

INHIBISI SENG TERHADAP PERTUMBUHAN ALGAE HIJAU (*Chlorella Sp.*)

ZINC INHIBITION ON THE GROWTH OF GREEN ALGAE (*Chlorella Sp.*)

Ellina S. Pandebesie¹⁾ dan Joni Hermana¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya

Abstrak

Uji toksisitas seng terhadap algae hijau (*Chlorella sp.*), dilakukan untuk memperoleh batas toleransi konsentrasi seng terhadap pertumbuhan algae hijau. Pengujian dilakukan dengan membubuhkan seng ($ZnSO_4$) dengan konsentrasi 0,2; 1; 5; 25 dan 50 mg/l dan pengamatan secara kontinu selama 96 jam pada pH 5 dan pH 7. Uji statistik untuk mengetahui pengaruh konsentrasi, pH dan waktu kontak terhadap pertumbuhan algae. Hasil pengamatan uji toksisitas menunjukkan batas toleransi algae hijau terhadap seng adalah sebesar 0,29 mg/l pada pH 7 dan batas toleransi terhadap seng sebesar 0,0052 mg/l pada pH 5. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa konsentrasi, pH dan waktu kontak secara bersama-sama mereduksi pertumbuhan algae hijau dan konsentrasi mempunyai pengaruh yang terbesar.

Kata kunci : algae hijau (*Chlorella sp.*), reduksi, seng, toksisitas

Abstract

Toxicity test was conducted to obtain the tolerance limit of cadmium concentration for the growth of green algae. The test were done for zinc ($ZnSO_4$) concentrations of 0,2; 1; 5; 25 and 50 mg/l. Observations were done continuously for a period of 96 hours at pH of 5 and 7. Statistic test for concentrations, pH and detention time effects were determined. The results of observations show that the limit of tolerance for green algae (*Chlorella sp.*) for zinc was 0,29 mg/l at pH of 7 and 0,0052 mg/l at pH of 5. Statistics test showed that the interaction of concentration, pH and detention time decreased green algae's growth, while the concentration had a greater effect.

Keywords : green algae (*Chlorella sp.*), decrease, zinc, toxicity

1. PENDAHULUAN

Aktivitas yang menyebabkan masuknya seng ke dalam lingkungan antara lain adalah melalui buangan electroplating (Zhao dkk, 1999), proses elektrolisis seng (Mameri dkk, 1999) dan pertambangan.

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan, dapat menyebabkan penurunan kualitas badan air. Karena itu, sebelum dibuang ke badan air, harus diketahui pada batas berapa toleransi biota air terhadap parameter pencemar tersebut. Hal ini sangat penting untuk pengelolaan kualitas badan air.

Ditinjau dari segi biologis, logam berat dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial diperlukan dalam jumlah kecil, tetapi logam tersebut menjadi bersifat toksik pada konsentrasi tinggi. Seng (Zn) merupakan logam berat esensial yang sangat penting, karena merupakan bagian yang terintegrasi

dengan sejumlah *metalloenzymes* dan merupakan kofaktor untuk aktivitas spesifik enzim (Martinez, dkk, 1999).

Logam-logam berat ini berpengaruh langsung terhadap fungsi fisiologis, biokimiawi dan juga dapat mengganggu fungsi fotosintesa.

Dari latar belakang masalah penelitian, dapat dibuat perumusan masalah yaitu algae hijau (*Chlorella sp.*) mempunyai kemampuan menyerap logam sampai batas toleransi tertentu, karena itu perlu diketahui berapa batas konsentrasi toleransi tersebut. Selain itu pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi toksisitas logam

Pada penelitian ini akan dilakukan rekayasa terhadap biota uji dengan tujuan untuk menentukan nilai *No Observed Effect Concentration* (NOEC) logam seng terhadap algae serta menentukan pengaruh interaksi pH, waktu kontak dan konsentrasi logam seng terhadap algae.

