

KARAKTERISTIK PARAMETER FISIKOKIMIA YANG BERPENGARUH TERHADAP PROFIL BEBERAPA LOGAM RUNUT DOMINAN DI DANAU MATANO SULAWESI SELATAN

oleh:
Awalina

ABSTRACT

Study on physico-chemical characteristic that correlated to the dominant trace metals profiles in Lake Matano, South Sulawesi was conducted on July 1994, December 1994, September 1995 and December 1995. Water was sampled in the deepest part of the lake on position S2°28'09.4", E121°18'02.9" vertically stratified. The objective of the study is to reveal the profile of trace heavy metals, physico-chemical parameters which correlated to the profiles and type of their relationship to each other. The results of the study show that there are four dominant trace metals based on their frequent detection in the lake water. Other result also show six physico-chemical parameters seem to significantly correspond to the trace metals profiles. Fe profile was significantly depend on ORP, pH, depth, conductivity, Mn, and Ni concentration. Mn profile was considerably correlated to Ni concentration, ORP, and depth. But Cr profile seems to be influenced only by depth, DO, and conductivity. On the other hand Ni profile is related to depth, Fe, and Mn concentration. Not only pH and conductivity profiles were depending on DO, depth, but pH also correlated to conductivity. DO profile is correspond on depth, Cr, ORP, and pH, but the ORP profile is correspond on pH, DO, and depth.

Keywords: Lake Matano,, heavy metals, physico-chemical.

ABSTRAK

Studi tentang karakter fisikokimia yang yang berpengaruh terhadap profil logam runut dominan di Danau Matano, Sulawesi Selatan telah dilakukan pada bulan Juli 1994, Desember 1994, September 1995 dan Desember 1995. Contoh air diambil pada posisi LS 2°28'09.4", BT 121°18'02.9" secara terstratifikasi vertikal bertujuan untuk mengetahui bentuk profil logam-logam runut yang dominan, parameter fisikokimia yang berpengaruh terhadap profil, dan hubungan faktor-faktor fisikokimia penentu tersebut terhadap profil logam runut dominan. Hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat empat jenis logam runut dominan yaitu Fe, Mn, Ni, dan Cr, karena selalu ditemukan pada semua waktu pengambilan contoh, serta enam parameter fisikokimia yang mempengaruhi profil yaitu Potensial Reduksi Oksidasi (ORP), Konduktifitas, Oksigen Terlarut (DO), Suhu, pH, dan kedalaman. Profil logam Fe sangat terkait dengan ORP, pH, kedalaman, konduktifitas, konsentrasi logam Mn, dan konsentrasi logam Ni. Profil logam Mn terkait dengan konsentrasi logam Ni, ORP, dan kedalaman. Profil logam Cr hanya terkait dengan kedalaman, DO, dan konduktifitas. Profil logam Ni sangat terkait dengan kedalaman, konsentrasi Fe, dan konsentrasi Mn. Profil pH terkait oleh DO, kedalaman, dan konduktifitas. Profil konduktifitas terkait oleh kedalaman dan DO. Profil DO dipengaruhi oleh kedalaman, konsentrasi logam Cr, ORP dan pH. Profil ORP sangat terkait dengan pH, DO, dan kedalaman.

Katakunci: Danau Matano, logam runut, fisikokimia, kedalaman,

PENDAHULUAN

Kriteria untuk konsep pengelolaan konservasi danau-danau Malili yaitu Danau Matano, Towuti dan Mahalona pernah diusulkan oleh Hartoto & Awalina (dalam penulisan), dan khususnya untuk danau Matano disarankan sebagai zona *inti konservasi* mengingat danau ini mengandung "warisan kekayaan dunia" (*world heritage*) yang mendukung nilai-nilai khusus yang layak dikonservasi. Danau Matano memiliki kedalaman 590m (terdalam di dunia untuk kawasan kepulauan tropik) dengan dasar danau yang berada di bawah permukaan laut ($z_c = -208\text{m}$), terletak pada ketinggian 382m di atas permukaan laut dengan luas area maksimum 16.408 h.a. (Fernando dalam Whitten *et. al.*, 1987). Secara geologis kompleks danau-danau Malili terbentuk akibat suatu gerakan tektonik (Bemmelen, 1949). Batuan ultrabasics banyak dijumpai di sekitar areal danau Matano. Sebagaimana diketahui, hasil pelapukan batuan jenis ini merupakan sumber bijih Nikel, sehingga di sekitar areal danau Matano ini terdapat aktivitas penambangan bijih nikel (Whitten *et. al.*, 1987). Konsep ini baru berdasarkan pada beberapa aspek limnoengineering nutrient dan beberapa parameter fisiko-kimia. Di dalam lingkungan akuatik, selain faktor nutrisi dan fisikokimia, logam runtu juga harus dipertimbangkan mengingat mobilisasinya dalam siklus hidrologis telah ada sejak air mulai terbentuk di planet bumi ini. Air adalah medium pelengkap untuk proses pelapukan di daratan seperti halnya atmosfer sebagai medium transport logam-logam runtu tersebut (Solomon & Forstner, 1984). Untuk melengkapi *set point* yang sedang dalam penulisan tersebut maka dilakukan penelitian profil kandungan logam runtu terpilih berdasarkan literatur yaitu Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Cr, Cd, Co, dan Ni (Solomon & Forstner, 1984).

