

PENILAIAN KUMULATIF KUALITAS FISIKA KIMIA AIR DANAU TONDANO, SULAWESI UTARA

(Cumulative valuation of physico-chemical water quality from
Tondano Lake, North Sulawesi)

Jan F.W.S. Tamanampo¹, G.J. Fontje. Kaligis², Lucky L.J. Lumingas²

¹Study Program of Aquatic Science, Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University Manado. <http://pasca.unsrat.ac.id/s2/ipa/>

²Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University Manado.

Abstract

The research of cumulative valuation of physico-chemical from Tondano Lake was conducted in to dry season on 2015. The purpose of the study was to analysis of water quality of the Lake such as Total Suspended Solid (TSS), Total Dissolved Solid (TDS), and Conductivity (DHL), as physical parameters, and also chemical parameters such as pH, Ca, Mg, K, SO₄, Nitrogen Total, NH₃, NO₃, Phosfat Total, PO₄, and Fe. These were done by taking water sample on 24 location.

The data were analysed by multivariate analysis with soft ware statistic R versi 3.3.2, and Water quality analysis based on water quality criteria for water environment, and Decree of Government Republic Indonesian No.82 /2001 about water quality management and water pollution control.

Result revealed that average and deviation standart of physico-chemical parameters are TDS (mg/l) 192.0471 ± 94.1827 , TSS (mg/l) 13.33 ± 4.8154 , DHL ($\mu\text{mhos/cm}$) 317.833 ± 161.984 , pH (6.8875 ± 0.2291), Ca (mg/l) 16.6667 ± 7.2284 , Mg (mg/l) 14.7714 ± 0.3860 , K (mg/l) 2.330 ± 0.4467 , SO₄ (mg/l) 5.685 ± 5.3366 , Total Nitrogen (mg/l) 2.993 ± 5.3364 , NH₃ (mg/l) 0.2348 ± 0.8543 , NO₃ (mg/l) 5.3567 ± 7.0824 , Total Phosfat (mg/l) 0.3333 ± 0.4821 , PO₄ (mg/l) 0.1130 ± 0.3315 , F^e (mg/l) 0.11 ± 0.1901

Principle Componen Analysis (PCA) with Eigen value (cumulative % of variance) 62.68 % explaining 10 parameter of physical chemistry water and 10 research location as reduction data from initial data. Cluster analysis with reduction data formed (1) The research location between Eris village and eceng gondok area, and fish Pond Eris village, the dominant variable were TDS, DHL, Nitrogen Total, and NH₃. (2) The research location in fish Pond Toulimembet village, in front of eceng gondok Urongo village, in front of eceng gondok Paleloan village, and in front of eceng gondok Roong village, the dominant variable were SO₄, pH, and Mg, (3) The research location between Kakas villages and eceng gondok area, Kaweng village and eceng gondok area, Kaweng village and eceng gondok area, Toulimembet village and eceng gondok area, and also fish Pond Kaima village, the dominant variable were TSS, Ca, dan K.

Tondano Lake has level of productivity from medium to high, and it is good for fish culture and fishery activity, prossed for drinking water, agriculture, animal husbandry, industry, and water power.

Keywords : Valuation, physical chemistry water, criteria

Abstrak

Penelitian tentang kumulatif kualitas fisik kimia air Danau Tondano telah dilakukan pada musim kemarau tahun 2015. Tujuan penelitian adalah (1) menganalisis kualitas air Danau Tondano yang meliputi TSS, TDS, DH sebagai faktor fisika perairan, dan faktor kimia yaitu derajat keasaman (pH), parameter fisika air danau yaitu Calcium, Magnesium, Kalium, Sulfat, Total nitrogen, Amoniak, Nitrat, Total Phosfat, Phosfat terlarut, dan Besi (Fe).

Sampel air di ambil pada 24 titik pengambilan sampel di Danau Tondano. Pengambilan sampel air pada kedalaman 20 meter dilakukan pada 21 titik atau lokasi penelitian, titik pengambilan sampel pada kedalaman 5 meter, 10 meter, dan 20 meter.

