

## KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIAWI LIMNOLOGI DANAU-DANAU KECIL DI PULAU JAWA

Sulastri\*, Tri Suryono\*, Yoyok Sudarso\*, & Rosidah\*\*

### ABSTRAK

*Perluasan penggunaan lahan daerah aliran sungai (DAS) dan pemanfaatan yang intensif sumberdaya perairan danau di Pulau Jawa menyebabkan masalah kualitas air. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui karakteristik limnologi dan klasifikasi tingkat kesuburan serta pencemaran danau-danau kecil di Pulau Jawa. Penelitian dilakukan di 19 danau kecil di Pulau Jawa pada tahun 2005 – 2006. Luasan danau dan penggunaan lahan di DAS dianalisis menggunakan sistem informasi geografi. Parameter fisika-kimia perairan diukur menggunakan Water Quality Checker dan analisis laboratorium. Pengelompokan danau menggunakan analisis komponen utama (PCA) dan hubungan karakteristik fisika-kimiawi perairan dianalisis menggunakan korelasi Pearson. Luasan danau berkisar antara 1,1 – 213,3 Ha, sedangkan penggunaan lahan di DAS umumnya untuk aktivitas peratanian dan pemukiman. Penggunaan lahan untuk tumbuhan rumput berkorelasi dengan konsentrasi nitrat, sedangkan untuk perladangan dan perkebunan berkorelasi dengan tingkat kekeruhan perairan. Gradien letak ketinggian berkorelasi dengan suhu dan konsentrasi fosfat di perairan. Umumnya danau yang diamati terklasifikasi pada tingkat kesuburan dan tercemar sedang kecuali Telaga Regulo dan Situ Lembang memiliki kualitas perairan yang baik dan dapat dijadikan lokasi rujukan untuk monitoring dan evaluasi perubahan kualitas air danau kecil di Pulau Jawa. Danau yang diamati terklasifikasi menjadi empat kelompok berdasarkan karakteristik fisika-kimia perairan*

**Kata kunci :** Fisika, kimia, limnologi, danau-danau kecil

### ABSTRACT

**CHARACTERISTIC OF PHYSICAL AND CHEMICAL LIMNOLOGY OF SMALL LAKES IN JAVA ISLAND.** *The extension of land use in watershed and intensive utilization of lake waters resource in Java have a problem of water quality. The study was aimed to elucidate the characteristic of physical-chemical limnology, the state of tropic and waters pollution condition of lakes. The study was conducted in 19 small lakes of Java in 2005 to 2006. The area of lakes and land use in watershed were analysis by geographycal information system. Physical, chemical parameters were measured in situ using Horiba U-10 Water Quality Checker. Alkalinity, sulphate, CO<sub>2</sub>, nutrient and chlorophyll-a were analyzed according to Standard Method. Principle component analysis (PCA) was used to classify of lakes. Relationship of physical and chemical parameters was analyzed by Pearson correlation. The area of lakes range from 1.1 to 213.3 ha and land use in watershed mostly has developed for agriculture and settlement. Land use for grass correlated to nitrate and land use for dry land and plantation correlated to turbidity. Gradient of altitude correlated to temperature and phosphate in the waters. Generally lakes were medium eutrophic and polluted except Lake Lembang and Regulo have good water quality and representative as reference site for monitoring water quality changes of small lakes. There were four group of lakes base on physical chemical characteristic.*

**Keywords :** Physical, chemical, limnology, small lakes

---

\* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

\*\* Teknisi Litkayasa Puslit Limnologi-LIPI

## PENDAHULUAN

Pada umumnya danau-danau alami di Pulau Jawa memiliki ukuran kecil ( $< 10 \text{ Km}^2$ ) dibandingkan dengan danau-danau di Sumatera, Sulawesi dan Papua (Uchida, 1997). Namun demikian danau-danau di Pulau Jawa jumlahnya cukup banyak dan memiliki peran penting untuk mendukung kehidupan masyarakat, yakni sebagai sumber air bersih, pembangkit tenaga listrik, perikanan tangkap dan perikanan budidaya dalam karamba jaring apung (KJA) serta wisata dan pengendali banjir.

Di Jawa Barat danau kecil dikenal dengan nama Situ, di Jawa Tengah disebut Telaga, sedangkan di Jawa Timur disebut Ranu. Jumlah danau-danau kecil di Jawa belum banyak diketahui, namun di Jawa Barat saja khususnya di wilayah Bogor, Jakarta, Tangerang dan Bekasi jumlahnya lebih dari 200 situ dengan kisaran luasan antara 1 – 160 Ha (Anonimus 1986).

Penelitian limnologi danau-danau di Pulau Jawa sudah dilakukan sejak lama seperti kegiatan Ekspedisi Sunda tahun 1928, yang banyak mengkaji tentang kondisi kualitas air dan jenis-jenis biota perairan danau di Jawa, Bali dan Sumatra (Thienemann, 1930). Demikian juga penelitian limnologi lainnya umumnya mengkaji produktivitas primer, kondisi komunitas biota dan kualitas air dan tingkat kesuburan perairan, misalnya yang dilakukan oleh Sulastri & Nomosatriyo (2000), Sulastri & Nomosatriyo (2005) dan Sulawesty *et al.*, (2008). Penelitian tentang karakteristik limnologi dikaitkan kondisi penggunaan lahan di wilayah DAS di danau-danau kecil di Pulau Jawa belum banyak dilakukan. Penelitian karakteristik limnologi yang mengkaitkan kondisi fisik seperti penggunaan lahan di DAS, dengan kondisi kimiawi dan biologi perairan danau di Pulau Jawa dilakukan oleh Sulastri *et al.* (2008), namun hanya mencakup beberapa danau-danau kecil di Jawa Barat. Menurut Wetzel (1983) dan Abell *et al.* (2000)

karakteristik fisik, kimiawi limnologi dan komunitas biota perairan danau sangat bervariasi tergantung pada kondisi geologi, morfometri dan juga biografi serta pengaruh antropogenik.