Logam runtu termasuk salah satu faktor penting dalam ekosistem akuatik. Namun, keterbatasan data referensi limnologis menyangkut sifat-sifat kimiawi dan ketersediaanya secara biotik dalam jumlah runtu telah menyulitkan interpretasi ekologis. Secara umum, logam-logam ini berpengaruh terhadap biota di sekitarnya, terutama pada kehidupan tumbuhan. Pertama, keterbatasan logam runtu hampir selalu terjadi pada danau-danau oligotrofik, umumnya danau-danau yang terletak di lembah yang berbatuan jenis basic atau ultrabasic. Kedua, konsentrasi sesungguhnya logam-logam runtu akan memberikan informasi tentang perannya sebagai faktor pembatas seperti *algal luxury consumption*, *recycling*, dan variasi kemampuan organisme untuk mengekstraks bentuk-bentuk logam terkomplekskan, atau yang tidak terkomplekskan. Ketiga, efek penambahan logam runtu akan menstimulasi pertumbuhan yang nampaknya mengungkapkan spektrum unsur-unsur lain yang sangat membatasi perkembangan tumbuhan pada saat itu. Ketersediaan logam-logam ini sering dikontrol oleh mekanisme yang sama, misalnya Potensial Reduksi Oksidasi (*Oxydative and Reductive Potentials=ORP*, suhu, konduktivitas, pH, dan Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen=DO*) di kolom air maupun *interface* air dan sedimen (Goldman & Horne, 1983).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk profil logam-logam runtu yang dominan dalam sistem akuatik danau Matano yang diasumsikan cukup representatif sebagai danau yang masih baik kondisinya, parameter fisika kimia yang berpengaruh terhadap profil logam-logam runtu ini, dan bagaimana pula keterkaitan

hubungan faktor-faktor fisika-kimia penentu (suhu, konduktivitas, pH, ORP, kedalaman, dan Oksigen terlarut) terhadap logam-logam runtu dominan tersebut.

Dari data dan hasil pengolahannya ini diharapkan akan mengungkapkan karakteristik fisikokimia sistem akuatik danau Matano dan dapat melengkapi data referensi limnologis yang digunakan dalam penyusunan kriteria konsep ilmiah pengelolaan konservasi kompleks danau-danau Malili khususnya danau Matano.