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan (1) Analisis multivariate dengan bantuan perangkat lunak statistic R versi R 3.3.2. (2) Analisis kualitas air dengan menggunakan kriteria kualitas air bagi lingkungan perairan, dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 81 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Hasil analisis menunjukkan konsentrasi rata-rata dan standar deviasi TDS (mg/l) 192.0471 ± 94.1827 , TSS (mg/l) 13.33 ± 4.8154 , DHL ($\mu\text{mhos/cm}$) 317.833 ± 161.984 , pH (6.8875 ± 0.2291), Ca (mg/l) 16.6667 ± 7.2284 , Mg (mg/l) 14.7714 ± 0.3860 , K (mg/l) 2.330 ± 0.4467 , SO_4 (mg/l) 5.685 ± 5.3366 , Total Nitrogen (mg/l) 2.993 ± 5.3364 , NH_3 (mg/l) 0.2348 ± 0.8543 , NO_3 (mg/l) 5.3567 ± 7.0824 , Total Phosfat (mg/l) 0.3333 ± 0.4821 , PO_4 (mg/l) 0.1130 ± 0.3315 , F^- (mg/l) 0.11 ± 0.1901 . Melalui Analisis Komponen Utama (AKU) diperoleh nilai Eigen 62.68 % yang mampu menerangkan varian indikator 10 variabel lingkungan dan 10 lokasi penelitian sebagai hasil reduksi data. Analisa kluster dari data reduksi membentuk 3 kluster yaitu Kluster I di lokasi penelitian belakang eceng gondok Eris dan budidaya ikan Eris dengan variabel dominan TDS, DHL, Total Nitrogen, dan amoniak. Kluster II di lokasi penelitian budidaya ikan Toulimembet, depan eceng gondok Urongo, depan gondok Paleloan, Depan eceng gondok Roong dengan variabel dominan SO_4 , pH, dan Magnesium. Kluster III di lokasi penelitian belakang eceng gondok Kakas, belakang eceng gondok Kaweng, belakang eceng gondok Toulimembet, dan budidaya ikan Kaima dengan variabel dominan TSS, Ca, dan K. Danau Tondano memiliki tingkat kesuburan perairan yang dikategorikan sedang sampai tinggi, dan layak bagi kegiatan perikanan, air danau dapat diolah menjadi air minum, keperluan pertanian, peternakan, perikanan, industri dan listrik tenaga air.

Kata kunci: Penilaian, fisika kimia air, Kriteria

PENDAHULUAN

Latar belakang

Danau Tondano adalah salah satu danau dari 15 danau di Indonesia yang masuk dalam kebijakan penyelamatan oleh pemerintah Republik Indonesia pada periode 2010 – 2014 (KLH, 2011). Ke lima belas danau tersebut diprioritaskan oleh karena terancam kerusakan dan pencemaran lingkungan pada daerah

tangkapan air (DTA) sampai di perairan danaunya.

Danau Tondano tergolong danau eutrofik karena telah mengalami penyuburan oleh bertambahnya bahan-bahan organik dan anorganik baik yang berasal dari luar danau maupun yang dihasilkan di dalam danau. Danau ini mendapat pasokan organik dan anorganik melalui sungai-sungai yang mengalirkan air ke dalam danau, aktivitas pemeliharaan ikan dalam

keramba jaring apung, peternakan bebek dan babi skala kecil, persawahan penduduk di pinggir danau, dan limbah rumah tangga dan limbah usaha rumah makan pinggir danau. Seiring dengan perjalanan waktu maka kualitas air danau telah mengalami perubahan, namun masih layak bagi kegiatan perikanan. Berbagai Penelitian yang menginformasikan kualitas fisika, kimia, dan biologi danau Tondano antara lain, Soerjani dkk.,(1975), Tamanampo dkk., 1975, Soeroto dkk., (1999), Londa (2006), Tamanampo dkk.,(2007)., dan Tamanampo dkk., (2009).

Danau Tondano memiliki sumber air dari sungai-sungai yang cukup banyak mengalirkan air ke dalam danau sebagai inlet danau, dan juga terdapat 2 mata air di dasar danau yaitu di depan Watumea dan Eris. Danau ini hanya memiliki satu outlet di desa Toulour dengan banyak inlet (sungai sungai yang mengalirkan airnya ke dalam danau), dan danau yang memiliki masalah sedimentasi dan nutrifikasi. Kondisi danau seperti ini akan memiliki banyak masalah terutama yang menyangkut hydraulic retention time yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan seluruh air ke luar danau. Hal ini penting untuk mempelajari pencemaran dan dinamika nutrien di dalam danau. Sedangkan khusus nutrien dikenal dengan hydraulic residence time yaitu waktu yang dibutuhkan nutrien berada di dalam air berkaitan dengan waktu lamanya air berada di dalam danau. Sehubungan dengan hal ini maka penting mempelajari faktor fisika kimia air danau Tondano baik di musim penghujan, pancaroba, dan musim panas. Khusus penelitian ini akan mengkaji beberapa faktor fisika kimia air yang penting dari beberapa lokasi yang dipandang representatif dari danau Tondano untuk menggambarkan

kondisi Danau Tondano di musim kemarau panjang di tahun 2015.

