

Konsentrasi Logam Tembaga (Cu), Krom Heksavalen (Cr⁺⁶) dan Padatan Tersuspensi (TSS) dalam air Sungai Plumbon, Kecamatan Tugu, Kota Semarang dalam Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton

Haeruddin¹⁾ dan Max Rudolf Muskananfolo²⁾

1,2) Staf pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Abstrak

Logam tembaga (Cu), krom heksavalen (Cr⁺⁶) dan padatan tersuspensi total (TSS) dalam konsentrasi tertentu diketahui dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton dalam perairan. Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa logam Cu, Cr⁺⁶ dan TSS terdeteksi di perairan Sungai Plumbon. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam Cu, Cr⁺⁶ dan TSS di dalam air sungai Plumbon dalam kaitannya dengan kelimpahan fitoplankton di dalam perairan tersebut.

Penelitian dilakukan pada 3 stasiun penarikan contoh yang mewakili bagian hulu, tengah dan hilir sungai. Pengumpulan contoh air dan fitoplankton dilakukan sebanyak 2 kali dengan selang waktu 2 minggu. Konsentrasi logam Cu dan Cr⁺⁶ ditentukan dengan metode spektrofotometri dengan AAS. Konsentrasi TSS ditentukan secara gravimetri. Identifikasi dan pencacahan jumlah individu fitoplankton dilakukan dibawah mikroskop. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan perbedaan konsentrasi logam, TSS dan kelimpahan fitoplankton antar stasiun dan antar waktu sampling dengan analisis ragam nonparametrik menurut Kruskal-Wallis. Hubungan antara konsentrasi logam dan TSS dengan kelimpahan fitoplankton dianalisis dengan model regresi berganda. Untuk menghindari masalah kolinieritas dalam model regresi, dilakukan analisis kolinieritas regresi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentasi Cu berkisar 0.218 – 0.320 mg/l, Cr⁺⁶ berkisar 0.018 – 0.043 mg/l, TSS berkisar 235.670 - 370.350 mg/l dan kelimpahan fitoplankton berkisar 509.554 - 1953.291 ind/ml. Hasil analisis regresi berganda dan pemeriksaan kemungkinan timbulnya masalah kolinieritas dalam regresi, menunjukkan bahwa hanya TSS yang berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton, oleh karena fitoplankton mendominasi komponen TSS. Persamaan regresi Y (kelimpahan fitoplankton) = - 1673 + 8,69 X (konsentrasi TSS) (R² = 0.693).

Kata Kunci: Tembaga, Krom Heksavalen, TSS, Sungai Plumbon, Kelimpahan Fitoplankton

LATAR BELAKANG

Logam tembaga (Cu), krom heksavalen (Cr⁺⁶) dan padatan tersuspensi total (TSS) dalam konsentrasi tertentu diketahui dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton dalam perairan. Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa logam Cu, Cr⁺⁶ dan TSS terdeteksi di perairan Sungai Plumbon (Haeruddin, 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Haeruddin (2006) menunjukkan bahwa logam tembaga menghambat pertumbuhan fitoplankton *Chlorella vulgaris*. Logam tembaga (Cu), disamping Cd, sangat beracun terhadap algae (Hart and Scaife, 1977; Lue-Kim *et al.*, 1980 dalam Effendie, 1993). Steeman-Nielsen *et al.* (1969, 1970) dalam Effendie (1993) menyatakan bahwa efek merugikan Cu terhadap alga tidak terjadi dengan cara penetrasi ion Cu ke dalam cytoplasma algae *Chlorella pyrenoidosa*, akan tetapi dengan cara

berikatan dengan membran cytoplasma yang akan berpengaruh terhadap pembelahan sel, sehingga sel-sel menjadi jenuh dengan produk-produk asimilasi yang berpengaruh buruk terhadap laju fotosintesa.

