

HUBUNGAN ANTARA LAJU PENURUNAN INTENSITAS CAHAYA DAN SUHU DALAM EKOSISTEM PERAIRAN DI DANAU TOWUTI

Fifia Zulti dan Sugiarti

Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong

Fifia.zulti@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Intensitas cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis. Begitu juga hal nya dengan suhu, berpengaruh pada dinamika parameter kualitas air lainnya yang berkaitan erat dengan aktivitas makhluk hidup diperairan. Laju penetrasi cahaya dapat ditentukan dengan menghitung koefisiensi atenuasi. Dalam penelitian ini koefisien atenuasi cahaya dihitung dengan tiga metode yaitu: perhitungan dari data pengukuran di lapangan, metode poole-atkins, dan metode William. Pengukuran dilakukan di Danau Towuti pada 10 stasiun di kawasan Kawatang dan 10 stasiun di kawasan Tominanga. Kisaran intensitas cahaya matahari pada danau Towuti adalah 13256,7 – 19816,7 Lux, dan kisaran suhu adalah 28,5 -29,3°C. Pemodelan regresi antara data lapangan dan koefisien atenuasi dari persamaan menunjukkan bahwa metode William mempunyai model yang paling mendekati hasil pengukuran di lapangan dengan nilai $R^2 = 0,7863$ pada selang kepercayaan 95%. Korelasi antar parameter menunjukkan bahwa suhu dan koefisien atenuasi berkorelasi kuat ($r = 0,67$), koefisien atenuasi dengan kedalaman berkorelasi negatif ($r = -0,92$), suhu dengan kedalaman berkorelasi negatif ($r = -0,63$). Rata-rata laju penurunan intensitas cahaya pada saat musim hujan (*wet season*) lebih tinggi daripada musim kemarau (*dry season*). Distribusi suhu di danau pada musim hujan lebih rendah dari pada musim kemarau.

Kata kunci : cahaya, suhu, kedalaman, koefisien atenuasi.

PENDAHULUAN

Radiasi cahaya matahari yang sampai pada danau nilainya dapat diukur dengan menentukan intensitas cahaya matahari dengan satuan Lux. Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380–750 nm. Dalam ilmu fisika, istilah cahaya kadang-kadang mengacu kepada segala penyinaran elektromagnetik panjang gelombang. Cahaya selalu berjalan dengan kecepatan yang konstan. Intensitas cahaya matahari sangat berperan penting dalam proses fotosintesis. Cahaya merupakan faktor lingkungan yang mempunyai peranan sangat penting di dalam sebuah ekosistem. Tumbuhan dapat melakukan adaptasi untuk mengelola cahaya dengan panjang gelombang antara 0,39 – 7,6 mikron. Klorofil yang berwarna hijau mengasorpsi cahaya merah dan biru, dengan demikian panjang gelombang tersebut yang merupakan bagian dari spektrum cahaya yang sangat bermanfaat bagi fotosintesis (Modenutti, *et.al* 2000).

Intensitas cahaya ini sangat bervariasi baik dalam ruang/ spasial maupun dalam waktu/temporal. Intensitas cahaya terbesar terjadi di daerah tropik, terutama

daerah kering (zona arid), sedikit cahaya yang direfleksikan oleh awan. Di daerah garis lintang rendah, cahaya matahari menembus atmosfer dan membentuk sudut yang besar dengan permukaan bumi. Sehingga lapisan atmosfer yang tembus berada dalam ketebalan minimum. Cahaya mengalami penghilangan (*extinction*) maupun pelemahan (atenuasi) yang semakin besar dengan bertambahnya kedalaman suatu perairan. Cahaya yang diserap menghasilkan panas yang sangat penting bagi proses-proses hidup (Fitra, 2008).

Sifat-sifat panas air dan hubungan-hubungan yang terjadi merupakan faktor yang sangat penting dalam mempertahankan air sebagai suatu lingkungan hidup yang cocok. Cahaya matahari merupakan sumber bagi semua jasad yang berada di perairan. Gejala radiasi beserta akibat-akibatnya secara tidak langsung mempengaruhi hampir semua fase kejadian biologis maupun bukan biologis. Misalnya pada ikan, cahaya sangat mempengaruhi tingkah lakunya, fisiologinya maupun sampai pada migrasi harian. Intensitas cahaya matahari juga berperan dalam laju produktivitas primer perairan, sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis (Carpenter, 2009).