Perumusan Masalah

Danau Tondano adalah salah satu Danau di Indonesia yang telah mengalami pendangkalan dan eutrofikasi sehingga mempengaruhi kualitas air secara fisika dan kimia yang selanjutnya mempengaruhi kehidupan dan perkembangan biota danau. Pemetaan kualitas air danau Tondano, karakteristik dan klasifikasi berbagai bagian / lokasi dalam danau berdasarkan variabel fisika-kimia air, belum dipetakan.

Tujuan Penelitian

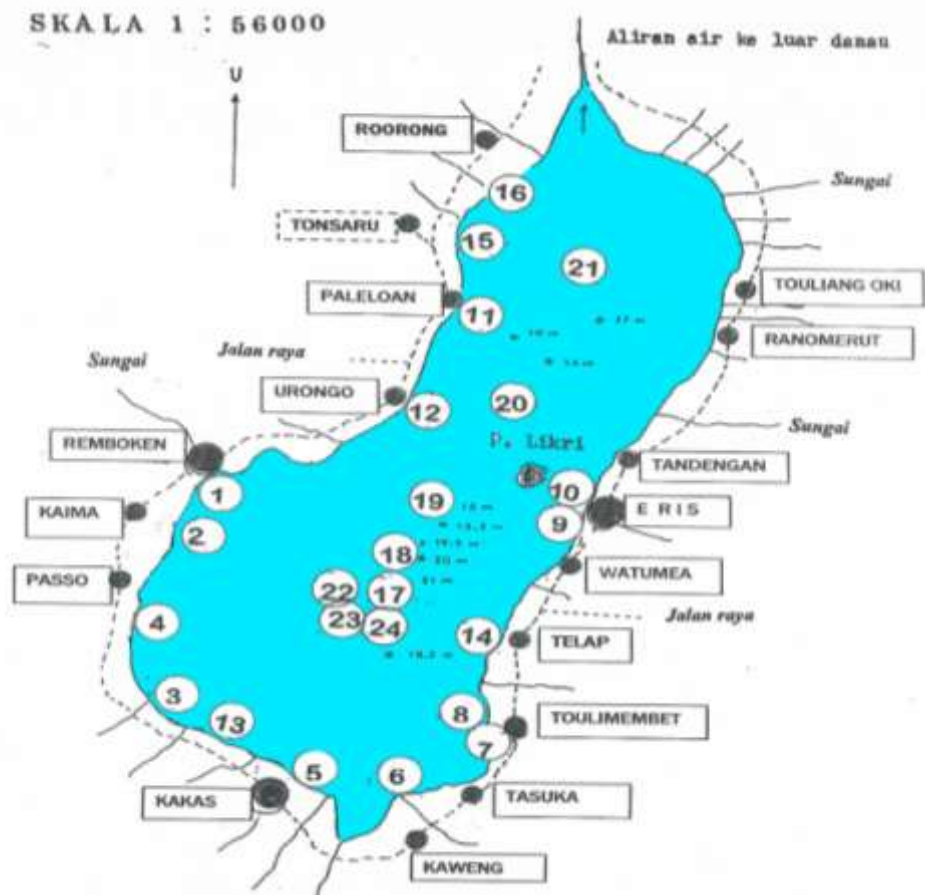
Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis parameter fisika (TSS, TDS, dan DHL,), dan parameter kimia yakni pH kalsium, magnesium, kalium, sulfat, Total nitrogen, amoniak, nitrat, Total fosfat , fosfat terlarut, dan besi)
2. Menilai kualitas air danau Tondano di musim kemarau berdasarkan kriteria umum dan PP N. 81 Tahun 2001.
3. Menganalisis karakteristik dan klasifikasi lokasi penelitian berdasarkan variabel fisik kimia air dengan perangkat lunak statistic R melalui teknik multivariate.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Danau Tondano Kabupaten Minahasa Propinsi Sulawesi utara. Sampel air di dalam danau diambil pada 24 titik pengambilan sampel (Gambar 01).