Umumnya logam dapat merusak secara serius fungsi sel, seperti pembelahan sel dan regulasi volume algae (Ting *et al.*, 1991). Mance *et al.* (1984) telah meninjau data toksisitas tembaga terhadap organisme laut. Mereka mengusulkan nilai EQS (Environmental Quality Standard) untuk melindungi organisme laut sebesar $5 \mu\text{g l}^{-1}$ Cu (dinyatakan sebagai konsentrasi rata-rata tahunan), namun konsentrasi yang lebih tinggi lebih dapat diterima bilamana paras karbon organik terlarut tinggi yang dapat mengurangi toksisitas potensial. Nilai EQS disusun dengan menggunakan faktor arbitrer 10 terhadap konsentrasi yang menimbulkan efek terhadap siklus hidup udang mysid shrimp *Mysidopsis bahia* sebesar $54 \mu\text{g l}^{-1}$ Cu. Krom Heksavalen mampu menghambat pertumbuhan populasi alga 50% ($\text{IC}_{50\%}$) *Pseudokirchneriella subcapitata* pada konsentrasi $20 \mu\text{mol/L}$ (Rodgher *et al.*, 2012) dan pada alga *Chlorella pyrenoidosa* sebesar 2 mg/dm^3 , dengan konsentrasi letal median (LC_{50}) sebesar 20 mg/dm^3 (Horcsik *et al.*, 2006). Mance and Yates mengusulkan nilai EQS (*Environmental Quality Standard*) untuk melindungi biota laut sebesar $15 \mu\text{g l}^{-1}$. Nilai EQS ditetapkan dengan menggunakan faktor arbitrer sebesar 2 kali konsentrasi efek kronik terendah $30 \mu\text{g l}^{-1}$ sebagaimana dilaporkan terjadi pada cacing polychaete *Neanthes arenaceodentata*. Meskipun demikian berdasarkan tinjauan pustaka toksisitas terbaru oleh Hunt and Hedgecote (1992), mengusulkan nilai EQS yang lebih tegas sebesar $5 \mu\text{g l}^{-1}$.

Konsentrasi TSS yang tinggi dalam perairan, dapat mereduksi penetrasi sinar matahari yang diperlukan oleh alga untuk berfotosintesis, sehingga menghambat pertumbuhan alga. Robertson *et al.*, (2006) menyatakan bahwa salah satu efek dari TSS yang tinggi dalam perairan adalah menurunkan produktivitas primer perairan. Keberadaan fitoplankton di sungai dapat dijadikan indikator untuk menilai produktivitas sungai, untuk menunjang kehidupan biota air yang terdapat di dalamnya. Adanya hambatan terhadap pertumbuhan fitoplankton, dapat menyebabkan terancamnya kehidupan biota air sungai lainnya yang terkait dengan keberadaan fitoplankton. Sungai Plumbon berfungsi vital bagi masyarakat di sekitarnya sebagai jalur transportasi perahu motor dan kapal nelayan, saluran drainase dan saluran pembuangan limbah rumah tangga dan kegiatan pertambakan.