Suhu menurun secara teratur sesuai dengan kedalaman. Semakin dalam suhu akan semakin rendah atau dingin. Hal ini diakibatkan karena kurangnya intensitas matahari yang masuk kedalam perairan. Sebaran suhu secara vertikal diperairan terbagi atas tiga lapisan, yakni lapisan hangat di bagian teratas atau lapisan epilimnion dimana pada lapisan ini gradien suhu berubah secara perlahan, lapisan termoklin yaitu lapisan dimana gradien suhu berubah secara cepat sesuai dengan pertambahan kedalaman, lapisan dingin di bawah lapisan termoklin yang disebut juga lapisan hipolimnion dimana suhu air laut konstan sebesar 4°C. Pada lapisan termoklin memiliki ciri gradien suhu yaitu perubahan suhu terhadap kedalaman sebesar 0,1°C untuk setiap pertambahan kedalaman satu meter (Wetzel, 2001). Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat keterkaitan antara intensitas cahaya dengan suhu serta bahan organik total dan padatan tersuspensi di danau Towuti.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada 20 stasiun yang terbagi dalam dua zona yaitu Kawatang dan Tominanga, Danau Towuti pada bulan Juni dan September 2011. Suhu diukur

dengan menggunakan *Water quality checker* sedangkan intensitas cahaya dengan menggunakan Lux meter. Parameter kondisi lingkungan lain yang diukur yaitu padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan *Total Organic Total* (TOM) dengan metode titrasi.

Tabel 1. Posisi GPS stasiun pengambilan contoh di Danau Towuti

Kawasan	Stasiun	Posisi GPS BT			Posisi GPS LS		
Kawatang	KW1	121	24	25	2	51	59
	KW2	121	24	15	2	53	5
	KW3	121	23	35	2	54	15
	KW4	121	23	45	2	56	20
	KW5	121	25	0	2	54	40
	KW6	121	25	30	2	55	25
	KW7	121	26	0	2	55	0
	KW8	121	26	57	2	55	48
	KW9	121	27	15	2	54	30
	KW10	121	28	43	2	54	76
Tominanga	TMG1	121	25	50	2	40	45
	TMG2	121	26	40	2	38	30
	TMG3	121	27	45	2	38	30
	TMG4	121	27	39	2	38	34
	TMG5	121	29	10	2	40	0
	TMG6	121	29	51	2	39	24
	TMG7	121	30	10	2	40	35
	TMG8	121	31	45	2	40	0
	TMG9	121	32	30	2	40	35
	TMG10	121	33	15	2	39	45

Laju pelemahan penetrasi cahaya dalam suatu perairan bisa ditentukan dengan menghitung koefisien atenuasi berdasarkan intensitas cahaya yang terukur atau berdasarkan kedalam sechi disk di Danau tersebut. Koefisien atenuasi di D. Towuti dihitung dengan 2 cara sebagai berikut:

Metode 1: Hukum Lambert-Beer

$$\ln\left(\frac{I_z}{I_o}\right) = -Kz$$

I_z menyatakan intensitas cahaya pada kedalaman z , I_o menyatakan intensitas cahaya pada permukaan danau. Koefisien atenuasi yang didapat dari perhitungan ini merupakan hasil perhitungan dari intensitas cahaya yang langsung diukur di lapangan.

Metode 2: Menghitung nilai koefisien atenuasi berdasarkan model Poole –atkins dan Model William.

Model 1: Poole- Atkins (1929)

$$K = \frac{1.7}{z_s}$$

z_s menyatakan kedalaman sechi pada masing-masing titik sampling di danau Towuti.