Gambar 01. Peta lokasi penelitian di Danau Tondano

Keterangan : Keterangan : (1) Muara sungai Remboken, (2) Budidaya ikan Kaima, (3) Muara Sungai Noongan, (4) Depan sawah Passo, (5) Belakang Eceng Gondok Kakas, (6) Belakang Eceng gondok Kaweng, (7) Belang Eceng Gondok Toulimembet, (8) Budidaya ikan Toulimembet, (9) Belakang Eceng Gondok Eris, (10) Budidaya ikan Eris, (11) Depan Eceng Gondok Paleloan, (12) Depan Eceng Gondok Urongo, (13) Depan Peternakan Bebek (skala kecil) Kakas, (14) Depan Eceng Gondok Telap, (15) Depan Eceng Gondok Tonsaru, (16) Depan Eceng gondok Roong, (17) Tengah danau depan Telap, (18) Tengah Danau depan Watumea, (19) Tengah Danau Depan Eris, (20) Tengah Danau depan Urongo, (21) Tengah Danau depan Toliang Oki, (22) Kedalaman danau 5 M (depan Telap), (23) Kedalaman danau 10 M (depan telap), (24) Kedalaman danau 20 M (depan telap)

Metoda Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air Danau Tondano di setiap lokasi penelitian dilakukan dengan cara memasukkan botol aqua steril bervolume 1.5 liter ke dalam air danau sedalam 0.2 meter. Pengambilan sampel air pada kedalaman 5 meter, 10 meter, dan 20 meter menggunakan alat La Mote, selanjutnya air dalam alat tersebut

dipindahkan ke dalam botol sampel . selanjutnya dimasukan ke dalam box yang telah berisi es kristal. Air danau dalam botol sampel di periksa konsentrasi dari TSS, pH, Ca, Mg, K, SO₄, Total Nitrogen, Amoniak, Nitrat, Total Phosfat, Phosfat terlarut, dan Besi (Fe) di Laboratorium Baristan Manado. Sedangkan khusus TDS dan DHL diperiksa dengan alat Horiba.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah (1) Analisis Multivariate dengan perangkat lunak statistic R versi R.3.3.1 dan R 3.3.2. Hasil operasional perangkat lunak R dalam penelitian ini dapat memberi informasi tentang PCA (Principle Componen Analysis) yang dilanjutkan dengan reduksi data, Corespondence Analysis (CA), Factor Analysis of Mixed Data (FAMD, Cluster analysis, dan matriks korelasi.. Selain itu pula Penilaian kualitas air dilakukan dengan kriteria baku yang telah banyak digunakan peneliti, dan PP no. 81 Tahun 2001 Rondo *dkk.*,2014). Beberapa literature yang membantu dalam memahami analisis multivariate yaitu Supranto (2004), Suhartono (2008), dan Widarjono (2015). Riyanto (2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis multivariate melalui penelitian ini dapat diinformasikan beberapa hal menarik untuk memahami tentang karakteristik dan klasifikasi lokasi penelitian berdasarkan parameter fisika-kimia yang dominan.

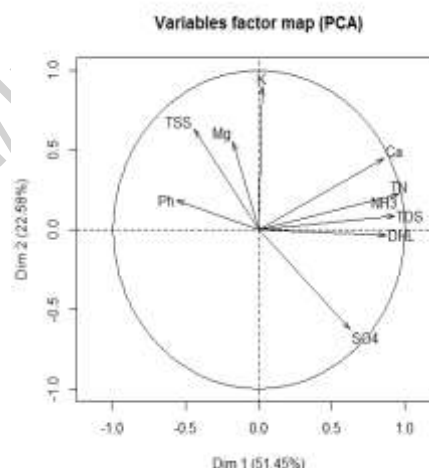
Analisis multivariate didahului dengan analisis PCA yang bertujuan menjelaskan sebanyak mungkin varian data asli dengan sedikit mungkin komponen utama terbentuk, yang disebut Dimensi / Faktor. Jadi akan diperoleh data baru sebagai hasil reduksi dari data asli berupa variabel lingkungan dan lokasi penelitian yang dominan namun representative dalam menerangkan kondisi danau.