Padatnya jumlah penduduk di Pulau Jawa meningkatkan perluasan penggunaan lahan di DAS dan pemanfaatan sumberdaya perairan danau yang intensif. Kondisi ini dapat dilihat misalnya di Ranu Pakis, Ranu Grati di Jawa Timur serta Telaga Menjer di Jawa Tengah, yang selain dimanfaatkan untuk wisata dan perikanan tangkap juga dimanfaatkan untuk perikanan budidaya ikan dalam KJA, bahkan Telaga Menjer juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik (PLTA). Meningkatnya pemanfaatan yang intensif wilayah DAS dan sumberdaya perairan danau dapat meningkatkan pasokan hara dan menyebabkan masalah kualitas air, seperti eutrofikasi.

Danau-danau kecil merupakan danau yang dangkal sehingga masukan bahan-bahan organik dari DAS atau daratan sekitarnya akan mempercepat penyuburan perairan (Wetzel, 2001). Menurut Gergel *et al.*, (1999) dan Knoll *et al.*, (2003) bahwa penggunaan lahan di daerah tangkapan air mempengaruhi kondisi kimia air danau, oleh karena itu danau-danau di wilayah urban menunjukkan tingkat konsentrasi nitrat dan fosfat yang tinggi dan mendukung tingkat kesuburan perairan.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui karakteristik fisik, kimiawi limnologi dan klasifikasi tingkat kesuburan serta pencemaran danau sebagai data dasar dalam mengembangkan sistem monitoring dan evaluasi perubahan kualitas air danau-danau kecil di Pulau Jawa.

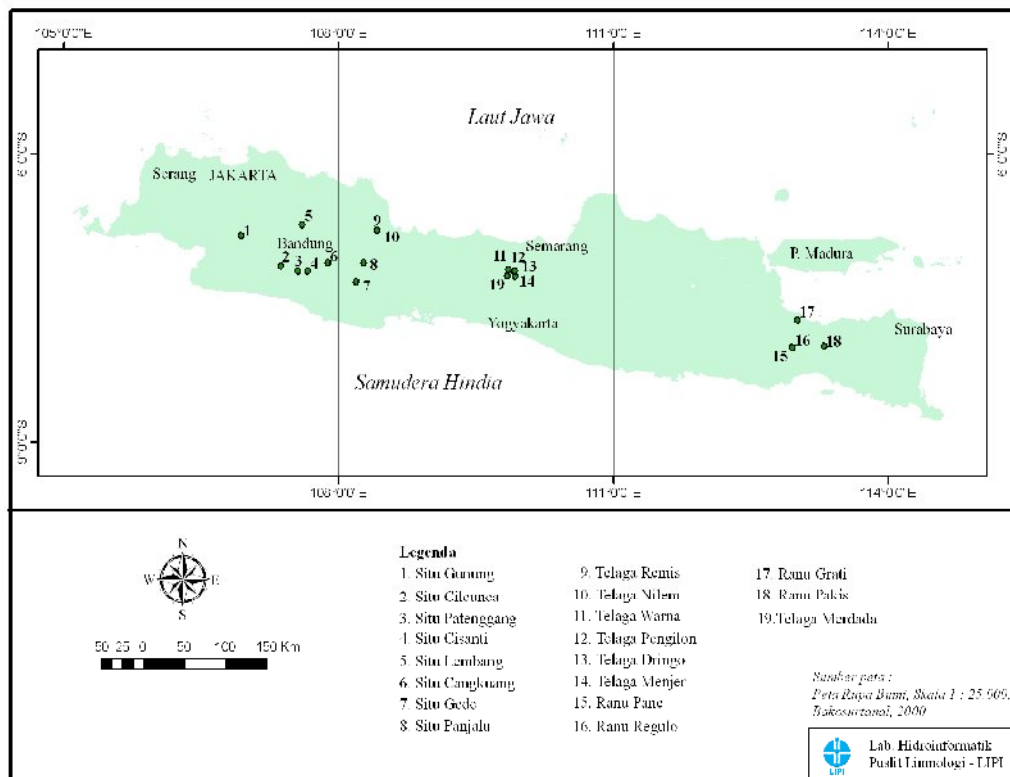
## BAHAN DAN METODE.

Penelitian dilakukan pada tahun 2005 – 2006 di 19 danau kecil di Pulau Jawa (Gambar 1). Deskripsi kondisi fisik masing-masing danau disajikan pada Tabel 1. Kondisi fisik danau yang mencakup kondisi

penggunaan lahan wilayah DAS dan luasan danau dianalisis dilaboratorium GIS Puslit Limnologi-LIPI menggunakan peta rupa bumi, dengan skala 1:25.000 yang diterbitkan oleh Badan Kordinasi dan Survei Tanah Nasional (Bakorsultanal).

Suhu, turbiditas, konduktivitas, pH dan DO perairan diukur secara insitu menggunakan *Water Quality Checker* (WQC) Horiba-U. Kecerahan air diukur menggunakan cakram Secchi. Contoh air untuk pengukuran parameter lainnya seperti total nitrogen (T-N), nitrat, total fosfor (T-P), kandungan karbon dioksida CO<sub>2</sub> dan alkalinitas diambil dengan menggunakan *Snatch Bottle Sampler* pada lapisan permukaan, kedalaman cakram Secchi, pada dasar perairan danau atau mendekati kedalaman eufotik yakni dua kali kedalaman cakram Secchi atau tergantung dari kedalaman danau.