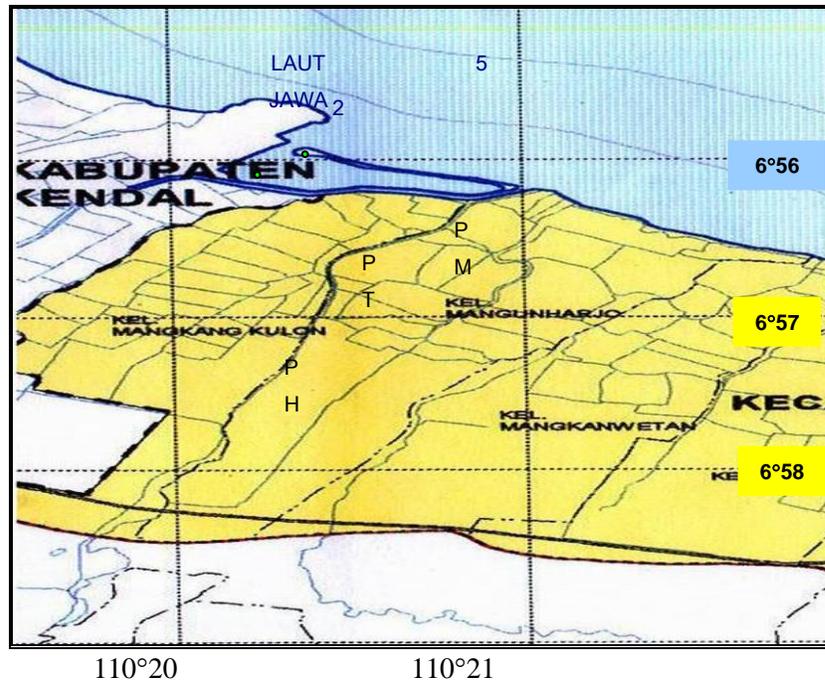
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi spasial dan temporal logam Cu, Cr⁺⁶ dan kekeruhan di sungai Plumbon dalam kaitannya dengan kelimpahan fitoplankton di dalam perairan tersebut.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan untuk penelitian ini meliputi bahan dan alat penelitian. Bahan penelitian adalah contoh air sungai Plumbon yang dikumpulkan dengan menggunakan botol kolektor. Contoh air dikumpulkan dari 3 stasiun pengambilan sampel (Gambar 1), yang mewakili bagian hulu (PH), tengah (PT) dan muara sungai (PM) (Gambar 1). Pengumpulan contoh air dilakukan secara komposit dengan menyatukan sampel dari 3 titik pada setiap stasiun menjadi 1 sampel. Titik-titik tersebut mewakili bagian tepi kiri, kanan dan tengah sungai pada stasiun sampling. Pengumpulan contoh fitoplankton dilakukan pada lokasi dan titik yang sama yang mewakili stasiun dan titik pengambilan sampel, dengan cara menyaring 100 liter air sungai dengan saringan plankton. Sample air dan fitoplankton yang telah dikumpulkan dalam botol sampel diawetkan menggunakan Asam Nitrat untuk sampel air dan larutan Lugol untuk sampel plankton. Contoh dianalisis di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi Cu, Cr⁺⁶ dan kekeruhan. Konsentrasi Cu dan Cr⁺⁶ ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (APHA, 1989), sementara konsentrasi TSS ditetapkan dengan metode gravimetri. Contoh plankton yang diperoleh diidentifikasi di laboratorium dengan metode pencocokan gambar menggunakan mikroskop yang dilengkapi Sedgwick Rafter untuk menghitung kelimpahan setiap jenis plankton yang teridentifikasi.

Selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan perbedaan konsentrasi logam dan TSS antar stasiun dan waktu sampling dengan menggunakan ANOVA non parametrik Kruskal Wallis. Efek dan pola hubungan tiga variable yang diamati (Cu, Cr⁺⁶ dan TSS) terhadap kelimpahan fitoplankton dianalisis dengan analisis regresi berganda menggunakan *software* Minitab versi 13.2. Pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya masalah kolinieritas dalam regresi dilakukan agar model regresi yang diperoleh memiliki akurasi yang tinggi. Masalah kolinieritas dalam regresi berganda dapat mengurangi akurasi regresi (Supranto, 2004) oleh karena: (1) perkiraan koefisien regresi parsial sangat rendah tingkat ketelitiannya, (2) pengujian hipotesis menjadi kurang kuat (*less powerfull*), (3) sulit untuk mengakses kepentingan relatif dari variabel bebas dalam menjelaskan variasi di dalam variabel tak bebas Y dan (4) besar dan tanda koefisien

regresi parsial mungkin berubah dari sampel ke sampel. Hasil pemeriksaan masalah kolinieritas dalam regresi, menyebabkan faktor yang tidak berpengaruh diabaikan, dikarenakan menimbulkan masalah kolinieritas regresi, berupa terjadinya nilai t-hitung yang tidak nyata ($p > 0.05$) dan/atau tanda koefisien persamaan regresi dengan koefisien korelasi berbagai variabel yang diamati berlawanan arah/tanda.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan contoh air dan plankton