Pada Penelitian ini terbentuk 2 Dimensi/Faktor dengan prosentase cumulative variance sebesar 62.68 %.. Nilai ini merupakan kontribusi dari Dimensi / Faktor terhadap seluruh variance dari variabel data awal/asli. Variabel lingkungan yang dapat memberi kontribusi sebesar 62.68 % tertera pada Tabel 01. Besaran

Dimensi 1 dan dimensi dapat dilihat pada Gambar 2

Tabel 01. Kesepuluh variabel lingkungan hasil reduksi data

Parameter Fisik Kimia	Dim 1	Dim 2
Total Disolved Solid(TDS)	0.860	-0.218
Total Suspended Solid (TSS)	-0.199	0.280
Daya hantar Listrik (DHL)	0.782	-0.205
pH	-0.439	0.182
Kalsium (Ca)	0.916	0.157
Magnesium (Mg)	0.000	0.759
Kalium (K)	0.195	0.814
Sulfat (SO ₄)	0.374	-0.682
Total Nitrogen	0.979	0.002
Amoniak (NH ₃)	0.967	0.024

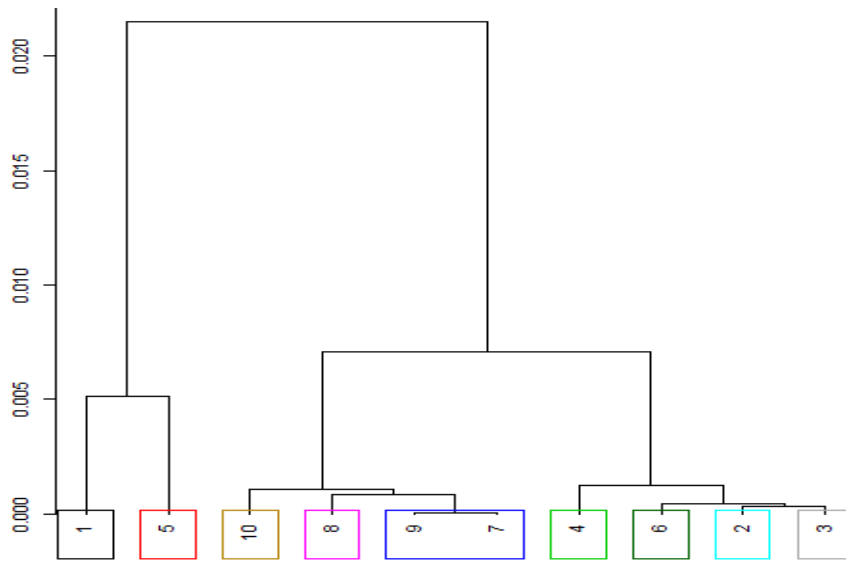


Gambar 2. Peta PCA dari variabel lingkungan yang telah direduksi

Sedangkan untuk melihat pengelompokan lokasi penelitian yang relatif homogen dari data hasil reduksi ditampilkan dalam bentuk kluster (Gambar 12). Cluster pertama lokasi penelitian 1 dan 5 menunjukkan homogeny pada parameter fisik TDS dan DHL walaupun pada lokasi 1 yang dominan pula adalah parameter Ca, SO₂, Total nitrogen, dan Amoniak (Lampiran 03). Pada Cluster kedua (Lokasi penelitian 7,8,9, 10) terlihat 10 faktor fisika-kimia pada empat lokasi penelitian tersebut cenderung relative

homogen. Demikian pula pada Kluster ketiga (lokasi penelitiann 2,3,4, dan 6)

memiliki 10 parameter fisika-kimia yang relative homogeny



Gambar 2. Kluster dari Lokasi Penelitian yang telah direduksi

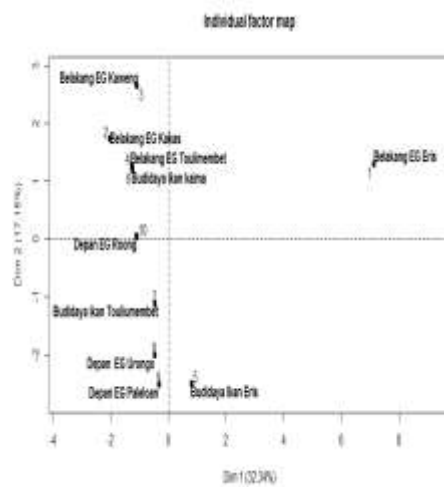
2. Belakang Eceng Gondok Kakas	7. Budidaya Ikan Toulimembet
3. Belakang Eceng Gondok Kaweng	8. Depan Eceng Gondok Urongo
4. Belakang Eceng Gondok Toulimembet	9. Depan Eceng Gondok Paleloan
6. Budidaya Ikan Kaima	10. Depan Eceng Gondok Roong
1. Belakang Eceng Gondok Eris	
5. Budidaya Ikan Eris	

Pemetaan lokasi lokasi penelitian dan variabel lingkungan (fisik-kimia air) dikerjakan melalui paket FactoMineR dengan mengoperasikan Factor Analysis of Mixed Data (FAMD) . hasil analisisnya disajikan pada peta sebaran lokasi-lokasi penelitian (Gambar 3).