Contoh air diambil pada tiga stasiun untuk setiap danau yang diamati. Contoh air yang diperlukan untuk analisis total nitrogen, nitrat dan total fosfor diawet dan dianalisis di Laboratorium Hidrodinamika P<sub>2</sub>L-LIPI merujuk Anonimus (1992). Sampel klorofil-a diambil dengan menyaring air sebanyak 200 mL menggunakan kertas saring GF/C dan dianalisis menggunakan metode kolorimetrik. Alkalinitas dan CO<sub>2</sub> diukur langsung dilapangan menggunakan metode titrasi, sulfat dianalisis menggunakan metode korimetrik. Nitrat dianalisis dengan metode brusin, sedangkan untuk total nitrogen sample didistruksi menggunakan peroxodisulphate dan total nitrogen dianalisis dengan metode brusin. Fosfat dianalisis menggunakan metode asam askorbat, sedangkan untuk total fosfor sample didistruksi dengan peroxodisulphate dan total fosfor dianalisis menggunakan metode asam askorbat.



Gambar 1. Lokasi Danau-danau yang Diamati

Nilai kedalaman cakram Secchi, konsentrasi total fosfor serta klorofil-a digunakan untuk menghitung indeks kesuburan perairan (TSI). Penghitungan indeks kesuburan (TSI) merujuk Carlson (1977). Nilai suhu, pH, DO, turbiditas dan nitrat digunakan untuk menghitung indeks kualitas air INFS (National Sanitation Foundation-Water Quality Index). Penghitungan indeks kualitas air INFS merujuk Ott (1978).

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Trofik untuk Danau Berdasarkan Nilai Indeks Status Trofik yang Disajikan Carlson (1997).

Nilai indeks status trofik (TSI)	Klasifikasi status trofik
30 – 40	Oligotrofik
40 – 50	Mesotrofik
60 – 70	Medium eutrofik
70 – 80	Eutrofik
> 80	Hiper eutrofik

Sedangkan kriteria pencemaran berdasarkan perhitungan indeks kualitas air INSF adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Pencemaran Perairan Berdasarkan Ott (1978).

Kisaran Nilai INSF	Kriteria atau Kondisi Perairan
0 - 25	Tercemar sangat berat
26 - 50	Tercemar berat
51 - 70	Tercemar sedang
71 - 90	Tercemar ringan
91 - 100	Belum tercemar

Sumber : Ott 1978

Analisis komponen utama (*Prinsiple Component Analysis*) digunakan untuk mengelompokkan danau berdasarkan karakteristik fisik, kimiawi perairan. Penggunaan Principle Component Analysis (PCA) merujuk Quin & Keough (2002). Analisis PCA menggunakan program MPSP Versi 31. Hubungan kondisi penggunaan

lahan dengan kualitas air danau dianalisis dengan *Pearson correlation* menggunakan program Biostat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Diskripsi Kondisi fisik danau.

Danau yang diamati mewakili danau-danau yang terletak di dataran rendah (Ranu Grati, Ranu Pakis dan Situ Gede) dan dataran tinggi (Telaga Menjer, Telaga Pengilon, Telaga.Warna, Telaga .Merdada dan Telaga Dringo) (Tabel 3). Ranu. Grati terletak pada ketinggian 110 m di atas permukaan laut dengan kedalaman maksimum 130 m, menunjukkan bahwa dasar danau terletak di bawah permukaan laut, sedangkan Ranu Pakis merupakan danau yang paling dalam (156m) (Chrismada & Sulastri 1996, Thienemann, 1930). Beberapa danau terbentuk dari aktivitas vulkanik seperti Ranu Grati, Ranu Pakis dan beberapa danau di dataran tinggi Dieng (Thienemann, 1930, Tjetjep, 1995).

Indikasi bahwa terbentuknya dari aktivitas vulkanik dapat dilihat diantaranya dari substrat dinding danau yang terdiri dari kerikil dan pasir seperti di Ranu Grati.

Hasil pemetaan luasan danau menunjukkan kisaran 1,1 – 213,3 Ha dan ditinjau dari pemanfaatannya menunjukkan fungsi danau di Pulau Jawa sangat mendukung kehidupan masyarakat di sekitarnya. Pemanfaatan danau selain untuk memenuhi kebutuhan air bersih, kegiatan perikanan, irigasi pertanian, pembangkit tenaga listrik (PLTA) dan wisata, juga untuk pusat latihan TNI.

Berkembangnya penggunaan lahan wilayah DAS danau-danau kecil di Pulau Jawa dapat dipahami karena merupakan pulau yang padat penduduk sehingga diperlukan perluasan lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan dan wilayah pemukiman. Berkembangnya pemanfaatan lahan di wilayah DAS dapat berpengaruh terhadap kondisi kualitas air danau. Seperti yang dilaporkan oleh Pienitz *dalam* Ruhland *et al.*, (2003) perubahan konsentrasi