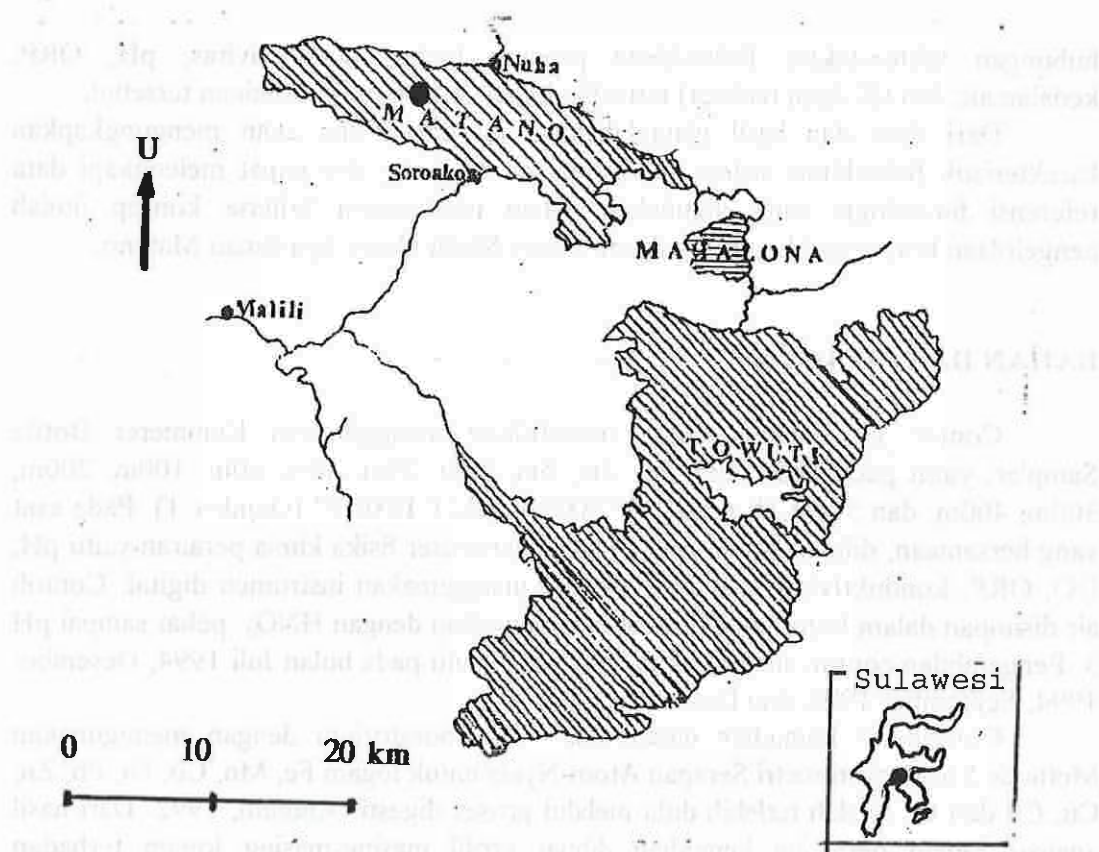
BAHAN DAN METODE

Contoh air diambil secara terstatifikasi menggunakan Kemmerer Bottle Sampler, yaitu pada kedalaman 0m, 2m, 5m, 15m, 20m, 30m, 60m, 100m, 200m, 300m, 400m, dan 580m, di posisi S2°28'09.4" E121°18'02.9" (Gambar 1). Pada saat yang bersamaan, dilakukan pula pengukuran parameter fisika kimia perairan yaitu pH, DO, ORP, konduktivitas, dan suhu dengan menggunakan instrumen digital. Contoh air disimpan dalam botol polyethylene dan diawetkan dengan HNO₃ pekat sampai pH 3. Pengambilan contoh air dilakukan empat kali yaitu pada bulan Juli 1994, Desember 1994, September 1995, dan Desember 1995.

Contoh air kemudian dideterminasi di laboratorium dengan menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom-Nyala untuk logam Fe, Mn, Co, Ni, Pb, Zn, Cu, Cd dan Cr setelah terlebih dulu melalui proses digesti (Anonim, 1992). Dari hasil analisis logam berat ini kemudian dibuat profil masing-masing logam terhadap kedalaman, lalu dipadukan dengan data hasil pengukuran di lapangan parameter fisika kimia perairan yaitu pH, DO, konduktivitas, ORP, suhu, dan kedalaman.

Korelasi antara setiap profil logam dan parameter fisika-kimia perairan yang mempengaruhinya, diketahui dengan melakukan Uji Matriks Korelasi. Hasil uji matriks korelasi ini diuji dengan Analisis Regresi untuk mengetahui pengaruh beberapa parameter sistem akuatik terhadap kedelapan faktor terpilih tersebut. Uji Matriks Korelasi dan Analisis regresi menggunakan *Software Microstat*.

Data hasil analisis laboratorium maupun hasil pengolahan data, diharapkan merupakan karakteristik danau Matano yang representatif untuk kondisi danau tropika yang masih baik.



Legenda:

- 0 = Lokasi pengambilan contoh
- o = Ibu kota kecamatan
- = perairan danau
- = sungai

Gambar 1. Peta lokasi kompleks Danau Malili, Sulawesi Selatan. (Sarnita, 1974).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh selama pengambilan contoh air (dengan tingkat kecerahan rata-rata 19-23 meter) menunjukkan bahwa logam runtu dominan adalah logam Fe, Mn, Co, Ni, dan Cr. Kriteria logam runtu dominan di sini adalah logam runtu yang memiliki konsentrasi relatif tetap tinggi selama berturut-turut empat kali pengambilan contoh air tersebut. Sedangkan data hasil determinasi logam Pb, Zn, Cu dan Cd karena tidak memenuhi kriteria tersebut, tidak diolah lebih lanjut. Hasil Uji Matriks Korelasi antara logam runtu dengan parameter fisiko-kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Dapat dikatakan bahwa menurut Uji Matriks Korelasi (Tabel I), terdapat delapan faktor yang mengalami ketergantungan dengan beberapa parameter dalam sistem akuatik Danau Matano pada tingkat kepercayaan 5% ($P < 0,05$).

Tabel 2 menunjukkan bahwa kedelapan faktor terpilih secara statistik itu masing-masing dipengaruhi oleh sekelompok variabel (parameter) yang berbeda-beda. Masing-masing faktor terpilih tersebut menghasilkan persamaan regresi.

Tabel 1. Tabel Hasil Uji Correlation Matrix untuk Danau Matano pada pengambilan data Juli-Desember 1994 dan September-Desember 1995.