Algae hijau merupakan salah satu organisme yang berfungsi sebagai produsen primer dalam kehidupan air. Algae mempunyai kemampuan untuk melakukan fotosintesa dengan bantuan sinar matahari membentuk materi organik di dalam selnya. *Chlorophycophyta* atau algae hijau merupakan salah satu jenis algae terbesar, jika dipertimbangkan dari spesies dan frekuensi keberadaannya di perairan.

Algae dapat tumbuh di air tawar ataupun air laut dan beberapa jenis tumbuh di air payau. Jenis algae ada yang *unicellular*, filamen, membran dan berbentuk bulat. Algae hijau yang berbentuk *unicellular* dan koloni diklasifikasikan ke dalam orde *Chlorella*. Seluruhnya tidak mempunyai kapasitas pembentukan formasi *zoospore* dan hanya sedikit yang mempunyai *flagella*.

Sel dibagi menjadi dua kategori yang tergantung dari ada atau tidaknya inti sel, yaitu eukariot yang mempunyai inti sel dan prokariot yang tidak mempunyai inti sel. Sel prokariot didominasi oleh organisme bersel satu seperti bakteri dan sel eukariot terbentuk pada tumbuhan atau hewan bersel banyak.

Pada penelitian ini algae hijau (*Chlorella sp.*) digunakan sebagai biota uji. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan limbah buatan seng ($ZnSO_4$) dengan berbagai konsentrasi. Uji toksisitas dilakukan untuk memperoleh batas toleransi biomassa terhadap logam pada pH 5 dan pH 7.

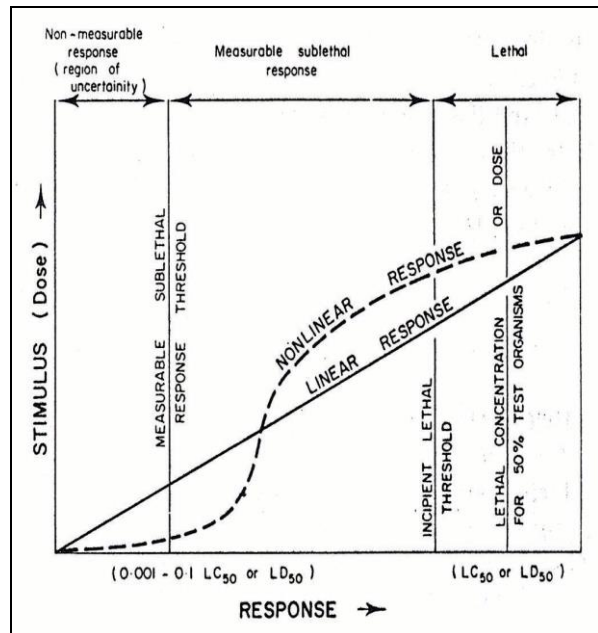
Mekanisme toksisitas ion logam dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu menghambat fungsi biologis esensial dari biomolekuler, misalnya protein dan enzim; salah satu tempat ion logam esensial dalam biomolekuler; memodifikasi konfirmasi aktif biomolekuler

Deret kekuatan toksisitas logam pada algae (*Chlorella vulgaris*) adalah $Hg > Cu > Cd > Fe > Cr > Zn > Ni > Co > Mn$

Pencemaran dapat mempengaruhi spesies secara individu, populasi, komunitas dan ekosistem. Analisis atau prediksi pengaruhnya terhadap sistem sangat tergantung dari data pengaruh pencemar terhadap organisme secara individu. Pengaruh toksikan terhadap organisme biasanya dikategorikan menjadi toksisitas mematikan (*direct lethal toxicity*) dan gangguan terhadap fungsi fisiologi atau ak-

tifitas (*sublethal toxicity*) (Sunda dan Huntsman, 1996)

Untuk mengidentifikasi pengaruh-pengaruh toksikan, tidak hanya dipertimbangkan pengaruh langsung toksikan terhadap organisme, tetapi juga pengaruh terhadap interaksi antar pencemar dan lingkungan organisme tersebut. Pengukuran kematian sering digunakan untuk menentukan tingkat aman pemaparan toksikan. Hubungan dosis – respon secara umum digambarkan pada Gambar 1. Hubungan dosis – respon dapat digambarkan secara linier maupun non-linier.



Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Pencemar Terhadap Respon Organisma

Pada kebanyakan polutan, dalam lingkup percobaan, *No Observed Effect Concentration* (NOEC), sama dengan respon yang tak terukur, dapat dinyatakan sebagai dosis terendah yang tidak memberikan pengaruh.

Kadmium di dalam air secara alami akan membentuk kompleks dengan bahan organik, ligan dan *chelators*. Pembentukan kompleks cenderung menurunkan sifat toksik kadmium.

Karena logam lebih larut pada pH rendah, maka logam bersifat lebih toksik pada pH rendah terhadap *phytoplankton* dari pada pH tinggi.

Pada *phytoplankton*, diketahui bahwa logam pada kesadahan rendah bersifat lebih toksik terhadap beberapa spesies algae dari pada kesadahan tinggi.

Phytoplankton lebih sensitive terhadap toksikan pada kondisi pencahayaan daripada pada kondisi gelap. Pencahayaan meningkatkan aktifitas metabolisme algae yang sekaligus meningkatkan penyerapan logam oleh algae (Loac dkk, 1997).

Tes masing-masing logam pada konsentrasi 0,2 mg/l Cd; 50 mg/l As ; 50 mg/l Cr; 5 mg/l Cu; 25 mg/l Pb; 300 mg/l Fe; 0,2 mg/l Hg; 25 mg/l Ni; 10 mg/l Se dan 30 mg/l Zn terhadap beberapa spesies algae tidak memberikan efek toksik (*Water Quality Subcommittee of the International Joint Commission*). Tetapi jika terdapat secara bersamaan, sangat menghambat pertumbuhan dan produktifitas algae (Wong dkk, 1995).

Seng merupakan logam esensial yang diperlukan dalam metabolisme organisme. Begitupun, pada konsentrasi tinggi atau dalam bentuk seng *organo-metallic*, logam ini bersifat toksik (Manahan, 1992). Seng ditemukan dalam pertambangan logam dalam bentuk sulfida. Sifat dan kegunaan logam ini antara lain seng dan beberapa bentuk senyawanya digunakan dalam produksi logam campuran misalnya, misalnya perunggu, loyang dan kuningan, untuk pelapisan baja dan besi sebagai produk anti karat dan dapat juga digunakan sebagai cat warna untuk cat, lampu, gelas dan bahan keramik.

Epilitic, filamentous cyanobacterium, Phormidium bahneri yang dikulturkan dalam efluen pengolahan sekunder air limbah dapat menurunkan nutrisi sama dengan kemampuan mikroalga tersuspensi (Talbot dan de la Noue, 1993 dalam Hoffmann, 1998). Keuntungan penggunaan algae tak tersuspensi adalah kecenderungannya untuk beraglomerasi dan mengendap, sehingga memudahkan pengambilannya dari larutan. Kontaminasi dari mikroalga yang pertumbuhannya sangat cepat dalam sistem ini, menyulitkan kontrol spesies pada skala besar. Untuk menjaga agar spesies dominan tetap sama, maka harus dilakukan resuspensi algae tak tersuspensi ke dalam kolam (Admiraal dkk, 1999).

Penurunan kandungan seng dengan menggunakan sistem algae taktersuspensi hampir 100% (Da Costa dan Leite, 1991 dalam Hoffmann, 1998). Pengolahan tersier yang menggunakan kolam dangkal sepanjang 3 km dan lebar 50 cm dapat menurunkan pospat dan nitrogen sebesar > 90%, termasuk penguapan dan presipitasi (Hemens dan Mason, 1968 dalam Hoffmann, 1998). Adey (dalam Hoffmann, 1998) menggunakan *attached al-*

gae, yang dikenal sebagai *algal turf scrubber* (ATSTM), untuk pengolahan limbah pertanian dan domestik. ATSTM dikembangkan untuk mempertahankan kualitas air di dalam reaktor. Sistem ini menunjukkan produksi periphyton sebesar 25 – 35 g berat kering/m²/hari., di mana produksi ini sama dengan tipikal pertumbuhan alga pada HRAP (Hoffmann, 1998).