Tabel 3. Nama Lokasi dan Deskripsi Kondisi Fisik Danau yang Diamati

Nama Danau	Kabupaten	Ketinggian (A)	A (Ha)	Z <sub>max</sub> (m)	Pemanfaatan	Tata guna lahan DAS (%)						Tempat sampling & tipe pembentukan danau
						Hu	Se	Sa	L&K	Ru	Pe	
Cisanti	Bandung	1599	11,4	1,1	PT, W	77,77	0,2	0,0	0,0	22,003	0,0	Tengah & tepian danau
Cileunca	Bandung	1000	213,3	13	PT, W, AB, I	7,94	12,24	26,48	45,0	0,00	8,5	Tengah dan Tepian danau
Cangkuang	Garut	400	8,3	2	PT, W, AB	15,2	10,94	51,49	14,16	0,00	8,22	Tengah dan Tepian danau
Gunung	Bandung	1049	10,8	-	PT, W	100,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	Tengah & tepian danau
Lembang	Bandung	1500	5,8	6	Pusat Pelatihan TNI	84,8	1,1	0,00	7,3	6,8	0,00	Tepian danau
Patenggang	Bandung	1000	52	4	PT, W	27,4	2,10	0,00	68	0,1	2,4	Tengah & Tepian danau
Gede	Garut	400	55,8	5	I	22,2	27,6	38,6	0,3	0,00	9,9	Tengah & Tepian
Lengkong	Ciamis	700	55,6	3	PT, W	0,00	3,5	16,28	56,41	0,00	23,81	Tengah & Tepian danau
Remis	Kuningan	263	2,7	8,7	W	0,0	71,9	0,0	28,1	0,00	0,0	Tengah & tepian danau
Nilem	Kuningan	227	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	Tepian danau
Menjer	Wonosobo	1226	61,0	55,0	W, PT, PLTA, KJA	0,0	5,43	45,78	48,74	0,0	0,05	Tengah dan tepian danau Vulkanik**
Merdada	Wonosobo	2096	17,86	-	I	0,0	36,7	0,00	45,23	1,43	16,64	Tepian danau Vulkanik**
Warna	Wonosobo	2085	12,7	20 **	W	0,0	0,0	0,0	94,1	0,0	5,9	Tepian danau Vulkanik**
Pengilon	Wonosobo	2096	7,8	-	W	0,0	0,0	0,0	95,95	2,82	1,23	Tepian danau Vulkanik**
Dringo	Wonosobo	2099	9,8	-	PT	20,91	0,0	0,0	2,15	67,94	0,0	Tepian danau Vulkanik**
Grati	Pasuruan	110	189,1	130,0***	W, PT, KJA	0,0	3,61	44,64	21,4	1,31	29,03	Tengah & tepian, Vulkanik*
Pakis	Lumajang	245	47,9	156,0*	PT, AB, KJA	0,0	9,20	0,0	16,9	0,00	73,9	Tengah & tepian Vulkanik*
Pane	Lumajang	2100	7,3		W	-	-	-	-	-	-	Tepian danau
Regulo	Lumajang	2100	3,0		W	-	-	-	-	-	-	Tepian danau.

Keterangan : PT: Perikanan Tangkap; W: Wiata; , AB: Air Bersih; I: Irigasi; KJA: Karamba Jaring Apung; TNI: Tentara Nasional Indonesia.

PLTA: Pembangkit Tenaga Listrik; Hu: Hutan, Se: Semak, Sa: Sawah, L&K: Ladang dan kebun, Ru: Rumput, Pe: Pemukiman

\* Thienemann (1930); \*\* Tjetjep (1995); \*\*\* Chrismadha & Sulastri 1996.

karbon organik terlarut (DOC) dan konsentrasi nutrisi mempunyai hubungan yang kuat dengan kondisi vegetasi di wilayah tangkapan airnya. Hasil analisis korelasi (Tabel 5) menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara penggunaan lahan wilayah DAS yang ditumbuhi rumput dengan konsentrasi nitrat di perairan danau yang diamati. Demikian juga penggunaan ladang di wilayah DAS mempunyai hubungan positif dengan tingkat kekeruhan di perairan danau.

### **Kondisi fisika, kimia perairan**

Hasil pengamatan kondisi fisika-kimiawi perairan menunjukkan nilai pH pada kondisi umum dijumpai di perairan tawar (6,16 - 8,73) kecuali Telaga Warna memiliki nilai pH yang rendah (2,54) (Tabel 4). Nilai pH di perairan tawar umumnya berkisar 6 - 9 (Harris, 1986). Rendahnya nilai pH di Telaga Warna terkait dengan karakteristik danau kawah yang masih aktif yang dicirikan banyaknya gas-gas seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S yang keluar dari dalam bumi dan selanjutnya gas tersebut dalam perairan membentuk larutan asam (Tjetjep, 1995; Kusakabe, 1995). Kondisi ini juga didukung oleh tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub> dan SO<sub>4</sub> di Telaga Warna (Tabel 4).

Konduktivitas berkisar 0,007 - 1,276 mS/cm. Nilai konduktivitas yang tinggi di jumpai di Telaga Warna. Konduktivitas merupakan gambaran kandungan konsentrasi ion dalam perairan (Tailing dalam Harris, 1986). Menurut Boyd (1982) jenis-jenis ion memiliki kemampuan yang berbeda dalam melakukan daya hantar listrik. Lebih lanjut dikemukakan bahwa di perairan tawar konduktivitas pada umumnya berkisar <0,25 - >0,500 mS/cm. Tingginya konduktivitas di Telaga Warna dapat dipahami, karena danau ini merupakan danau kawah yang memungkinkan konsentrasi ion-ionnya tinggi seperti terlihat tingginya konsentrasi sulfat (Tabel 4).

Turbiditas atau kekeruhan berkisar antara 5,39 - 47,47 NTU. Quinn *at al.* (1992) melaporkan peningkatan turbiditas >3 NTU dapat menurunkan kekayaan taksa dan kepadatan fauna makrozoobentos. Menurut Boyd (1982) turbiditas yang disebabkan oleh sedimen dapat membatasi penetrasi cahaya matahari dan mempengaruhi produktivitas perairan dan partikel-partikel yang mengendap ke dasar perairan akan menutupi telur ikan dan merusak komunitas bentik. Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara penggunaan lahan di DAS dengan turbiditas di perairan. Ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan untuk perladangan dan perkebunan mempengaruhi kondisi kekeruhan (turbiditas) perairan danau di Pulau Jawa. Di beberapa danau seperti Telaga Merdada dan Telaga Warna nilai turbiditas yang tinggi, juga sejalan dengan tingginya konsentrasi klorofil-a. Hasil analisis korelasi antara turbiditas dengan klorofil-a juga menunjukkan hubungan yang nyata pada level P < 0,05 (Tabel 5).

Nilai suhu menunjukkan kondisi yang umum di perairan tropis, berkisar 18,10 - 29,07°C. Hasil analisis korelasi memperlihatkan adanya hubungan yang kuat antara letak ketinggian (altitude) dengan suhu perairan danau (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa secara umum suhu sangat dipengaruhi oleh letak ketinggiannya.

Oksigen terlarut (DO) berkisar 0,67-10,78 mg/L. Konsentrasi DO yang lebih rendah dijumpai di Telaga Warna dan Ranu Pakis. Rendahnya DO di Ranu Pakis diduga terkait dengan penggunaan oksigen oleh bakteri untuk menguraikan material organik yang berasal dari aktivitas budidaya ikan dalam KJA, sedangkan rendahnya DO di Telaga Warna terkait dengan karakteristik danau kawah yang dicirikan oleh konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi, serta pH dan DO yang rendah.