HASIL DAN PEMBAHASAN

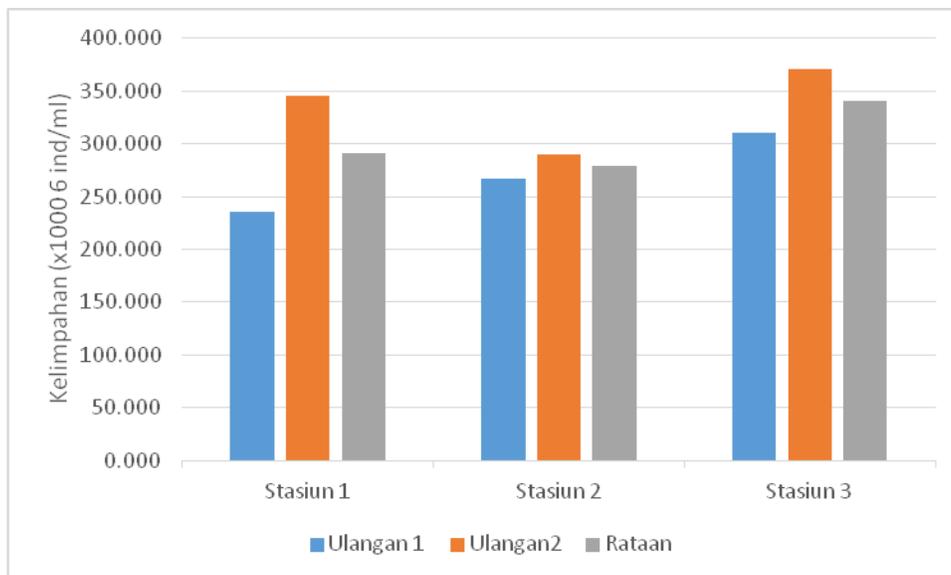
Berdasarkan pengumpulan contoh air dan contoh plankton diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Kelimpahan plankton dan konsentrasi Cu, Cr⁺⁶ dan TSS pada setiap stasiun dan ulangan penarikan contoh

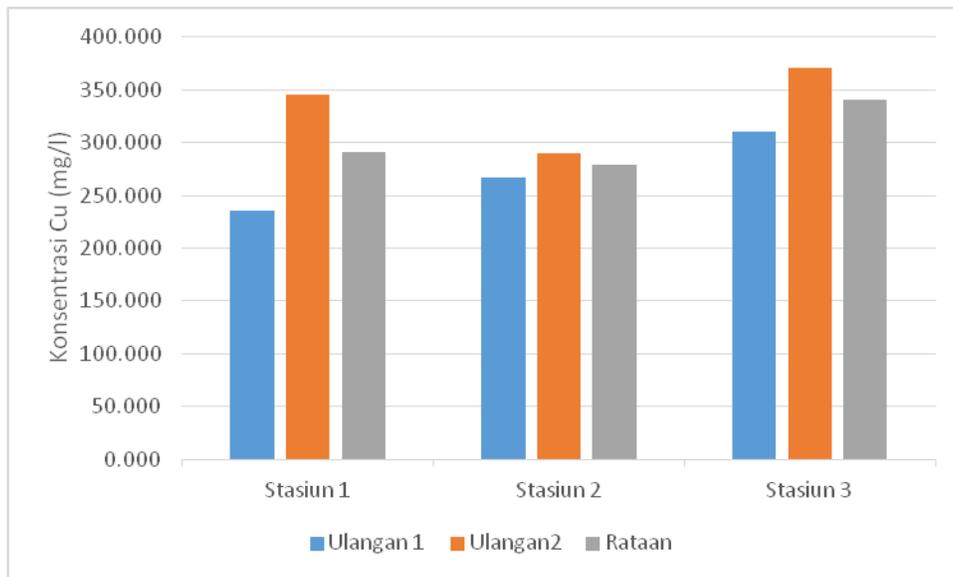
Stasiun	Ulangan	Kelimpahan (x10 ⁶ ind/l)	Cu (mg/l)	Cr ⁺⁶ (mg/l)	TSS (mg/l)
1	1	594.480	0.320	0.030	235.670
	2	976.645	0.256	0.043	345.670
	Rataan	785.563	0.288	0.037	290.670
	Simpangan Baku	270.232	0.045	0.009	77.782
2	1	509.554	0.218	0.018	267.500

	2	934.183	0.262	0.019	290.400
	Rataan	721.868	0.240	0.019	278.950
	Simpangan Baku	300.258	0.031	0.001	16.193
3	1	806.794	0.310	0.022	310.320
	2	1953.291	0.308	0.024	370.350
	Rataan	1380.042	0.309	0.023	340.335
	Simpangan Baku	810.696	0.001	0.001	42.448