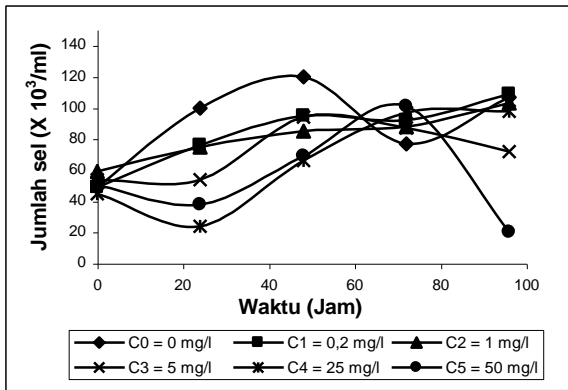
2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan algae hijau (*Chlorella sp.*) sebagai biota uji. Biota uji didapat dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI Jakarta. Biota uji dikulturkan di laboratorium dalam media Bold's Basal Medium. Setelah dikulturkan selama 6 hari, biota dapat digunakan untuk pengujian. Seluruh bahan kimia yang digunakan pro analisis. Seluruh alat yang digunakan dan bahan pengencer disterilkan dengan menggunakan autoclave pada tekanan 1,21 atm. Untuk menentukan batas toleransi biota uji terhadap toksikan yang diujikan, maka dilakukan uji toksisitas secara batch. Uji toksisitas yang dilakukan terhadap seng pada konsentrasi uji 0,2; 1; 5; 25 dan 50 mg/l seng (ZnSO₄) pada pH 5,0 dan pH 7,0.

Percobaan dilakukan dalam labu Erlenmeyer berkapasitas 100 ml dan kapasitas media 50 ml di bawah pencahayaan neon 40 watt. Jarak lampu neon ke media adalah 76 cm. Pencahayaan dilakukan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Kultur dikocok sekali sehari untuk mencegah timbulnya endapan. Populasi algae diukur pada jam ke 0, 6, 24, 48, 72 dan 96. Pengambilan sampel dilakukan dengan pipet, sebanyak 0,5 ml dan diawetkan dengan lugol sebanyak 2 tetes. Perhitungan populasi algae menggunakan mikroskop perbesaran 400x dan *counting chamber*. Pengujian dilakukan triplikat dan satu kontrol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uji toksisitas seng terhadap Algae Hijau pada pH 5, menghasilkan jumlah pertumbuhan sel algae seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa pada pH 5, pertumbuhan algae sampai pada jam ke 48 pada seluruh konsentrasi lebih kecil daripada konsentrasi algae pada kontrol. Pada jam-jam selanjutnya pertumbuhan algae pada konsentrasi 0,2 mg/l dan 1 mg/l hampir sama dengan pertumbuhan algae yang terdapat pada kontrol.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Seng terhadap Pertumbuhan Algae Hijau pada pH 5

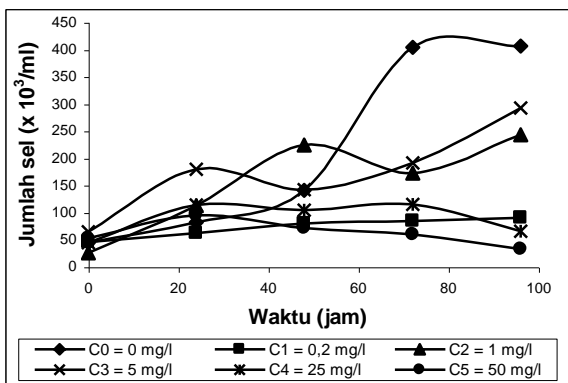
Laju pertumbuhan algae pada masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan Algae Pada Uji Toksisitas Seng pada pH 5

Periode Waktu	Laju Pertumbuhan (1/hari) pada					
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
U ₀ - u ₂₄	0.030	0.018	0.010	0.000	-0.026	-0.011
U ₂₄ - u ₄₈	0.008	0.009	0.005	0.023	0.042	0.025
U ₄₈ - u ₇₂	-0.018	-0.001	0.001	-0.003	0.016	0.016
U ₇₂ - u ₉₆	0.014	0.007	0.007	-0.008	0.000	-0.067
U ₀ - u ₉₆	0.033	0.033	0.023	0.012	0.009	-0.038

Dari Tabel 1 dapat dilihat laju pertumbuhan rata-rata selama 96 jam antara kontrol (C₀) dan C₁ adalah sama, yaitu sebesar 0,033 1/hari. Pada konsentrasi C₄ dan C₅ pada awal pengamatan terjadi hambatan pertumbuhan, kemudian naik setelah jam ke 24 dan mengalami penurunan setelah jam ke 48.