Tabel 4. Rata-rata Nilai Parameter Fisika, Kimia Perairan Danau-danau yang Diamati

Parameter	Danau									
	Rm	Ni	Cs	Gn	Cl	Cn	Lm	Pt	Gd	Ln
pH	6,54	6,34	7,16	6,81	6,41	8,00	7,31	7,21	8,73	7,60
Konduktivitas (mS/cm)	0,129	0,135	0,157	0,034	0,059	0,364	0,018	0,046	0,353	0,033
Turbiditas (NTU)	40,67	18,87	10,74	10,94	31,26	23,38	5,39	22,22	18,71	18,20
Suhu (°C)	24,61	23,04	24,63	27,20	23,31	29,73	21,25	21,96	26,9	26,16
DO (mg/L)	8,97	6,24	8,04	6,99	8,68	6,86	7,63	8,53	9,70	7,59
Alkalinitas (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	70,89	70,06	71,94	23,03	23,1	142,84	4,89	17,78	97,44	19,65
CO <sub>2</sub> (mg/L)	6,864	13,499	2,626	2,388	-	-	-	-	-	-
SO <sub>4</sub> (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	0,371	0,279	0,102	0,002	0,257	0,213	0,069	0,123	0,010	0,078
T-N (mg/L)	0,773	0,685	0,553	0,496	0,977	0,667	0,156	0,534	0,603	0,224
O-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,044	0,055	0,021	0,015	0,014	0,015	0,008	0,028	0,010	0,012
T-P (mg/L)	0,068	0,065	0,038	0,025	0,054	0,049	0,015	0,067	0,052	0,035
INFS	60,36	54,09	63,49	60,61	68	51,61	81,85	77,92	76,99	79,67
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	3,31	0,04	17,81	20,03	29,4	13,72	8,84	15,89	9,46	43,95
TSI	53,41	38,47	57,19	59,54	63,49	59,82	47,71	58,92	58,78	64,37

Keterangan: Rm: Remis; Ni: Nilem; Cs: Cisanti; Gn: Gunung; Cl: Cileunca; Cn: Cangkuang; Lm: Lembang; Pt: Patenggang; Gd: Gede; Ln: Lengkong.

Lanjutan Tabel 4

Parameter	Danau								
	Mj	Md	Wn	Pg	Dr	Gt	Pk	Pn	Rg
pH	6,97	7,87	2,54	6,46	6,15	7,67	7,23	7,74	7,83
Kond (mS/cm)	0,147	0,179	1,276	0,110	0,581	0,333	0,318	0,061	0,007
Turbiditas (NTU)	9,07	34,00	47,47	33,94	15,00	11,47	12,50	12,34	12,00
Suhu (°C)	21,53	18,10	19,50	19,37	18,02	29,07	27,44	18,23	18,46
DO (mg/L)	8,45	5,36	0,67	8,71	3,74	7,06	1,47	10,41	10,78
Alkalinitas (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	52,93	63,36	0,00	43,77	40,70	226,06	219,31	26,82	2,28
CO <sub>2</sub> (mg/L)	0,92	3,83	165,4	0,31	9,24	30,09	34,08	13,82	7,051
SO <sub>4</sub> (mg/L)	-	-	229,1	16,59	7,67	-	-	-	-
N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	2,376	0,174	0,023	1,067	0,056	0,041	0,051	0,088	0,066
T-N (mg/L)	2,878	0,484	0,377	1,730	0,877	0,801	1,338	1,236	0,977
O-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,012	0,010	0,023	0,010	0,006	0,003	0,112	0,004	0,016
T-P (mg/L)	0,042	0,229	0,252	0,052	0,026	0,046	0,167	0,110	0,022
INFS	64,47	73,39	24,87	60,97	42,03	63,81	43,46	66,65	86,58
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	9,738	96,84	45,013	7,084	2,848	2,084	2,311	2,908	0,437
TSI	54,43	75,45	75,41	62,52	47	52,41	59,43	56,01	43,73

Keterangan: Mj: Menjer; Md: Merdada; Wn: Warna; Pg: Pengilon; Dr: Dringo; Gt: Grati; Pk: Pakis; Pn: Pane; Rg: Regulo.

Tabel 5. Koefisien Korelasi antara Parameter Fisik dan Kimiawi Perairan

Parameter	R
Altitude & Suhu	-0,8439***
Altitude & P-PO <sub>4</sub>	-0,4891***
Rumput & N-NO <sub>3</sub>	0,4764***
Ladang & Turbiditas	0,4225**
Turbiditas & klorofil-a	0,3207*
Turbiditas & pH	0,4531***
Turbiditas & konduktivitas	0,4389**
Konduktivitas & pH	0,6978***
TN & P-PO <sub>4</sub>	0,6286***
TP & pH	-0,5345***
TP & Konduktivitas	0,6369***
INSF & pH	0,7193***
INSF & konduktivitas	-0,7137***
INSF & DO	0,6812***
INSF & TP	-0,5723***
INSF & Alkalinitas	-0,4531***

\* P < 0,05 ; \*\* P < 0,005 , \*\*\* P < 0,001

Nilai alkalinitas umumnya tinggi (17,78 - 226,06 mgCaCO<sub>3</sub>/L), kecuali di Telaga Warna, Telaga Regulo, dan Situ Lembang masing-masing 0,00; 2,28 dan 4,89 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Menurut Moyle dan Mair dalam Boyd (1982), perairan alami yang memiliki alkalinitas lebih 40 mg/L dianggap perairan yang produktif atau subur. Alkalinitas yang tinggi dijumpai di Ranu Grati dan Ranu Pakis. Kondisi ini dapat dipahami karena selain danau dimanfaatkan untuk wisata dan perikanan tangkap juga dimanfaatkan untuk budidaya ikan dalam KJA.

Konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di beberapa danau berkisar 0,34 - 165,4 mg/L. Nilai CO<sub>2</sub> yang tinggi dijumpai di Telaga Warna dan nilai CO<sub>2</sub> yang rendah dijumpai di Telaga Pengilon. Seperti disebutkan diatas tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub> di Telaga Warna terkait dengan karakteristik danau kawah yang masih aktif yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan nilai pH serta DO yang rendah. Menurut Boyd (1982) pada konsentrasi CO<sub>2</sub> mencapai 60 mg/L maka untuk ikan dan beberapa jenis

biota akuatik lainnya dapat hidup hanya beberapa hari.

Nitrat berkisar antara 0,002-2,376 mg/L, nilai yang rendah dijumpai di Situ Gunung dan nilai yang tinggi dijumpai di Telaga Menjer dan Telaga Pengilon. Di perairan alami konsentrasi nitrat umumnya mencapai 1 mg/L (Goldman & Horne, 1983). Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara konsentrasi nitrat dengan penggunaan lahan di DAS yang ditumbuhi rumput. Konsentrasi nitrat yang tinggi di Telaga Menjer dan Telaga Pengilon selain dipengaruhi faktor penggunaan lahan di DAS untuk tumbuhan rumput diduga juga terkait dengan tingginya penggunaan ladang dan kebun serta kondisi yang terjal di sekitar danau-danau tersebut (Tabel 3). Adanya penggunaan ladang dan kebun yang tinggi serta kondisi dinding yang terjal di sekeliling danau menyebabkan sedimen mudah tererosi dan terbawa aliran air ke danau. Menurut Goldman & Horne (1983), nitrat merupakan senyawa yang mudah pindah melalui tanah atau sedimen; sedangkan fosfat lebih terikat pada partikel-partikel sedimen dan mengendap ke dasar perairan. Oleh karena itu fenomena yang sama juga terlihat pada konsentrasi total nitrogen (T-N) yang tinggi di kedua danau tersebut.

Rata-rata konsentrasi fosfat berkisar antara 0,004 - 0,112 mg/L, nilai yang rendah dijumpai di Ranu Pane dan Situ Lembang, sedangkan nilai yang tinggi dijumpai di Ranu Pakis. Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan yang negatif antara letak ketinggian danau dengan konsentrasi fosfat. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi letak ketinggian danau, maka konsentrasi fosfat semakin rendah. Kondisi ini dapat dipahami bahwa meningkatnya konsentrasi fosfat di danau dataran rendah dapat berasal dari aktivitas antropogenik atau pemukiman yang umumnya menempati wilayah dataran rendah misalnya seperti Ranu Pakis.



Rata-rata fosfat berkisar antara 0,015 - 0,252 mg/L (Tabel 2). Berdasarkan standard yang dikeluarkan SEPA (1991), parameter TP > 0,05 mg/L dan untuk TN > 1,5 mg/L dalam katagori perairan yang sangat kaya nutrien. Rata-rata nilai TP yang tinggi dijumpai di Telaga Warna, Telaga Merdada, Ranu Pakis dan Ranu Pane. Tingginya nilai TP di Telaga Warna, Telaga Merdada dan Ranu Pane diduga terkait dengan aktivitas pertanian dan perkebunan kentang, sedangkan di Ranu Pakis selain danau dimanfaatkan untuk budidaya ikan dalam KJA juga dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat sekitarnya.

Konsentrasi klorofil-a di beberapa danau menunjukkan nilai yang tinggi seperti Telaga Merdada, Telaga Warna dan Situ Lengkong (Tabel 5). Menurut nilai standard eutrofik untuk perairan danau, nilai rata-rata klorofil-a sebesar 14,3 mg/m<sup>3</sup> (Wetzel, 2001), sedangkan Handerson & Markland (1987) melaporkan konsentrasi klorofil-a perairan danau yang eutrofik berkisar 10 – 100 mg/m<sup>3</sup>. Telaga Warna memiliki konsentrasi klorofil-a yang tinggi namun konsentrasi DO dan kelimpahan fitoplanktonnya rendah (Sulastri, 2009). Ini menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a di Telaga Warna bukan berasal dari fitoplankton namun diduga dari bakteri sulfur berfotosintesis (*photosyntesis sulfur bacteria*) yang umum dijumpai di danau kawah. (Page *et al.*, 2004).

#### **Klasifikasi dan pengelompokan danau**

Nilai indek tingkat kesuburan danau menurut klasifikasi tingkat kesuburan yang disajikan Carlson (1977; Tabel 4) menunjukkan danau-danau kecil di Pulau Jawa umumnya terklasifikasi pada tingkat kesuburan yang sedang. Kondisi ini bisa dipahami karena danau-danau tersebut umumnya dimanfaatkan secara intensif dan penggunaan lahan di DAS untuk aktivitas pertanian yang dapat meningkatkan konsentrasi nutrien dan meningkatkan

populasi fitoplankton. Beberapa danau yang masih tergolong mesotrofik adalah Situ Lembang, Telaga Regulo, Situ Nilem dan Telaga Dringo dengan nilai TSI masing-masing 47,71; 43,73; 47,00; dan 38,47.