No	absis	ordinat	Nilai kritis (P<0,05) =± 0,403
1	Fe (mg/L)	Mn (mg/L) Ni (mg/L) ORP (mV) pH Konduktifitas (µS/cm) Kedalaman (m)	0,9489 0,8802 -0,5525 -0,4762 0,4086 0,6099
2	Mn (mg/L)	Ni (mg/L) ORP (mV) Kedalaman (m)	0,9594 -0,4329 0,5082
3	Cr (mg/L)	DO (mg/L) Konduktifitas (µS/cm)	0,5078 -0,4655
4	ORP (mV)	pH DO (mg/L) Konduktivitas (µS/cm) Kedalaman (m)	0,8055 0,5642 -0,6842 -0,7243
5	pH	DO (mg/L) Kedalaman (m) Konduktifitas (µS/cm)	0,8026 -0,8712 -0,8240
6	Ni (mg/L)	Kedalaman (m) Fe (mg/L) Mn (mg/L)	0,4976 0,8802 0,9594
7	Konduktifitas (µS/cm)	DO (mg/L) Kedalaman (m)	0,7301 0,6820
8	DO (mg/L)	Kedalaman (m) Cr (mg/L) ORP (mV) pH	-0,6932 -0,4656 0,5642 0,8026

Tabel 2. Tabel hasil olahan uji Analisis Regresi delapan parameter terpilih di Danau Matano pada Pengambilan Contoh Bulan Juli-Desember 1994 dan September-Desember 1995

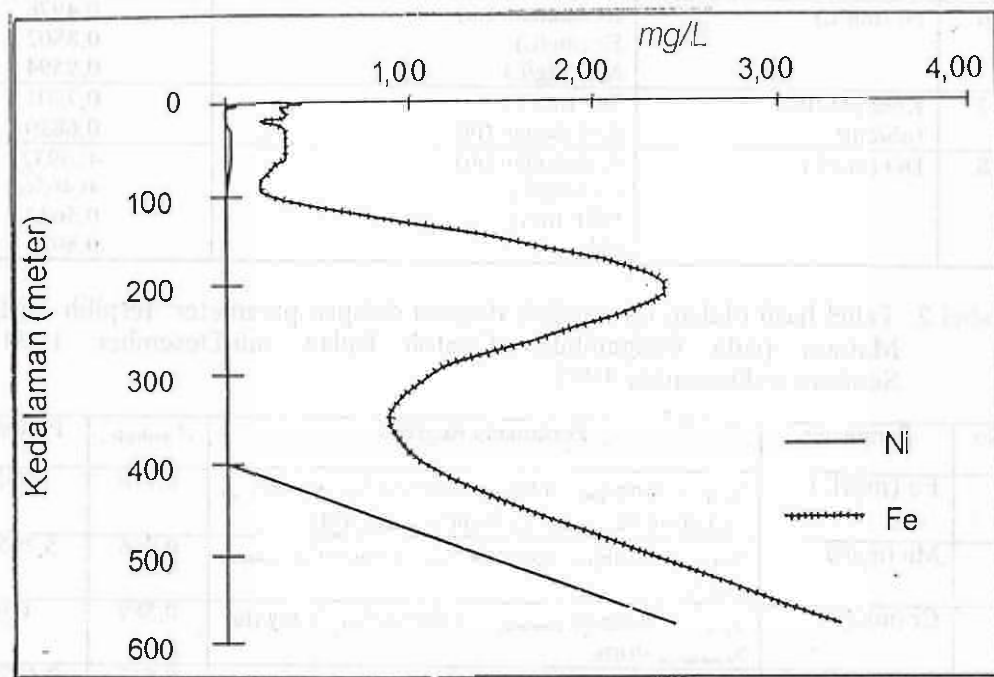
No	Parameter	Persamaan Regresi	r multiple	Probabilitas
1	Fe (mg/L)	$Y_{[Fe]} = 4,705X_{[Mn]} - 0,34X_{[Ni]} - 1,797 \times 10^{-3}X_{ORP} + 0,498X_{pH} + 3,129 \times 10^{-3}X_{konduktivitas} + 2,159 \times 10^{-3}X_{kedalaman} - 4,910$	0,970	$1,85 \times 10^{-9}$
2	Mn (mg/l)	$Y_{[Mn]} = 0,230X_{[Ni]} - 0,695 \times 10^{-4}X_{ORP} - 1,966 \times 10^{-4}X_{kedalaman} + 0,116$	0,966	$5,79 \times 10^{-12}$
3	Cr (mg/l)	$Y_{[Cr]} = 0,622 \times 10^{-5}X_{kedalaman} + 3,698 \times 10^{-3}X_{DO} - 1,809 \times 10^{-4}X_{konduktivitas} + 0,076$	0,589	0,033
4	ORP (mV)	$Y_{ORP} = 113,422X_{pH} - 6,970X_{DO} - 0,060X_{kedalaman} - 0,297X_{konduktivitas} + 9,032$	0,817	$2,127 \times 10^{-4}$
5	pH	$Y_{pH} = 0,043X_{DO} - 1,603 \times 10^{-3}X_{kedalaman} - 4,528 \times 10^{-3}X_{konduktivitas} + 9,032$	0,937	$2,684 \times 10^{-9}$
6	Konduktivitas (mg/l)	$Y_{Konduktivitas} = 0,078X_{kedalaman} - 6,783X_{DO} - 251,358$	0,770	$8,025 \times 10^{-3}$
7	Ni (mg/l)	$Y_{[Ni]} = 8,796 \times 10^{-4}X_{kedalaman} - 0,423X_{[Fe]} + 5,348X_{[Mn]} - 0,395$	0,966	$5,710 \times 10^{-12}$
8	DO (mg/l)	$Y_{DO} = -8,24 \times 10^{-4}X_{kedalaman} + 39,186X_{[Cr]} - 3,054 \times 10^{-3}X_{ORP} + 3,870X_{pH} - 28,141$	0,851	$3,926 \times 10^{-3}$