Analisis Dimensi :

Berdasarkan analisis terhadap tampilan data pada Gambar 3, ke empat Lokasi penelitian yaitu bagian danau di belakang Eceng Gondok Eris, Belakang Eceng Gondok Kakas, Budidaya ikan Kaima, Depan Eceng Gondok Roong termasuk dalam Dimensi 1 yang memiliki faktor faktor lingkungan pada dimensi 1 yakni TDS,

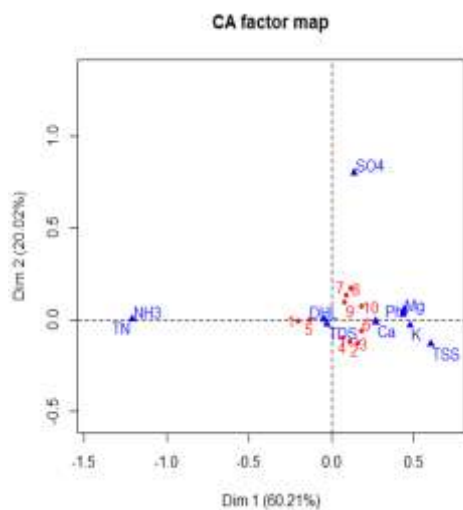
DHL, pH, Ca, Total Nitrogen, dan NH3 yang membedakan dengan Dimensi 2.



Gambar 3. Sebaran lokasi penelitian yang telah mengalami reduksi

Ke enam Lokasi penelitian yaitu bagian danau di belakang Eceng Gondok Kaweng, belakang Eceng Gondok Toulimembet, Budidaya ikan Eris, Budidaya ikan Toulimembet, Depan Eceng Gondok Urongo, dan depan Eceng Gondok Paleloan yang mempunyai 4 faktor lingkungan pada dimensi 2 yakni TSS, Mg, K, dan SO₄ yang membedakan dengan Dimensi 1. Hal ini berarti Dimensi 2 mengandung faktor dominan TSS, Mg, K, dan SO₄, yang paling membedakan dibanding ke enam lokasi penelitian pada Dimensi 1. Harus didukung Fakta bahwa Dimensi 1 mengandung sejumlah variabel lingkungan dominan, sedangkan Dimensi 2 mengandung variabel dominan yang lain.

Berdasarkan Correspondence Analysis yang menempatkan obyek kajian dalam grafik (map) sekaligus dengan variabel-variabel lingkungan (obyek) dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Kedekatan lokasi penelitian dengan variabel lingkungan

Analisis

1. Lokasi penelitian daerah belakang eceng gondok Eris yaitu daerah sekitar sempadan danau dan daerah budidaya ikan memiliki kelebihan variabel lingkungan yaitu Total Dissolved Suspended (TDS), Daya hantar Listrik (DHL), Total nitrat

(TN), dan Amoniak (NH₃) dibanding 8 lokasi penelitian lainnya.

2. Lokasi penelitian di daerah Budidaya ikan Toulimembet, Depan Eceng gondok Urongo, Depan Eceng gondok Paleloan, dan Depan Eceng Gondok Roong memiliki kedekatan dengan variabel lingkungan yaitu pH, Magnesium, dan Sulfat (SO₄).
3. Lokasi penelitian di daerah Belakang eceng Gondok Kakas, Belakang Eceng Gondok Kaweng, Belakang eceng Gondok Toulimembet, dan Budidaya ikan Kaima memiliki kedekatan dengan variabel Total Suspended Solid (TSS), Calsium (Ca), dan Kalium (K).

Koefisien korelasi (r) dari data yang telah direduksi antara variabel variabel lingkungan dapat dilihat pada Tabel 02. Keeratan hubungan antara variabel fisika-kimia dalam suatu set variabel lingkungan dapat diterangkan berdasarkan koefisien korelasinya. Apabila terdapat korelasi positif dan cukup besar antara dua variabel lingkungan maka dapat dikatakan apabila satu variabel konsentrasinya naik akan menyebabkan pula kenaikan konsentrasi dari variabel yang berkorelasi dengan variabel tersebut.