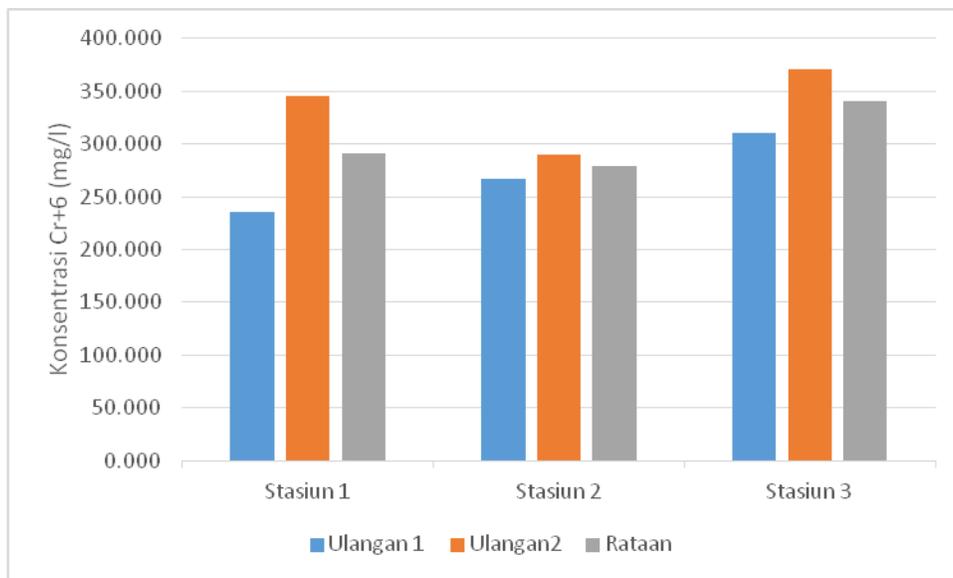
Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat di stasiun 3 pada sampling 2 dan terendah di stasiun 2 pada sampling 1. Konsentrasi logam Cu tertinggi terjadi di stasiun 1 pada sampling 1 dan terendah di stasiun 2 pada sampling 1. Konsentrasi Cr^{+6} tertinggi di stasiun 1 dan terendah di stasiun 2 pada sampling 1. Konsentrasi TSS tertinggi di stasiun 3 pada sampling 2 dan terendah di stasiun 1 pada sampling 1.



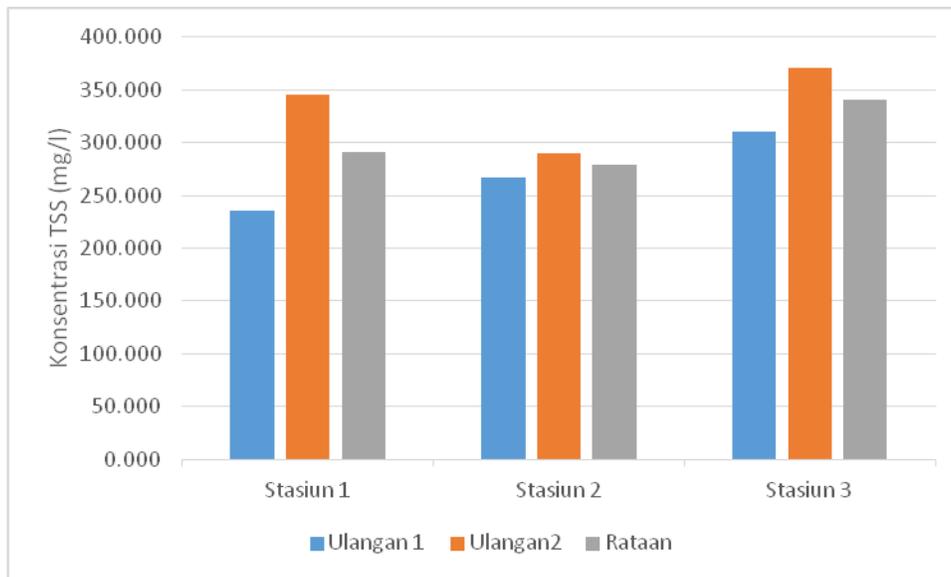
Gambar 2. Histogram kelimpahan fitoplankton pada 3 stasiun pengamatan