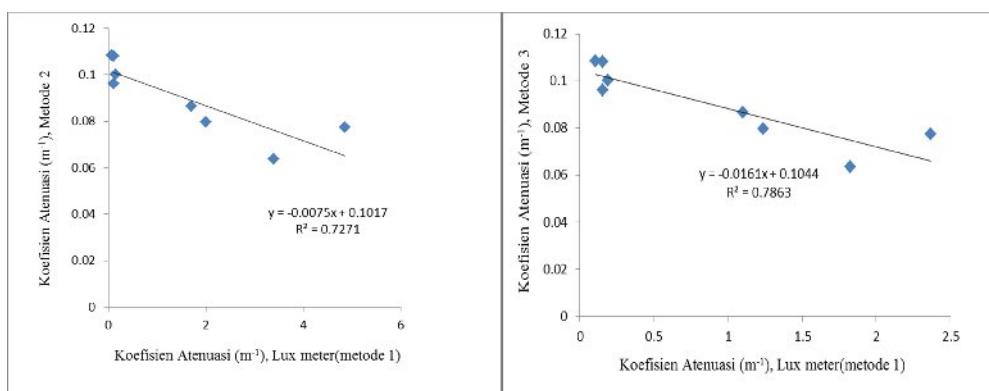
Model 2: William (1980)

$$K = \frac{1.1}{z_s^{0.73}}$$

z_s menyatakan kedalaman sechi pada masing-masing titik sampling di danau Towuti. Berdasarkan data yang telah diambil di lapangan data kedalaman *sechi* lebih lengkap dibandingkan data intensitas cahaya pada masing-masing kedalaman sehingga hasil perhitungan dari model ini nantikan dibandingkan dengan hukum Lambert-Beer yang sudah lebih umum digunakan dalam menentukan koefisien atenuasi cahaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

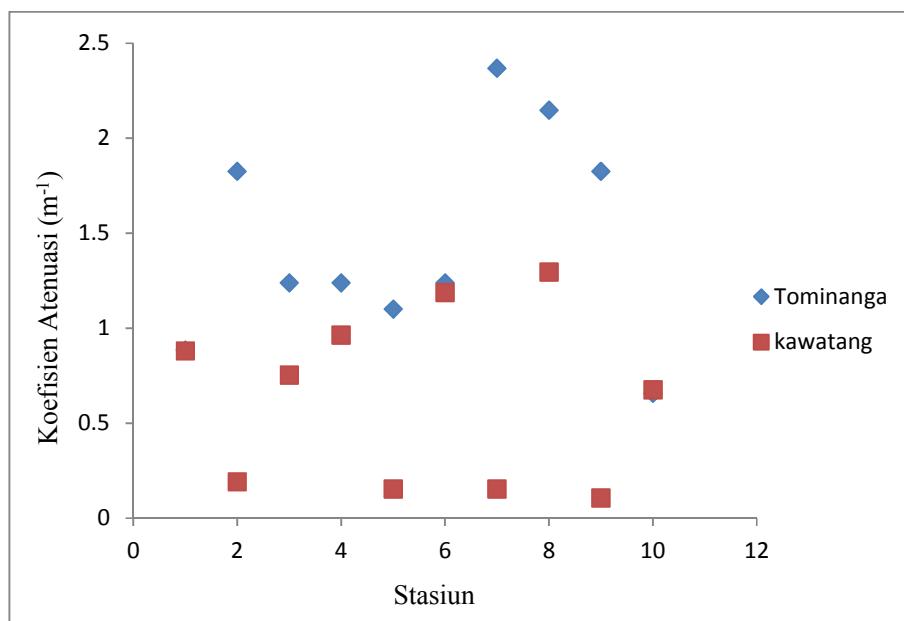
Radiasi cahaya matahari yang sampai pada permukaan perairan teukur sebagai nilai intensitas cahaya. Spectrum cahaya yang bermanfaat pada perairan yaitu pada rentang 200-760 nm yang merupakan sinar ultraviolet dan sinar tampak (Huovinen, 2003). Nilai intensitas cahaya di Danau Towuti berkisar antara 1250 – 19816,7 lux. Intensitas cahaya juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca pada waktu pengambilan sampel. Semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin baik untuk melakukan fotosintesis. Intensitas cahaya tertinggi pada zona kawatang ada di stasiun kawatang 9, sedangkan untuk zona Tominanga di stasiun Saone.