Penilaian kualitas air danau Tondano di musim kemarau berdasarkan kriteria kualitas bagi lingkungan perairan dan parameter fisika kimia air yang di periksa bahwa danau Tondano memiliki tingkat kesuburan perairan yang dikategorikan sedang sampai tinggi (variasi berdasarkan lokasi penelitian). Selain itu danau Tondano layak atau tidak membahayakan kehidupan ikan. Penilaian ini dapat dilihat pada Lampiran 06. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, kualitas air danau Tondano berdasarkan parameter fisik-kimia air yang diukur menyatakan bahwa Total Suspensi Solid (TSS), Total Disolved Solid (TDS), pH memenuhi kriteria yang

disyaratkan, kadar amoniak sedikit besar dan untuk kegiatan perikanan

konsentrasinya ≤ 0.02 mg/L, sedangkan sulfat disyaratkan untuk

Tabel 2. Koefisien korelasi (r) antara faktor fisika-kimia dari data yang telah direduksi

	TDS	TSS	DHL	pH	Ca	Mg	K	SO ₄	TN	NH ₃
TDS	1	-0.331	0.978	-0.336	0.802	-0.046	-0.039	0.436	0.882	0.882
TSS		1	-0.367	0.446	-0.076	0.123	0.529	-0.549	-0.286	-0.287
DHL			1	-0.267	0.626	-0.076	-0.202	0.444	0.783	0.783
pH				1	-0.385	0.053	-0.013	-0.0537	-0.481	-0.481
Ca					1	-0.004	0.438	0.264	0.922	0.879
Mg						1	0.451	-0.492	-0.112	-0.112
K							1	-0.452	0.260	0.259
SO ₄								1	0.487	0.487
TN									1	1.000
NH ₃										1

kebutuhan air minum, nitrat, fosfat, dan besi disyaratkan bagi kebutuhan air sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga yang dapat digolongkan I dan II, namun tidak disyaratkan untuk penggunaan air bagi keperluan perikanan, peternakan, pertanian, usaha perkotaan, industri, dan listrik tenaga air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan Penilaian Kumulatif kualitas air danau secara fisika dan kimia di musim kemarau panjang tahun 2015 pada 24 lokasi penelitian dengan 14 variabel lingkungan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

(1) Kualitas air danau yang tergolong parameter fisika yaitu varitu Daya Hantar Listrik (DHL) memiliki nilai ≥ 400 $\mu\text{mhos/cm}$ terdapat di lokasi budidaya ikan Eris, muara Sungai Noongan, belakang Eceng gondok Eris, daerah bidibudidaya ikan Eris, bagian tengah danau depan Watumea, dan tengah danau depan Urongo. Konsentrasi TSS cenderung sama di semua lokasi penelitian dengan variasi

10 – 20 mg/L. sedangkan konsentrasi TDS cenderung tinggi di daerah budidaya ikan Eris, dan di bagian Tengah danau depan Watumea. Selanjutnya kualitas air danau yang tergolong parameter kimia berdasarkan ion-ion utama di perairan menunjukkan konsentrasi Ca dan SO₄ lebih tinggi di lokasi belakang eceng gondok Eris. Sedangkan berdasarkan ion-ion yang terdapat dalam jumlah sedikit menunjukkan nilai Total Nitrogen (TN), Amoniak (NH₃), nielakang eceng gondok Eris. trat, Total Fosfat, Fosfat terlarut lebih tinggi di lokasi pemelitan belakang eceng gondok Eris..

(2) Berdasarkan kriteria penilaian kualitas air secara umum dan berdasarkan PP No. 81 Tahun 2001 maka danau Tondano memiliki tingkat kesuburan sedang sampai tinggi sesuai dengan kondisi di masing-masing bagian danau, air danau Tondano layak bagi kehidupan biota air khususnya ikan sehingga baik bagi usaha perikanan,

(3) Berdasarkan analisis multivariate yang menggunakan 14 parameter variabel lingkungan dan 24 lokasi penelitian diperoleh 10 parameter variabel lingkungan dan 10 lokasi

penelitian sebagai hasil reduksi data yang mana mampu menjelaskan 62.68 % Total varian dari 10 variabel lingkungan. Kesepuluh faktor dominan tersebut adalah TDS, DHL, pH, Ca, Total Nitrogen, dan NH₃ yang termasuk Dimensi atau Faktor pertama, dan Dimensi / Faktor kedua adalah TSS, Mg, K, dan SO₄. Berdasarkan analisis Kluster dari data yang direduksi diperoleh 3 cluster dimana setiap kluster memiliki homogenitas terhadap faktor lingkungan. Kluster pertama adalah lokasi penelitian belakang eceng Gondok Eris dan Budidaya