Gambar 3. Histogram konsentrasi Cu (mg/l) pada 3 stasiun pengamatan



Gambar 4. Histogram konsentrasi Cr⁺⁶ (mg/l) pada 3 stasiun pengamatan



Gambar 5. Histogram konsentrasi TSS (mg/l) pada 3 stasiun pengamatan

Rataan kelimpahan tertinggi terjadi di stasiun 3 dan rata-rata kelimpahan terendah di stasiun 2. Rataan konsentrasi Cu tertinggi terdapat di stasiun 1 dan terendah di stasiun 2. Rataan konsentrasi Cr+6 tertinggi di stasiun 1 dan terendah di stasiun 2. Rataan konsentrasi TSS tertinggi terdapat di stasiun 3 dan terendah di stasiun 2. Data ini menunjukkan bahwa sangat mungkin kedua jenis logam yang diamati berasal dari aktivitas manusia di hulu sungai atau terbawa oleh aliran sungai setelah logam-logam tersebut mengalami proses pencucian dari batuan yang ada di sekitar hulu sungai. Chapra (1997) menyatakan bahwa sebagian besar logam berat dapat terjadi secara alami, tetapi ada juga sumber lainnya seperti aktivitas manusia yang akan mempengaruhi jumlah kandungan logam berat dalam suatu perairan. Selanjutnya dikatakan bahwa sebagian besar logam bersifat konservatif, yang berarti nilai kandungan logam berat tidak dipengaruhi oleh proses biodegradasi, fotolisis dan peluruhan radioaktif.

Tembaga digunakan sebagai kabel listrik dan *electroplating*, produksi logam campuran, pipa tembaga, fotografi, cat anti jasad penempel dan formulasi pestisida. Sumber industri terutama dari tambang, peleburan logam, industri pemurnian dan pembakaran batubara. Berbagai sumber dari aktivitas manusia tersebut menyebabkan masukan logam tembaga ke lingkungan perairan cukup nyata (masing-masing dari limbah dan buangan industri atau deposisi udara). Disamping itu tembaga masuk ke lingkungan perairan melalui sumber-sumber alami, misalnya pelapukan batuan atau larutnya mineral tembaga (CCREM, 1987). WHO (1988) menyatakan

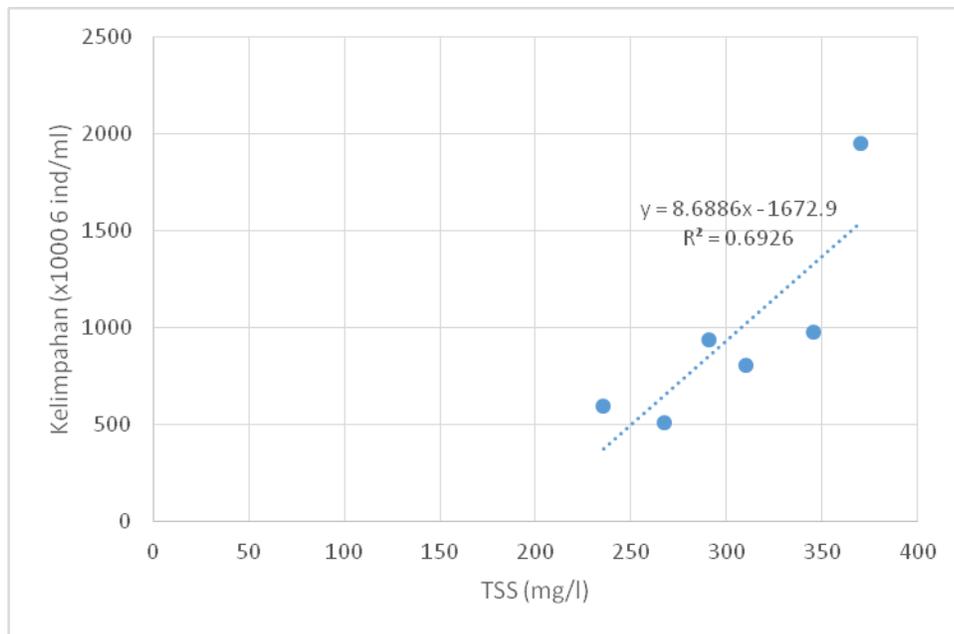
bahwa hampir seluruh kromium heksavalen dalam lingkungan berasal dari aktivitas manusia. Senyawaan kromium digunakan dalam pembuatan *ferrochrome*, penyepuhan logam (electroplating), pembentukan pigmen, dan penyamak. Berbagai industri tersebut, pembakaran bahan bakar fosil dan pembakaran limbah merupakan sumber kromium dalam air dan udara.