Indek kualitas air INFS (National Sanitation Foundation-Water Quality Index) (Tabel 2) yang dirujuk dari Ott (1978), menunjukkan bahwa pada umumnya tingkat kualitas air danau-danau di Pulau Jawa pada kondisi tingkat kualitas tercemar sedang. Danau yang tergolong sangat tercemar sampai tercemar berat adalah Telaga Warna, Telaga Dringo, dan Ranu Pakis yang memiliki nilai INSF masing-masing 24,87; 42,03 dan 43,60. Telaga Warna memiliki nilai INSF rendah yang diindikasikan oleh nilai DO dan pH rendah, demikian juga Ranu Pakis memiliki konsentrasi DO yang rendah. Telaga Dringo bila dilihat nilai TSI masih tergolong mesotrofik namun tingkat kualitas air terklasifikasi dalam tingkat kualitas perairan tercemar berat. Kondisi ini terkait dengan rendahnya konsentrasi DO dan tingginya nilai konduktivitas air danau tersebut (Tabel 4). Rendahnya DO dan tingginya konduktivitas Telaga Dringo diduga terkait kondisi fisik danau yang merupakan danau tadah hujan atau tidak memiliki aliran air masuk, sehingga jarang terjadi sirkulasi atau pergantian air, sementara pada musim kemarau terjadi penguapan air yang dapat meningkatkan kepekatan konsentrasi garam-garam ion. Pada sisi lain banyak tumbuhan di sekitarnya seperti rerumputan yang mengalami pembusukan dan memerlukan oksigen terlarut dalam proses pembusukan tersebut. Danau yang tergolong tercemar ringan adalah Telaga Regulo, Situ Lembang, Situ Lengkong, Situ Patenggang dan Situ Gede.

Analisis korelasi memperlihatkan adanya hubungan yang kuat antara indek kualitas air (INSF) dengan pH, DO, konduktivitas, TP dan alkalinitas (Tabel 5). Hal tersebut menunjukkan parameter ini merupakan parameter indikator yang potensial untuk mengklasifikasi tingkat

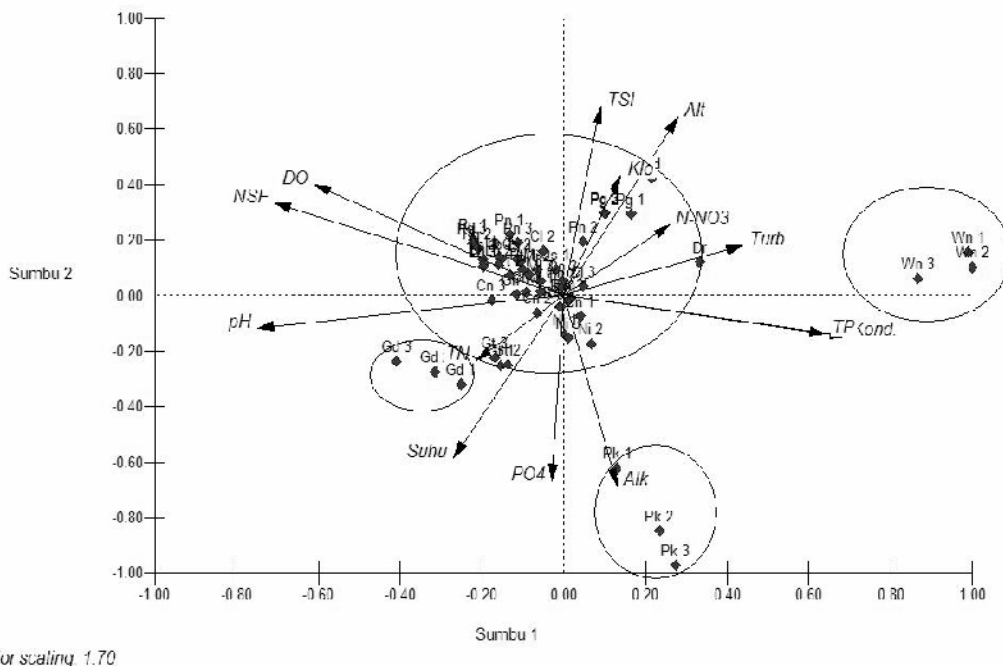
kualitas perairan danau di Pulau Jawa. Oleh karena itu ditinjau dari nilai TSI, INSF, pH, DO, konduktivitas, alkalinitas dan TP, Situ Lembang dan Telaga Regulo diklasifikasikan dalam tingkat kualitas perairan yang paling baik dibandingkan danau lainnya. Oleh karena itu kedua danau ini dapat dijadikan lokasi rujukan (*reference site*) untuk monitoring dan evaluasi perubahan kualitas air danau-danau kecil di Pulau Jawa, khususnya danau-danau yang memiliki kesamaan karakteristik fisik dan kimiawi perairan.

Hasil analisis komponen utama (PCA) dari 19 danau yang diamati menggunakan 14 parameter fisika-kimia perairan, menunjukkan danau-danau tersebut dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok (Gambar 2). Kelompok tersebut antara lain Telaga Warna yang dipisahkan dengan danau lainnya oleh karakteristik fisika-kimiawi perairan seperti nilai pH, DO dan INSF yang rendah serta nilai konduktivitas, kekeruhan dan konsentrasi TP yang tinggi. Selanjutnya Ranu Pakis terpisahkan dari kelompok

lain yang dicirikan oleh konsentrasi alkalinitas dan fosfat yang tinggi, sedangkan Situ Gede dipisahkan dengan kelompok lainnya oleh karakteristik nilai pH dan suhu yang tinggi. Kelompok lainnya adalah 16 danau lainnya yang diamati yang memiliki kesamaan dan kedekatan karakteristik fisika-kimia yang diamati seperti Situ Lembang, Telaga Regulo, Ranu Pane, Situ Patenggang, dan Situ Cileunca.

## KESIMPULAN

Luasan danau kecil di Pulau Jawa yang teramati berkisar antara 1,1 – 213,3 ha dan penggunaan lahan DAS-nya umumnya untuk aktivitas pertanian dan pemukiman. Kondisi penggunaan lahan di DAS berkorelasi dengan konsentrasi nitrat dan tingkat kekeruhan, sedangkan gradien letak ketinggian berkorelasi dengan suhu dan konsentrasi fosfat perairan danau. Danau-danau yang diamati umumnya terklasifikasi pada tingkat kesuburan dan tingkat kualitas air tercemar yang sedang, kecuali Telaga



Gambar 2. Ordinasikan dari Hasil Analisis Komponen Utama (PCA) Terhadap 19 Danau dengan 14 Parameter Fisika, Kimia Perairan.