(4) Ikan Eris, Kluster kedua daerah budidaya ikan Toulimembet, Depan Eceng gondok Urongo, depan eceng gondok Paleloan, dan depan eceng gondok Roong, Kluster ketiga di lokasi belakang eceng gondok kakas, belakang Eceng Gondok Paleloan, dan Depan eceng gondok Kaweng, belakang eceng gondok Toulimembet, dan daerah budidaya ikan Kaima. Selanjutnya kedekatan lokasi penelitian dengan variabel lingkungan menunjukkan variabel dominan Amoniak, Total nitrogen, DHL, dan TDS terdapat di lokasi belakang eceng gondok Eris dan daerah budidaya ikan Eris. Sedangkan di lokasi Budidaya ikan Toulimembet, depan Eceng Gondok Urongo, depan eceng gondok Paleloan, dan depan eceng gondok Roong terdapat variabel dominan pH, Mg, dan SO₄. Di lokasi penelitian belakang eceng gondok kakas, belakang eceng gondok kaweng, Belakang eceng gondok Toulimembet, dan daerah budidaya ikan terdapat variabel domain calcium (Ca), K, dan TSS.

Saran

(1) Masih penelitian dibutuhkan penelitian tentang variabel lingkungan yang dapat menjelaskan produktivitas perairan, indeks kualitas air secara

menyeluruh, dan kesehatan lingkungan danau.

(2) Perlu menghimpun seluruh informasi tentang danau Tondano melalui hasil-hasil penelitian terdahulu dan terkini untuk mendapatkan data time series yang berguna dalam rangka pengelolaan danau.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Lingkungan Hidup, 2011. *Profil 15 danau Prioritas Nasional*. KLH, Jakarta.
- Londa T.K. 2006. *Pemetaan kualitas Air Danau Tondano Kabupaten Minahasa*. Materi seminar nasional "Mencermati pendangkalan Danau Tondano dan upaya penanggulangannya. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Manado.
- Riyanto, A. 2012. *Penerapan Analisis Multivariat dalam Penelitian Kesehatan* (Dilengkapi contoh kasus serta aplikasi Program SPSS dan Exel. Cetakan I. Penerbit Mulia Medika. Yogyakarta.
- Rondo, M., Sampekalo, J., dan J.F.W.S. Tamanampo, 2014. *Ekologi dan Manajemen Danau Tondano*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat, Manado.
- Soeroto, B., L.J.L.Lumingas, S.B. Pratasik, F.F.Tilaar, F.B.Boneka, J.F.W.S. Tamanampo, B. Poluan, 1999. *Biota danau dan sungai Tondano: Tinjauan tentang kualitas perairan*. Lap. Penelitian. Kerjasama Dinas Pekerjaan Umum Sulut – Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat, Manado.
- Soerjani, M., S. Wargasmita., F. Abdurrahman., A. Djilil., dan H. Susilo. 1975. *Ekologi Danau Tondano*. Kerjasama Penelitian Universitas Indonesia, Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam,

- Jurusan Biologi dengan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Suhartono, 2008. Analisis Data Statistik dengan R. Laboratorium Statistik Komputasi, ITS, Surabaya. 298 Hal.
- Supranto J. 2004. Analisis Multivariat (Arti dan interpretasi). Penerbit PT Rineka Cipta. Jakarta. 359 Hal.
- Suratmo F.G. 2002. Analisis mengenai Dampak Lingkungan. Gadjamada University Press. Yogyakarta. 318 Hal.
- Tamanampo, J.F.W.S., M. Rondo., B. Soeroto. 1995. Komunitas Gulma Air sebagai indikator Eutrofikasi Danau Tondano, Sulawesi Utara. Lap. Penelitian. P2M Dikti. Fakultas Perikanan Unsrat.
- Tamanampo, J.F.W.S., G. Manu, F. Lumoindong, dan H. Simbala, 2007. Program Pengendalian Kerusakan Ekosistem Danau Tondano di Propinsi Sulawesi Utara. Kementerian Negara Riset dan Teknologi. Jakarta.
- Tamanampo, J.F.W.S. dan R.O.S.E. Mantiri, 2009. Profil ekosistem Danau Tondano dalam rangka pelestariannya. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Unsrat, Manado
- Widiarjono, A. 2015. Analisis Multivariat Terapan (dengan Program SPSS, Amos, dan Smartpls). Edisi Kedua. UPP STIM YKPN. Yogyakarta. 30