Konsentrasi TSS yang tinggi di stasiun 3 diduga disebabkan oleh penggunaan perairan di sekitar stasiun ini sebagai alur pelayaran kapal ikan nelayan yang lebih intensif dan hilir mudik untuk keluar dan masuk dari sungai Plumbon. Di sekitar stasiun 3 terdapat jumlah kapal yang berlabuh dalam jumlah yang lebih banyak dibanding stasiun 2, dengan ukuran kapal yang relative lebih besar pula. Sungai yang dangkal menyebabkan terjadinya pengangkatan partikel lumpur dari dasar sungai (resuspensi sedimen) pada saat ada kapal yang melintas, sehingga meningkatkan kekeruhan air sungai. Disamping itu gelombang/riak air sungai yang ditimbulkan oleh kapal yang melintas menyebabkan erosi dinding sungai, yang dapat pula meningkatkan konsentrasi TSS dalam air sungai. Dikarenakan sampling dilakukan siang hari, kapal yang melintas lebih banyak, resuspensi sedimen dan erosi dinding sungai lebih sering terjadi.

Kelimpahan plankton yang tinggi di stasiun 3 disebabkan oleh karena stasiun ini memiliki kondisi lingkungan yang lebih baik dibanding stasiun 1 dan 2, yaitu: konsentrasi oksigen tertinggi (> 5 mg/l), temperature dan pH optimum yang mendukung untuk pertumbuhan plankton (temperature: 28,3 - 30°C dan pH: 7-8). Pengaruh logam dan TSS terhadap kelimpahan fitoplankton boleh dikatakan tidak ada, oleh karena hasil analisis ragam *non parametrik* dengan metode Kruskal-Wallis menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cu dan Cr serta TSS tidak berbeda nyata antar stasiun dan antar waktu sampling, meskipun secara numeris berbeda. Analisis ragam serupa dilakukan terhadap kelimpahan plankton dengan hasil menunjukkan ada perbedaan antar waktu sampling dan tidak berbeda antar stasiun sampling.

Konsentrasi tembaga dan kromium yang terukur pada 3 stasiun yang diamati dalam 2 kali sampling telah berada di atas nilai EQS logam Cu, Cr⁺⁶, dan TSS, sehingga patut diduga bahwa ketiga variable amatan berdampak negatif terhadap fitoplankton. Hasil analisis regresi berganda, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan masalah kolinieritas dalam regresi ditemukan kasus peubah yang memiliki nilai $p > 0.05$, yaitu untuk peubah Cu ($p = 0.494$) dan Cr ($p = 0.924$ dan tanda regresi berlawanan arah antara regresi berganda dan regresi tunggal), sehingga yang dapat dianggap berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton hanyalah TSS menurut persamaan Y (kelimpahan fitoplankton) = - 1673 + 8,69 X (konsentrasi TSS) ($R^2 = 0.693$) dan nilai $p = 0.04$.

Kontradiksi antara nilai TSS yang melampaui nilai EQS, sehingga diduga berpengaruh negatif (dengan kata lain tanda korelasi antara kelimpahan dengan konsentrasi TSS harus negative), dengan persamaan regresi yang justru menunjukkan hubungan positif dapat dijelaskan sebagai berikut: bahwa konsentrasi TSS yang tinggi tidak saja disebabkan oleh partikel lumpur, tetapi juga dikarenakan oleh fitoplankton yang padat. Metcalf dan Eddy (1979) menyatakan bahwa yang dimaksud dengan *filterable solid/suspended solid* adalah padatan dengan diameter ≥ 1 mikron, terdiri dari material organik dan anorganik. Material organik diantaranya adalah fitoplankton.