Uji toksisitas seng terhadap algae hijau pada pH 7, menghasilkan jumlah pertumbuhan sel algae seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Seng terhadap Pertumbuhan Algae Hijau pada pH 7

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pertumbuhan algae dari jam ke 0 sampai jam ke 96 pada konsentrasi C₂ dan C₃ cukup besar jika dibandingkan kontrol. Dari Tabel 2 pertumbuhan algae pada konsentrasi C₄ lebih besar dari kontrol, yaitu sebesar 0,039 1/hari dan C₅ hampir sama dengan kontrol, yaitu sebesar 0,024 1/hari pada 24 jam pertama, kemudian menurun jauh di bawah kontrol sampai jam ke 96.

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Algae pada Uji Toksisitas Seng pada pH 7

Periode Waktu	Laju Pertumbuhan (1/hari) pada:					
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
U ₀ - u ₂₄	0.025	0.012	0.067	0.043	0.039	0.024
U ₂₄ - u ₄₈	0.022	0.011	0.022	-0.010	-0.003	-0.011
U ₄₈ - u ₇₂	0.043	0.003	-0.010	0.013	0.004	0.008
U ₇₂ - u ₉₆	0.000	0.002	0.014	-0.030	-0.023	-0.025
U ₀ - u ₉₆	0.023	0.007	0.023	0.015	0.015	-0.005

Pada jam ke 24 sampai jam ke 48 seluruh konsentrasi mengalami pertumbuhan, kecuali kontrol yang justru mengalami penurunan. Laju pertumbuhan rata-rata dari jam ke 0 sampai jam ke 96 terbesar terjadi pada C₂ dan C₃. Dari Tabel 2 dapat dilihat laju pertumbuhan terbesar terjadi pada C₂, bahkan laju pertumbuhan rata-rata dari jam ke 0 sampai jam ke 96 menghasilkan nilai yang sama dengan kontrol yaitu sebesar 0,023. Laju pertumbuhan rata-rata pada konsentrasi C₀ sampai C₄ dari jam ke 0 sampai jam ke 96 cukup tinggi.

Penurunan hanya terjadi pada C₅, meskipun pada 24 jam pertama pertumbuhan yang terjadi tinggi. Dari hasil pengamatan di atas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi dan waktu mempengaruhi pertumbuhan algae. Hasil perhitungan inhibisi terhadap laju pertumbuhan algae pada pH 5 dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Inhibisi Seng terhadap Pertumbuhan Algae pada pH 5

Konsentrasi C (mg/l)	Log C	Inhibisi (%)
0.2	-0.69	23.95
1	0.00	45.15
5	0.69	49.10
25	1.39	55.66
50	1.69	72.16

Sedangkan untuk hasil perhitungan inhibisi terhadap laju pertumbuhan algae pada pH 7 dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4 yang terdapat dibawah ini.

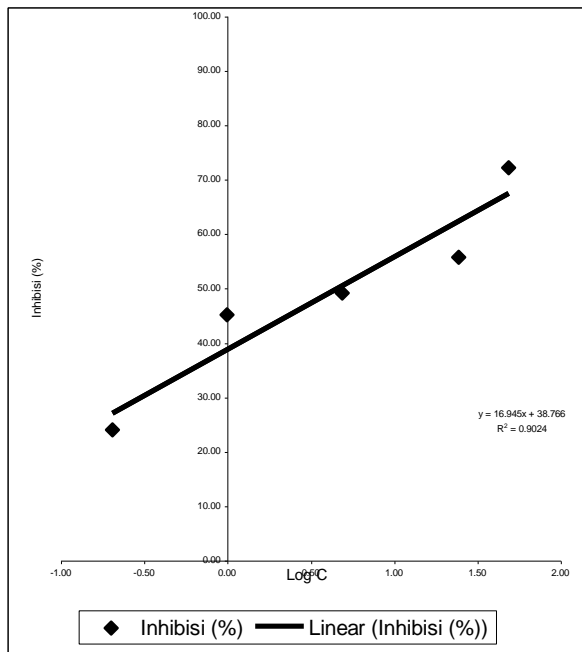
Tabel 4. Inhibisi Seng terhadap Pertumbuhan Algae pada pH 7