Regulo dan Situ Lembang memiliki kualitas perairan yang paling baik. Telaga Regulo dan Situ Lembang dapat mewakili lokasi rujukan untuk monitoring dan evaluasi perubahan kualitas air danau kecil di Pulau Jawa. Berdasarkan karakteristik fisik dan kimiawi perairan danau-danau kecil di Pulau Jawa dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 1986, Inventarisasi Data Situ-Situ di Wilayah BOTABEK. Bappeda Propinsi Daerah Tingkat I Pulau Jawa Barat. 94 p.
- Anonimus, 1992, Standard Methods for the Examination of the Water and Waste Water 17<sup>th</sup> Edition. APA-AWWA-WPCF: 1100 p.
- Abell, R.A., D.M. Olson, E. Dinerstein, P.T. Hurley, J.T. Giggs, W. Eichbaum, S. Walters, W. Wettengel, T. Allunt, C.J. Loucks & P. Hedao, 2000, Freshwater Ecoregions of North America. A Conservation Assessment. Island Press. Washington D.C. 319 pp.
- Boyd, C.E., 1982, *Water quality in ponds for aquaculture*, University of Auburn, Birmingham, Alabama, 482 p.
- Carlson, R.E., 1977, A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22 (2):361-369.
- Chrismadha, T., & Sulastri, 1996, Kondisi Limnologis Ranu Grati, Pasuruan, Jawa Timur.
- Prosiding Ekspose Hasil Penelitian Puslitbang Limnologi-LIPI, Tahun 1995-1996, 111-120.
- Gergel, S.E., M.G. Turner & T.K. Kratz, 1999, Dissolved organic carbon as an indicator of the scale of watershed influence on lakes and river. *Ecological Application*, (9): 1377 – 1390.
- Goldman, C.R., & A.J. Horne, 1983, *Limnology*. Mc-Graw-Hill. Book Company. New York: 464 p.
- Harris, G.P., 1986, *Phytoplankton ecology. structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, New York: 384 p.
- Handerson, S., & Markland, 1987, *Dacaying Lake. The Origin and Control of Cultural Eutrophication*. John Wiley & Son, New York, Toronto. 254 p.
- Knoll, L.B., J.Vanini & W.N. Renwick, 2003, Phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in reservoir along a gradient of watershed land-use. *Limnology and Oceanography*, 48: 608 – 617.
- Kusakabe, M., 1995, Hazardous crater lakes. *Proceeding on the meeting of investigation of crater lakes in Indonesia*. (P. Hehanusa & G.S. Haryani Eds), UNESCO-ROSTSEA, IHP and Research Center for Limnology, Indonesian Institute of Sciences, 1- 27.
- Ott, W., 1978, *Environmental Indeces: Theory and Practice*. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publisher.
- Page, K.A., Stephanie A., Connon & Stephen J. Giovannoni, 2004, Representative freshwater bacterioplankton isolated from crater lake. *App. Environ. Microbiol* 70(11):6542-6550.
- Quiin, G.P., & M.J. Keuough 2002, *Experimental Design and Data Analysis for Biologist*. Cambrigde University Press. 537 p.
- Quinn J.M., R.J. Davies-Colley, C.W. Hickey, M.L. Vickers, P.A. Ryan, 1992, Effects of Clay Discharges on Stream, to Benthic Invertebrates, *Hydrobiologia* 248: 235-247.
- Ruhland, K.M., J.P. Smol, X. Wang & D.C.G. Muir, 2003, Limnological characteristic of 56 lakes in the Central Canadian Artic Treeline Region. *J. Limnol*, 62(1): 9-27.

- Swedish Environmental Protection Agency, 1991, Water Quality Criteria For Lake And Watercourses, A Sistem For Classification Of Water Chemistry, Organism and Metal Concentrations, 32p.
- Sulastrri & S. Nomosatriyo, 2000, Primary Production of Phytoplankton in small Lake Cibuntu, Cibinong, West Java. *Oseanologi & Limnologi di Indonesia*, (32): 75 – 87.
- Sulastrri & S. Nomosatriyo, 2005, Komposisi dan Perubahan Kelimpahan Fitoplankton Situ Cibuntu, Cibinong, Jawa Barat. *Limnotek*, (XII) 2: 92 – 102.
- Sulastrri, Eko Harsono, Tri Suryono & Iwan Ridwansayah, 2008, Relationship of Land use, Water Quality and Phytoplankton Community of Some Small Lakes in West Java. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 34 (2): 307 – 332.
- Sulastrri, 2009, Karakteristik komunitas fitoplankton dan faktor lingkungan danau-danau kecil di Pulau Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* (15) 1. dalam proses penerbitan.
- Sulawesty, F., Reliana L. Toruan & Sulastrri, 2008, Penyebaran Zooplankton di Beberapa Situ Jawa Barat. *Limnotek* (XV)1:51-53.
- Thienemann A., 1930, Trophiche Binnengewaser, Limnologischen Forschungsreise Java, Sumatra und Bali 1928 und 1929. *Archiv Fur Hydrobiologie*, Supplement-Band VIII. 454 pp.
- Tjetjep, W.S., 1995, Mitigation Program of Crater Lakes in Indonesia. *Proceeding on the Meeting of Investigation of Crater Lakes in Indonesia*, (P.Hehanusa & G.S Haryani Eds), UNESCO-ROSTSEA, IHP and Research Center for Limnology, Indonesian Institute of Sciences, 91 – 104.
- Uchida, T., 1997, Study on the Characteristics of Inland Water Body in Indonesia. Investigation for Realistic Technology of Tropical Area. Research and Development Center for Limnology-LIPI in the Cooperation with Japan International Cooperation Agency, 56 pp.
- Wetzel, R.G., 1983, *Limnology*. (Second ed). Sanders College Publishing, Philadelphia. 762 p.
- Wetzell, 2001, *Limnology*. Lake and River Ecosystem. 3<sup>th</sup>. Academic Press, New York, London. 1006 pp.