Gambar 1. Perbandingan koefisien atenuasi cahaya di D. Towuti

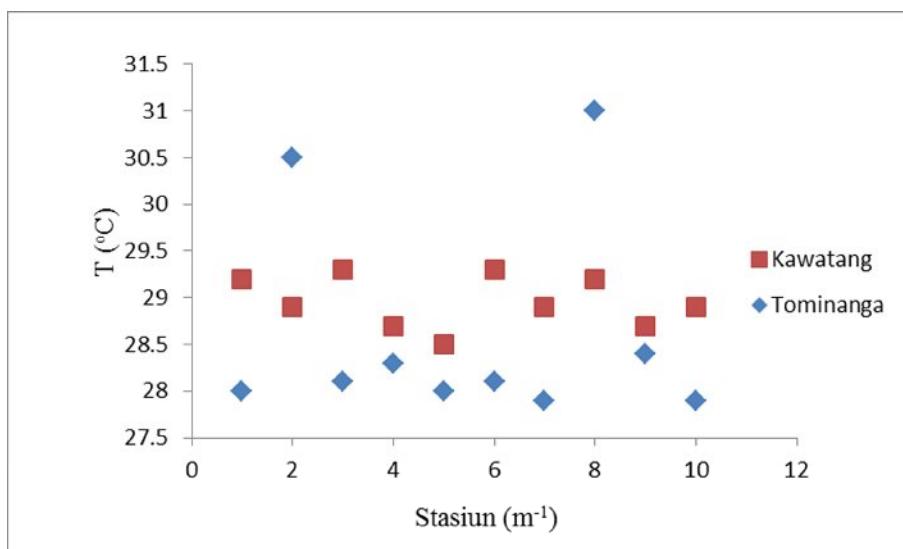
Kedalaman penetrasi cahaya ditentukan oleh kondisi air dan berbagai zat optik aktif , yang menyerap atau menyebarkan cahaya dalam suatu perairan. Intensitas cahaya matahari yang diteruskan ke dalam suatu perairan bergantung dari sudut datang cahaya pada permukaan perairan dan jumlah zat optik aktif yang menyebabkan penetrasi cahaya lebih dalam. Analisis sifat optik air berdasarkan kedalaman sechi disk diperbolehkan untuk mengidentifikasi karakteristik zat-zat yang mempengaruhi tingkat kecerahan di masing-masing danau (Hayakawa, 2008). Laju penetrasi cahaya dalam suatu perairan dapat diketahui dengan menghitung koefisien atenuasi.

Koefisien atenuasi berdasarkan data intensitas cahaya matahari yang diukur di lapangan dihitung dengan persamaan Lambert-Beer (metode 1). Hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan koefisien atenuasi yang didapat dengan menggunakan metode sechi berdasarkan model poole-atkins (metode 2) dan model william (metode 3) seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil analisis regresi antara perhitungan metode 1 dan 2 mempunyai nilai regresi, $R^2= 0,7271$, antara metode 1 dan 3 nilai regresinya $R^2 = 0,7863$. Jadi yang nilainya mendekati hasil perhitungan data eksperimen yaitu model William.



Gambar 2. Laju penurunan intensitas cahaya di D. Towuti

Berdasarkan perhitungan model William menunjukkan bahwa semakin dalam suatu perairan maka nilai koefisien atenuasinya akan semakin kecil. Koefisien atenuasi paling kecil di stasiun Kawatang 9 ($K = 0,105 \text{ m}^{-1}$) dengan kedalaman sechih 25 m sedangkan koefisien atenuasi terbesar di stasiun Tominanga 7 ($K = 2,367 \text{ m}^{-1}$) dengan kedalaman sechih 0,35 m. Rata-rata koefisien atenuasi pada kawasan Tominanga lebih besar dibandingkan pada kawasan Kawatang (Gambar 2) karena intensitas cahaya matahari pada Tominanga lebih kecil dibandingkan dari pada Kawatang. Stasiun Kawatang 1,3,4,6,8,10 dan Tominanga 1,2,4,6, 8,10 masuk dalam zona litoral dengan kedalaman kurang dari 2 m. Zona litoral merupakan daerah perairan yang dangkal dengan penetrasi cahaya sampai ke dasar, biasanya di kolam dan danau alami ditumbuhi oleh tanaman (Notes, 2006). Pada Gambar 2 dapat kita lihat bahwa profil penetrasi cahaya di zona litoral cenderung sama untuk 2 kawasan tersebut dengan rentangan nilai koefisien atenuasi sama yaitu antara $0,8 - 2 \text{ m}^{-1}$.