Dari hasil pengolahan data, maka diperoleh hasil seperti pada pembahasan di bawah ini. Parameter organik tidak dibahas di sini mengingat status Danau Matano yang tergolong danau oligotrofik.

Logam Fe

Persamaan regresi logam Fe memiliki $r_{multiple}$ tertinggi diantara ke tujuh persamaan regresi lainnya ($r_{multiple} = 0,970$ dengan probabilitas $1,85 \times 10^{-9}$). Ternyata bahwa konsentrasi logam Fe sangat terkait erat dengan konsentrasi logam Mn, konsentrasi logam Ni, nilai ORP, nilai pH, nilai konduktivitas, serta kedalaman.

Profil logam Fe (Gambar 2) menunjukkan bahwa pada kisaran kedalaman 100-300m terjadi fluktuasi konsentrasi logam Fe pada kedalaman 200m (2,375 mg/l). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya *density current* pada kisaran kedalaman ini. Sedangkan pada kisaran kedalaman 350-590 m terjadi lagi kenaikan yang cukup besar dengan puncaknya pada kedalaman 590 m (3,329 mg/l). Kemungkinan besar hal ini dikarenakan oleh adanya proses akumulasi dari proses sedimentasi di bagian dasar danau.

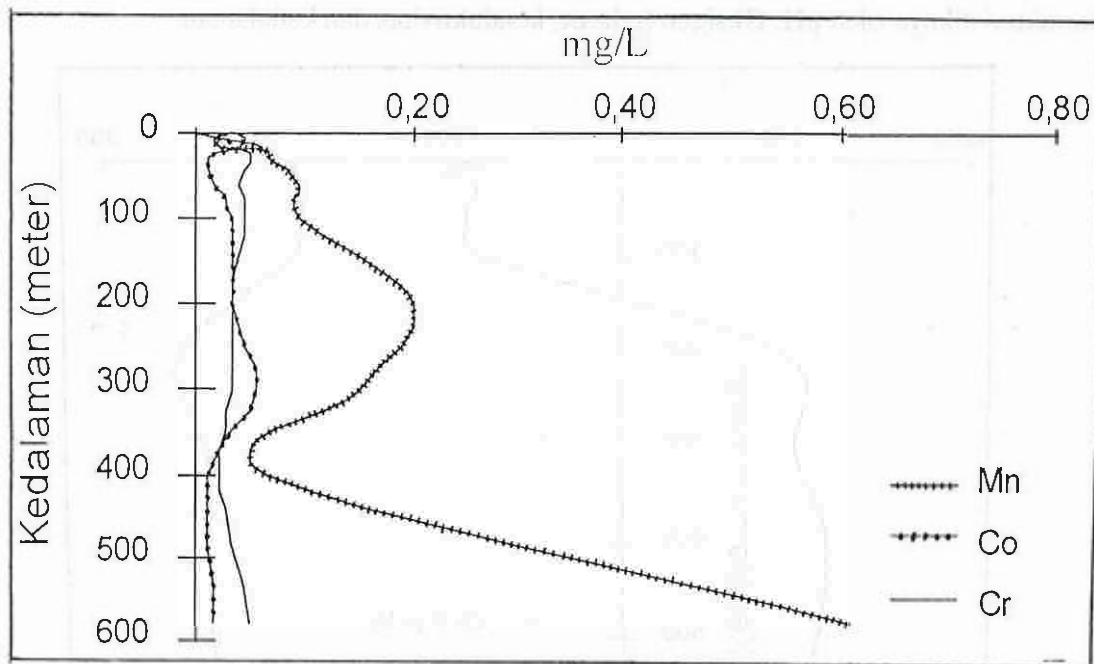


Gambar 2. Profil logam Fe dan Ni Danau Matano rata-rata dari empat kali pengambilan contoh (1994-1995).