Konsentrasi C (mg/l)	Log C	Inhibisi (%)
0.2	-0.69	0.00
1	0.00	19.7
5	0.69	49.7
25	1.39	68.9
50	1.69	88.5

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada pH 5, pembubuhan seng sebesar 0,2 mg/l mengakibatkan inhibisi sebesar 23,95%, sedangkan pada pH 7 inhibisinya sebesar 0%.

Pada pembubuhan seng sebesar 5 mg/l, inhibisi pada pH 5 sama dengan inhibisi pada pH 7 yaitu sebesar 49%. Pada pembubuhan konsentrasi tinggi, yaitu 25 mg/l dan 50 mg/l, pada kedua pH menunjukkan inhibisi lebih besar dari 50%.

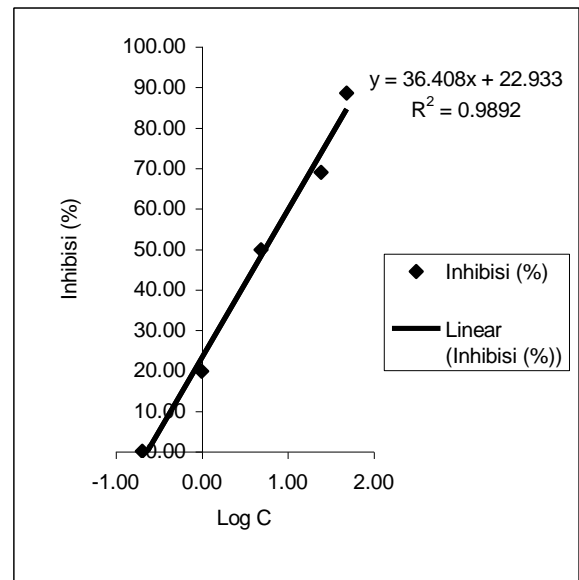
Dari hasil perhitungan inhibisi dibuat kurva regresi dengan jumlah sel pada sumbu y dan waktu pada sumbu x. Kurva regresi untuk pengukuran pada uji seng dengan pH 5 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Regresi Inhibisi Uji Seng pH 5

Dari persamaan regresi di atas, maka pada pH 5 diperoleh konsentrasi seng sebesar 0,0052 mg/l untuk inhibisi 0% (NOEC).

Sedangkan kurva regresi untuk inhibisi uji seng pada pH 7 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Regresi Inhibisi Uji Seng pada pH 7

Dari persamaan regresi di atas, maka pada pH 7 diperoleh konsentrasi seng sebesar 0,295 mg/l untuk inhibisi 0% (NOEC).

Pada uji toksisitas seng menunjukkan bahwa selain konsentrasi, pH dan waktu tinggal juga mempengaruhi laju pertumbuhan algae. Untuk mengetahui berapa besar pengaruh pH, konsentrasi, waktu paparan dan parameter mana yang paling berpengaruh pada pertumbuhan sel algae, dilakukan uji statistik. Hasil uji statistik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh pH, Konsentrasi (C) dan waktu tinggal (td) pada Uji Toksisitas Seng

Estimated Effects and Coefficients for Y		
Term	Effect	Coef
Constant		55.63
pH	16.25	8.13
C	-37.25	-18.63
td	-4.25	-2.13
pH*C	-37.25	-18.63
pH*td	-0.25	-0.13
C*td	8.25	4.13
pH*C*td	9.25	4.63