Gambar 3. Fluktuasi suhu di D. Towuti

Intensitas cahaya menunjukkan sifat optik suatu perairan yang berkaitan dengan kecerahan air suatu danau. Kecerahan juga berkaitan erat dengan suhu, pada kondisi perairan cerah suhunya akan lebih tinggi dari pada saat kondisi mendung/gelap. Pada saat siang hari suhu rata-rata pada permukaan perairan umumnya lebih besar jika dibandingkan pada malam hari karena pada siang hari intensitas cahaya matahari tinggi sehingga mempengaruhi suhu permukaan danau.

Koefisien atenuasi berkorelasi kuat dengan suhu, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2 dan 3, nilai korelasi untuk Kawatang yaitu 0,674 sedangkan Tominanga 0,531. Pengambilan data di Kawatang dilakukan pada bulan Juni yang masih masuk dalam musim kering, kondisi danau cerah sehingga sebaran rata-rata suhu dari stasiun 1 -10 lebih besar dari pada suhu rata kawasan Tominanga dimana pada beberapa stasiun saat pengambilan data sedang mendung (Gambar 3). Pengambilan data di Tominanga dilakukan pada bulan September dimana hujan sudah mulai sering turun kecuali pada stasiun 2 dan 8 di Tominanga suhu cukup tinggi yaitu 30,5 °C dan 31,5 °C karena saat pengambilan data kondisi cerah.

Tabel 2 Korelasi antar parameter di Kawatang

Parameter	TOM	K	SS	T
TOM	1			
K		1		
TSS		-0,582*	1	
T		0,674*		1
kedalaman		-0,917*		-0,627*

*Data yang ditampilkan menunjukkan antar parameter yang berkorelasi ($r \geq 0,5$, $\alpha = 0,05$)

Tabel 3 korelasi antar parameter di Tominanga

Parameter	TOM	K	SS	T
TOM	1			
K		1		
TSS		-0,561*	1	
T		0,531*		1
kedalaman		-0,895*		0,485*

*Data yang ditampilkan menunjukkan antar parameter yang berkorelasi ($r \geq 0,5$, $\alpha = 0,05$)

Nilai kekeruhan suatu perairan juga akan memengaruhi laju pelemahan penetrasi cahaya ke dalam air. Kekeruhan berkorelasi positif dengan padatan tersuspensi (*Suspended Solid*). Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan (Hayakawa, 2008). Nilai padatan tersuspensi di Danau Towuti berkisar antara 0 – 7,44 mg/L. Nilai tersebut masih memenuhi baku mutu air PP No.82 tahun 2001 yang menetapkan konsentrasi maksimum padatan tersuspensi sebesar 400 mg/L untuk perikanan.

Tabel 2 dan 3 menunjukkan parameter-parameter yang saling berkaitan yang ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi. Padatan tersuspensi (TSS) dan kedalaman berkorelasi negatif dengan koefisien atenuasi cahaya (K). Laju radiasi matahari akan semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman suatu perairan, disamping itu juga bias disebabkan oleh kondisi kualitas air suatu perairan yang salah satunya ditentukan oleh konsentrasi TSS. Apabila konsentrasi TSS suatu perairan semakin besar maka penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih

dalam tidak berlangsung efektif sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna (Tarigan dan Edward, 2003).