Logam Mn

Untuk konsentrasi logam Mn, terlihat dari persamaan regresinya ternyata sangat terkait erat dengan konsentrasi logam Ni, nilai ORP, dan kedalaman ($r_{multiple} = 0,966$ dan probabilitas $5,79 \times 10^{-12}$).

Profil logam Mn (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada kisaran kedalaman 100-400 m terjadi fluktuasi konsentrasi dan mencapai puncaknya pada kedalaman 200 m (0,200 mg/l). Konsentrasi logam Mn terus mengalami kenaikan sampai ke kedalaman 590m (0,612 mg/l). Tampaknya logam Mn ini memiliki pola distribusi vertikal yang sama dengan pola distribusi vertikal logam Fe, diduga mengalami pula mekanisme yang sama dengan profil logam Fe.



Gambar 3. Profil logam Mn, Cr, dan Co Danau Matano rata-rata dari empat kali pengambilan contoh (1994-1995)

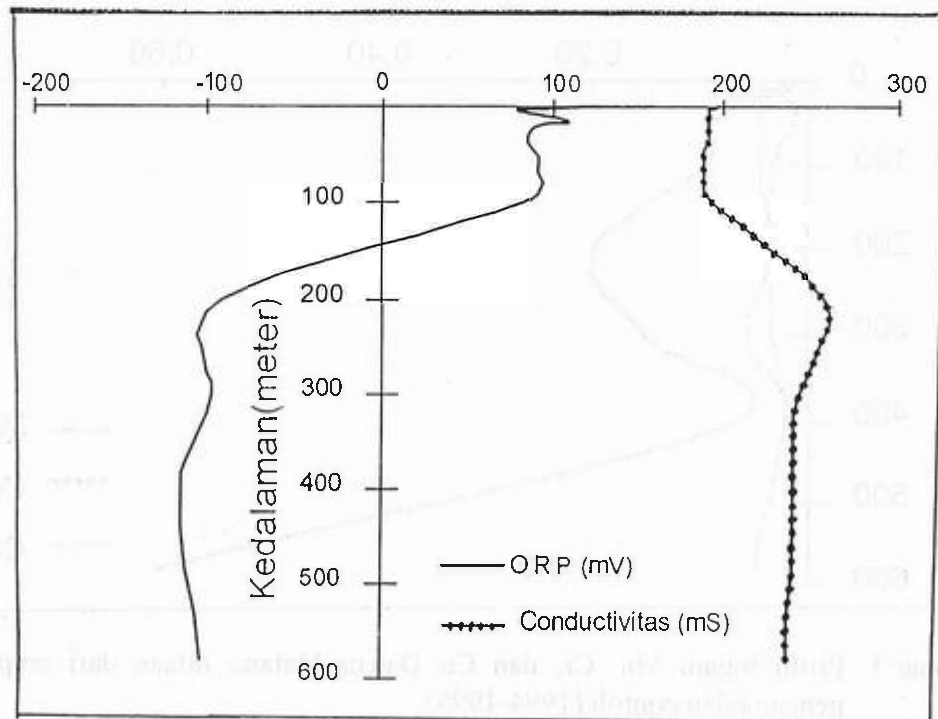
Logam Cr

Persamaan regresi untuk logam Cr menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cr terkait dengan kedalaman, konsentrasi Oksigen terlarut, dan konduktivitas ($r_{multiple} = 0,589$ dan probabilitas 0,033). Bila dibandingkan dengan ke tujuh persamaan regresi lainnya tampak bahwa hubungan ini masih kurang kuat. Meskipun begitu secara statistik hubungan ini masih bisa untuk dipertimbangkan.

Profil konsentrasi logam Cr (Gambar 3) memiliki bentuk pola distribusi vertikal yang orthograde, dengan kisaran konsentrasi 0,021-0,053mg/l dan kisaran kedalaman 0-590m. Puncak konsentrasi (0,053 mg/l) dijumpai pada kedalaman 590m. Hal ini bisa dibandingkan dengan profil konsentrasi logam Co yang memiliki bentuk profil yang hampir orthograde, tapi mengalami puncak fluktuasi konsentrasi pada kedalaman 300m (0,058 mg/l) dan menurun terus konsentrasinya sampai ke bagian dasar danau (hanya 0,016 mg/l). Tampaknya profil logam Cr kurang begitu dipengaruhi oleh *density current* jika dibandingkan dengan profil logam Co.

Potensial Reduksi Oksidasi (ORP)

Parameter fisikokimia ORP memiliki persamaan regresi yang menunjukkan bahwa ia dipengaruhi oleh nilai pH, Oksigen terlarut (DO), Konduktivitas dan kedalaman. Hal ini mungkin dikarenakan ORP berhubungan erat dengan ion-ion logam maupun dengan pasangan redoksnya berupa ion-ion non logam lain seperti fosfat, nitrat, nitrit, sulfida dan sebagainya, dimana spesies-spesies ini amat ditentukan karakteristiknya oleh pH, Oksigen terlarut, konduktivitas dan kedalaman.