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi TSS (mg/l) dengan kelimpahan fitoplankton ($\times 10^6$ ind/ml)

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Cu berkisar 0.218 – 0.320 mg/l, Cr^{+6} berkisar 0.018 – 0.043 mg/l, TSS berkisar 235.670 - 370.350 mg/l dan kelimpahan fitoplankton berkisar 509.554 - 1953.291 $\times 10^6$ ind/ml. Konsentrasi logam Cu dan Cr^{+6} , serta TSS tidak berbeda nyata antar stasiun dan waktu sampling. Kelimpahan fitoplankton berbeda nyata antar waktu sampling namun tidak berbeda nyata antar stasiun. Konsentrasi logam dan TSS yang terdeteksi telah melampaui baku mutu lingkungan dan konsentrasi letal median (LC_{50}). Konsentrasi logam tertinggi di stasiun hulu (PH) yang menunjukkan bahwa sumber logam tersebut

berasal dari hulu sungai. Konsentrasi TSS dan kelimpahan fitoplankton tertinggi di bagian muara (PM) oleh karena kondisi lingkungan perairan yang mendukung timbulnya TSS yang tinggi dan fitoplankton melimpah.

Hasil analisis regresi berganda dan pemeriksaan kemungkinan timbulnya masalah kolinieritas dalam regresi, menunjukkan bahwa hanya TSS yang berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton, oleh karena fitoplankton mendominasi komponen TSS. Persamaan regresi Y (kelimpahan fitoplankton) = $-1673 + 8,69 X$ (konsentrasi TSS) ($R^2 = 0.693$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dipublikasikannya makalah ini, terutama kepada ketua dan anggota panitia seminar yang memberi kesempatan kepada penulis menyampaikan makalah ini secara lisan dan tertulis, untuk kemudian diterbitkan dalam prosiding seminar.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapra SC. 1997. Surface water quality modeling. The Mc Graw Hill Companies. New York.
- [CCME] Canadian Council of Ministers of the Environment. 1992. Canadian water quality guidelines, prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Ministers of the Environment, Eco-Health Branch, Ottawa, Ontario, Canada.
- Effendie H. 1993. The effect of heavy metals on planktonic algae in laboratory culture. Thesis (unpublished). Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield.
- Horsik Z, V Olah, A Balogh, I Meszaros, L Simon and G Lakatos. 2006. Effect of Chromium (VI) on growth, element and photosynthetic pigment composition of *Chlorella pyrenoidosa*. *Acta biologica Szegediensis* Volume 50 (1-2): 19-23.
- Mance G, Brown VM, Gardiner J and Yates J. 1984. Proposed Environmental Quality Standards for list II substances in water - Chromium, Technical Report TR 207, WRc, Medmenham
- Mance G and Yates J. 1984. Proposed Environmental Quality Standards for list II substances in water - Cuprum, Technical Report TR 209, WRc, Medmenham
- Metcalf and Eddy. 1979. Waste water engineering (Treatment, disposal and reuse), 3rd edition. Mc Graw Hill Inc.

- Robertson, MJ, DA Scruton, RS Gregory, and KD Clark. 2006. Effect of suspended sediment on freshwater fish and fish habitat. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2644: v + 37 pp
- Rodgher S, ELG Espindola, FCF Simoes and AE Tonietto. 2012. Cadmium and Chromium Toxicity to *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Mycrosystis aeruginosa*. *Brazilian Archives of Biology and Technology Vol. 55 no. 1 pp 161-169*.
- Supranto J. 2004. Analisis multivariat : arti dan interpretasi. Cetakan I. Penerbit PT. Rineka Cipta.
- Ting YP, Lawson F, Prince IG. 1990. The uptake of heavy metals ions by algae. *Aust. J. Biotech.*, 4(3) : 197 – 200.
- [WHO] World Health Organization. 1988. Environmental Health Criteria No 61, Chromium. IPCS, World Health Organisation, Geneva