Koefisien atenuasi juga berkorelasi positif dengan suhu ($r > 0,5$) seperti yang terlihat pada Tabel 2 dan 3 , namun dengan bahan organik total (TOM) tidak menunjukkan adanya korelasi ($r < 0,5$). Penetrasi cahaya dan suhu merupakan parameter penting untuk produsen dalam suatu danau seperti fitoplankton untuk berproduksi. Ketiadaan energy yang cukup untuk melakukan fotosintesis akan berdampak pada penurunan produktivitas biota dalam perairan. Disamping itu cahaya dan suhu berkaitan juga dengan perubahan iklim (*climate change*). Perubahan iklim merupakan dampak dari pemanasan global karena meningkatnya suhu rata-rata bumi sehingga paparan radiasi matahari ke perairan sangat besar. Paparan radiasi yang tinggi dapat menurunkan produktivitas, mempengaruhi reproduksi dan perkembangan, dan meningkatkan laju mutasi fitoplankton, mikroalga, telur dan larva ikan serta hewan air lainnya (Heder, *et al.* 2007)

KESIMPULAN

Laju penurunan intensitas cahaya pada musim hujan lebih besar dibandingkan musim kemarau sehingga intensitas cahaya pada musim hujan lebih rendah dari pada musim kemarau. Rata-rata suhu pada musim hujan juga lebih rendah dari pada musim kemarau. Nilai koefisien atenuasi dihitung dengan menggunakan hukum Lambert-Beer, berdasarkan perhitungan dengan model William berdasarkan data sechi menunjukan hasil yang mendekati dengan nilai koefisien atenuasi berdasarkan data pengamatan di lapangan dengan nilai $R^2 = 0,7863$. Kedalaman dan konsentrasi padatan tersuspensi di Danau mempengaruhi pelemanan penetrasi cahaya di perairan yang dibuktikan dengan analisis korelasi ($r > 0,5$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian Danau Towuti 2011 : Syahroma H.N, Sulastri, (alm) D.I. Hartoto, Siti Aisyah, Tuahta Tarigan dan Hasan atas bantuan dan kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Carpenter, M. 2009. The Effect of increased temperatures and ultraviolet radiation on dissolved oxygen in ecosystems primarily comprised of euglena. *NCSSMST Journal*. Pg: 24-26
- Fitra, E. 2008. *Analisis Kualitas Air dan Hubungannya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Parapat Danau Toba* (TESIS).Universitas Sumatera Utara : Medan
- Hader D.P, Kumar H.D, Smith R., Worrest R.C. 2007. Effect of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochemical and Photobiological Sciences*.6:267-285.
- Hayakawa K, Sugiyama Y. 2008. Spatial and seasonal variations in attenuation of solar ultraviolet radiation in Lake Biwa, Japan. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 90:121-133
- Huovinen P.S, Penttila H, Soimasuo M.R. 2003. Spectral attenuation of solar ultraviolet radiation in humic lakes in Cnetral Finland. *Chemosphere*. 51:205-214.
- Modenutti, B, G.Perez, E. Balseiro, C Queimalinos. 2000. The relationship between light attenuation, chlorophyl a and total suspended solids in Southern Andes glacial Lake. *Verh. Internat. Verein. limnol.* 27:1-4
- Notes. 2006. High-frequency internal waves in the littoral zone of a large lake. *Limnol Oceanogr*. 51(4):1935-1939
- Poole, H.H., Atkins, W.R.G. (1929). Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year," *Journal of the Marine Biological Association*, 16, pp 297-324.
- Sullivan B.A, et.al. 2006. *Modeling suspended sediment and water temperature if detroit lake, oregon*. Proceeding of the 8th Federal Interagency Sedimentation Conference. Nevada, April 2-6 2006. Pg:1-6
- Tarigan, M.S dan Edward. 2003. *Kandungan tota padat tersuspensi di perairan Raha, Sulawesi Tenggara*. Makara Sains. 7(3):109-119
- Wetzel, RG. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem :3rd edition*. San Fransisco: Academic Press.
- Williams, D.T., Drummond, G.R., Ford, D.E., Robey, D.L. (1980). *Determination of light extinction coefficients in lakes and reservoirs*. In: Stefan, H.G. (Ed.), Proceedings of the Symposium on Surface Water Impoundments, June 2–5. Minneapolis, Minnesota. American Society of Civil Engineers, New York, pp 1329–133