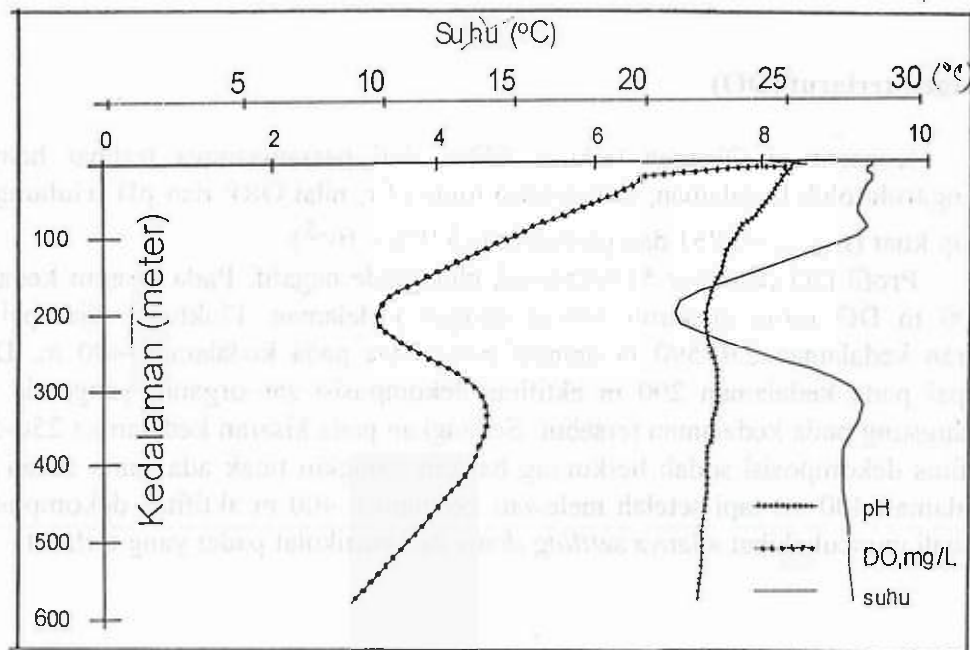


Gambar 4. Profil kedalaman Potensial Reduksi Oksidasi dan Konduktivitas Danau Matano rata-rata dari empat kali pengambilan contoh (1994-1995).

Profil ORP (Gambar 4) cukup unik karena bentuk profil clinogradanya cenderung ke arah negatif seiring dengan bertambahnya kedalaman (kisaran 150-590 m), sedangkan untuk kisaran kedalaman 0-100 m cenderung untuk orthograde di daerah positif. Hal ini menunjukkan bahwa sampai dengan kedalaman 100m kondisi perairan cukup oksidatif, sebaliknya mulai pada kedalaman 150-590 m kondisi cukup reduktif.

pH

Persamaan regresi untuk pH ternyata menunjukkan hubungan yang sangat erat dengan oksigen terlarut (DO), kedalaman, dan konduktivitas ($r_{multiple} = 0,937$ probabilitas $2,684 \times 10^{-9}$). Profil pH (Gambar 5) berbentuk relatif orthograde pada kisaran kedalaman 0-590 m. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH relatif konstan pada kisaran tersebut.



Gambar 5. Profil kedalaman pH, Oksigen Terlarut, dan suhu Danau Matano rata-rata dari empat kali pengambilan contoh (1994-1995).

Konduktivitas

Konduktivitas memiliki persamaan regresi yang menunjukkan bahwa ia dipengaruhi oleh kedalaman dan oksigen terlarut. Hubungan tersebut cukup erat ($r_{multiple} = 0,770$, probabilitas $8,025 \times 10^{-5}$). Hal ini berkaitan dengan keberadaan ion-ion yang berada dalam perairan danau.

Profil konduktivitas (Gambar 4) berbentuk hampir clinograde. Fluktuasi pada kisaran kedalaman 150-300 m dengan puncaknya pada kedalaman 200 m (258,250 mg/l). Fakta ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa pada profil logam Fe, dan Mn memiliki pola profil yang sama pada kisaran kedalaman tersebut.

Logam Ni

Persamaan regresi untuk konsentrasi logam Ni menunjukkan bahwa konsentrasi logam Ni dipengaruhi oleh kedalaman, konsentrasi logam Fe dan konsentrasi logam Mn. Hubungan ini sangat kuat ($r_{multiple} = 0,966$ probabilitas $5,710 \times 10^{-12}$).

