphor yang masuk kedalam ke dua sungai ini relatif kecil.

Penyebab lainnya rendahnya kandungan fosfat pada sampel 2 dan 3 dapat juga dikarenakan sifat dari phosfor yang lebih mudah berikatan dengan logam-logam atau kation dalam tanah dari pada larut dalam air, sehingga lebih mudah mengendap. Dengan demikian, walaupun daerah aliran sungai Ancar dan sungai Jangkok, meliputi wilayah persawahan dan pemukiman, karena sifat phosphor yang mudah mengendap tersebut, maka semakin ke wilayah hilir, kandungan fosfat dalam air sungai akan mengalami penurunan.

Merujuk pada batas ambang parameter fosfat untuk air buangan, konsentrasi fosfat pada sungai Ancar dan sungai Jangkok, masih berada di bawah ambang batas (< 1 mg/L), yaitu 0,377 ppm atau 0,377 mg/L (rerata konsentrasi fosfat dari 3 metode pengukuran) untuk Sungai Ancar dan 0,356 ppm atau 0,356 mg/L (rerata konsentrasi fosfat dari 3 metode pengukuran) untuk Sungai Jangkok. Namun, apabila konsentrasi fosfat ini tidak mengalami pengenceran di wilayah laut, maka akan terjadi pencemaran di wilayah laut, karena baku mutu fosfat yang bisa ditoleransi oleh biota laut hanya 0,015 mg/L.

Konsentrasi fosfat yang tinggi di lokasi pengambilan sampel 1, yaitu sebesar 1,268 ppm (rerata konsentrasi dari 3 metode

pengukuran), memicu terjadinya eutrofikasi di wilayah sungai tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut, yaitu : 1. Tinggi rendahnya konsentrasi fosfat di wilayah sungai dapat disebabkan oleh beberapa hal : besar kecilnya input phosphor yang masuk ke sungai, keadaan topografi badan sungai, jauh dekatnya badan sungai dari daerah persawahan dan pemukiman; 2. Kandungan fosfat yang tinggi dalam perairan dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi, sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut (DO).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winata, I Nyoman Adi; Siswoyo; Tri Mulyono; 2000, Perbandingan Kandungan P dan N total Air Sungai di Lingkungan Perkebunan dan Persawahan, Jurnal ILMU DASAR, Vol. 1 No.I, 2000: 24-28 24 (download dari <http://www.mipa.unej.ac.id> tanggal : 12 April 2019)
- [2] Hanief, Muhammad Febri, 2009, Analisis Fosfat, (download dari <http://andalucygroup.blogspot.com> tanggal 12 April 2019)
- [3] Koran Tempo WAP, Rubrik Metropolitan, Edisi 2004 - 12 - 22 (download dari <http://korantempo.com> tanggal 14 April 2019)
- [4] Anonim, 1977, Permen.Kes.RI No.173/Men.Kes./Per/VIII/1997.
- [5] Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1984. A practical Hand Book of Sea Water Analysis. Fisheries Research Board of Canada. 167: 1-311.
- [6] Lozano-Calero dan Martin Palomeque, 1996, J.Chem Ed., Vol.73 No.12, 1173 - 1174