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS
Main Effects	3	3339.4	3339.4	1113.1
2-Way Interactions	3	2911.4	2911.4	970.5
3-Way Interactions	1	171.1	171.1	171.1
Residual Error	0	0.0	0.0	0.0
Total	7	6421.9		

Pada uji seng dapat disimpulkan pH memberi pengaruh sebesar 16,25. Ini berarti pada pH yang

lebih tinggi pertumbuhan meningkat sebesar 16,25. Konsentrasi memberi pengaruh sebesar -37,25 dan waktu memberi pengaruh sebesar -4,25. Ini berarti, semakin besar konsentrasi dan semakin lama waktu tinggal akan menghambat pertumbuhan algae. Dari ketiga variabel uji terlihat secara individu konsentrasi memberi pengaruh paling besar. Waktu tinggal tidak besar pengaruhnya, Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan algae untuk meregulasi Zn sampai tercapai kesetimbangan dalam metabolismenya. Pengaruh konsentrasi, pH dan waktu tinggal pada uji secara bersama-sama mereduksi pertumbuhan algae sebesar 9,25. Dari hasil pengamatan disimpulkan bahwa pH, konsentrasi dan waktu tinggal berpengaruh pada pertumbuhan sel algae, di mana pengaruh yang terbesar adalah konsentrasi toksikan.

4. KESIMPULAN

Pada uji toksisitas seng, batas toleransi No Observed Effect Concentration (NOEC) algae hijau (*Chlorella sp.*) pada pH 5 sebesar 0,0052 mg/l dan pada pH 7 sebesar 0,29 mg/l. Pengaruh konsentrasi, pH dan waktu tinggal pada uji secara bersama-sama mereduksi pertumbuhan algae sebesar 9,25. Sedangkan pada uji individu, maka pengaruh konsentrasi yang terbesar, yaitu mereduksi pertumbuhan sebesar 37,25.

DAFTAR PUSTAKA

Admiraal. W., Blanck. H., Jong. M.B., Guasch. H., Ivorra. N., Lehmann. V., Nystrom. B.A.H., Paulsson. M. dan Sabater. S. (1999). **Short-Term Toxicity Of Zinc To Microbentic Algae And Bacteria In Metal Polluted Stream.** *Water Resources.* Vol.36. Hal. 1989-1996.

Hoffmann. J.P (1998). **Wastewater Treatment With Suspended and Nonsuspended Al-**

gae. *Journal of Phycology.* Vol.33. Hal. 2-11

Loac. M., Olier. R. dan Guezennec. (1997). **Uptake of Lead, Cadmium and Zinc by A Novel Bacterial Exopolysaccharie.** *Water Resources.* Vol.31. Hal. 1171 – 1179.

Mameri. N., Boudries. N., Addour. L., Belhocine. D., Lounici. H., Grib. H. dan Paus. A. (1999). **Batch Zinc Biosorption By A Bacterial Nonliving *Streptomyces rimosus* Biomass.** *Water Resources.* Vol.33. Hal. 1347 – 1354.

Manahan. S.E. (1992). **Toxicological Chemistry.** 2nd edition. Lewis Publishers. Inc. Michigan

Martinez. M., Del Ramo. J., Torreblanca. A. dan Mayans. J.D. (1999). **Effect Of Cadmium Exposure On Zinc Levels In The Brine Shrimp *Artemia parthenogenetica.*** *Aquaculture.* Vol.172. Hal. 315 – 325.

Sunda. W.G dan Huntsman. S.A. (1996). **Antagonisms Between Cadmium And Zinc Toxicity And Manganese Limitation In A Costal Diatom.** *Limnology and Oceanography.* Vol.41. Hal. 373-387.

Wong. S.L., Wainwright. J.F. dan Pimenta J. (1995). **Quantification Of Total And Metal Toxicity In Wastewater Using Algal Bioassays.** *Aquatic Toxicology.* Vol.31. Hal. 57-75.

Zhao. M., Duncan. J. R. dan Van Hille. R.P. (1998). **Removal And Recovery Of Zinc From Solution And Electroplating Effluent Using *Azolla filiculoides.*** *Water Resources.* Vol.33. Hal. 1516-1522