Bentuk profil konsentrasi Ni (Gambar 2) hampir orthograde pada kisaran kedalaman 0-400 m, tetapi pada kisaran kedalaman 500-590 m dijumpai adanya kenaikan konsentrasi, dan mencapai konsentrasi tertinggi (2,432 mg/l) pada bagian dasar danau. Bila dibandingkan diantara profil-profil logam yang ada, jelas terlihat bahwa untuk logam Fe, Mn, dan Ni memiliki konsentrasi tertinggi pada bagian dasar danau. Diduga sedimen yang masuk ke danau Matano sebagian besar mengandung Fe, Mn, dan Ni. Kemungkinan besar sedimen ini adalah hasil pelapukan batuan ultrabasic yang berada di *catchment area* danau Matano.

Oksigen terlarut (DO)

Konsentrasi Oksigen terlarut dilihat dari persamaannya terlihat bahwa ia dipengaruhi oleh kedalaman, konsentrasi logam Cr, nilai ORP dan pH. Hubungan ini cukup kuat ($r_{multiple}=0,851$ dan probabilitas $3,926 \times 10^{-5}$).

Profil DO (Gambar 5) berbentuk clinograde negatif. Pada kisaran kedalaman 0-200 m DO terus menurun seiring dengan kedalaman. Fluktuasi dijumpai pada kisaran kedalaman 250-590 m dengan puncaknya pada kedalaman 400 m. Diduga sampai pada kedalaman 200 m aktifitas dekomposisi zat organik yang ada masih berlangsung pada kedalaman tersebut. Sedangkan pada kisaran kedalaman 250-590 m aktifitas dekomposisi sudah berkurang bahkan mungkin tidak ada sama sekali (pada kedalaman 400 m) tapi setelah melewati kedalaman 400 m aktifitas dekomposisi itu kembali muncul akibat adanya *settling down* dari partikulat padat yang terlarut.

KESIMPULAN

Selama empat kali pengambilan sample (1994-1995) disimpulkan bahwa :

1. Hanya terdapat empat jenis logam runtu dominan, yaitu: Fe, Mn, Ni, dan Cr.
2. Konsentrasi Fe sangat tergantung pada ORP, pH, konduktivitas, dan kedalaman ($r_{multiple}=0,970$, $P=1,85 \times 10^{-9}$)
3. Konsentrasi Mn sangat tergantung pada konsentrasi logam Ni, ORP, dan kedalaman ($r_{multiple}=0,966$, $P=5,79 \times 10^{-12}$)
4. Profil ORP sangat tergantung pada DO dan kedalaman ($r_{multiple}=0,817$, $P=2,127 \times 10^{-14}$)
5. Profil pH sangat tergantung pada kedalaman dan konduktivitas ($r_{multiple}=0,937$, $P=2,684 \times 10^{-9}$) Profil konduktivitas tergantung pada kedalaman dan DO ($r_{multiple}=0,770$, $P=8,025 \times 10^{-5}$) Profil DO tergantung pada kedalaman, konsentrasi logam Cr, ORP, dan pH ($r_{multiple}=0,851$, $P=3,926 \times 10^{-3}$) Bentuk profil logam Fe, Mn, dan Ni berkecenderungan untuk terus bergeser ke kanan pada kisaran kedalaman 400-580 m. Sedangkan Bentuk profil Co dan Cr relatif tetap pada kisaran tersebut.
6. Bentuk profil suatu spesies kimia yang telah dihasilkan merupakan gambaran karakteristik dari danau Matano selama empat kali pengambilan contoh di tahun 1994-1995. Hal ini diasumsikan sebagai karakteristik yang cukup representatif danau tropika berkondisi relatif masih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Solomon, W. and Forstner, U., 1984, *Metals in the Hydrocycle*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 349 pp

- Goldman, R. C., and A. C., Horne, 1983, *Limnology*, Mc. Graw Hill International Book Company, Tokyo, 464 p.
- Anonim, 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, by M.C. Rand; A.E. Greenberg and M.J. Taras (eds). 14th. Edition. APHA-AWWA-WPCF. 1193p.
- Fernando, C.H., 1984. *Reservoirs and Lakes of the South East (Oriental Region)*. In: *Lakes and Reservoirs*, by F.B. Taub (Eds.) Elsevier, Amsterdam: 411-466
- Hutchinson, G. E., 1957 . *A Treatise on Limnology, Vol.1., Geography, Physics, and Chemistry*. John and Willey and Sons, New York, 1015p.
- Sarnita, A. S., 1974. Beberapa Aspek Limnologis tentang Danau Towuti, Matano, dan Mahalona (Sul-sel). Lembaga Penelitian Perikanan Darat, Bogor, Laporan No. 27: 21 hal.
- Whitten, A. J., M. Mustafa and G. S. Henderson. 1987. *The Ecology of Sulawesi*. Gajahmada University Press. 777 pp.
- Van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. 1a. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. 732p.
- Fernando, C.H., 1984. *Reservoirs and Lakes of the South-East (Oriental Region)*. In : *Lakes and Reservoirs*, by F.B. Taub (Eds.), Elsevier, Amsterdam: 411-466