

SPEKTROFOTOMETER ULTRA-VIOLET DAN SINAR TAMPAK SERTA APLIKASINYA DALAM OSEANOLOGI

Oleh

Etty Triyati¹⁾

ABSTRACT

ULTRA VIOLET AND VISIBLE SPECTROPHOTOMETER AND ITS APPLICATION IN OCEANOLOGY. *Ultra violet and visible spectrophotometer is one of the practical instrument which is able to detect the biological and chemical characteristics of sea water. The principle mechanism of this instrument is based on the light absorption by a solution at certain wave length. This paper describes the instrument and gives notes on the application in the field of oceanology, such as primary productivity, nutrients, suspended solid and sediment load.*

PENDAHULUAN

Air laut berfungsi sebagai penampung berbagai macam buangan seperti buangan industri, buangan domestik dan buangan pertanian yang mengandung banyak zat organik dan anorganik baik yang terlarut ataupun tidak, dan juga merupakan lingkungan hidup biota air. Untuk mengetahui tingkat kesuburan suatu perairan dan amannya biota laut, serta untuk keperluan industri dan sebagainya seperti penjagaan bahaya korosi dari air laut terhadap peralatan, pipa-pipa dan tanki yang terkena air laut, dibutuhkan beberapa parameter fisika, kimia dan biologi. Tingkat kesuburan suatu perairan ditunjukkan oleh besarnya produksi zat organik yang dihasilkan oleh perairan tersebut, yang biasa disebut produktivitas primer.

Tulisan ini akan mencoba memberikan sedikit gambaran mengenai metode Spektrofotometri Ultra-Violet dan Sinar Tampak, serta aplikasinya di dalam oseanologi.

LATAR BELAKANG TEORITIK SPEKTROFOTOMETER ULTRA- VIOLET DAN SINAR TAMPAK

Analisis kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi suatu zat atau campuran zat yang merupakan informasi kualitatif mengenai ada atau tidak adanya suatu unsur atau komponen dalam contoh. Selain itu juga untuk mengukur jumlah atau banyaknya unsur yang diteliti atau dengan perkataan lain adalah untuk mengetahui data kuantitatif, juga dapat dipakai untuk menentukan struktur suatu zat.

Dalam analisis kimia dikenal berbagai macam cara untuk mengetahui data kualitatif dan kuantitatif baik yang menggunakan suatu peralatan optik (instrumen) ataupun dengan cara basah. Alat instrumen biasanya dipergunakan untuk menentukan suatu zat berkadar rendah, biasanya dalam satuan ppm (part per million) atau ppb (part per billion). Salah satu metode sederhana

1) Pusat Penelitian Ekologi Laut, Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI, Jakarta.

untuk menentukan zat organik dan anorganik secara kualitatif dan kuantitatif dalam contoh air laut, yaitu dengan metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak. Prinsip kerjanya berdasarkan penyerapan cahaya atau energi radiasi oleh suatu larutan. Jumlah cahaya atau energi radiasi yang diserap memungkinkan pengukuran jumlah zat penyerap dalam larutan secara kuantitatif (PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).

Cahaya adalah suatu bentuk energi radiasi yang mempunyai sifat sebagai gelombang dan partikel. Sifatnya sebagai gelombang dapat dilihat dengan terjadinya pembiasan dan pemantulan cahaya oleh suatu medium, sedangkan sifatnya sebagai partikel dapat dilihat dengan terjadinya efek foto listrik.

Energi radiasi terdiri dari sejumlah besar gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Bagian-bagian suatu radiasi dapat dipisahkan menjadi spectrum elektromagnetik seperti tertera pada Tabel 1.

Cahaya Tampak hanyalah merupakan bagian kecil dari seluruh radiasi elektromagnetik. Spektrum cahaya Tampak terdiri dari komponen-komponen merah, jingga, kuning, hijau, biru dan ungu, dimana masing-masing warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Satuan yang banyak dipergunakan untuk menyatakan panjang gelombang adalah Angstrom, $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ meter. Perkiraan panjang gelombang warna-warna dalam daerah Cahaya Tampak dapat dilihat pada Tabel 2.

Metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak telah banyak diterapkan untuk penetapan senyawa-senyawa organik yang umumnya dipergunakan untuk penentuan senyawa dalam jumlah yang sangat kecil (SKOOG & WEST 1971).

Dalam suatu larutan gugus molekul yang dapat mengabsorpsi cahaya dinamakan gugus kromofor, contohnya antara lain: C = C, C = O, N = N, N = O, dan sebagainya. Molekul-molekul yang hanya mengandung satu gugus kromofor dapat mengalami perubahan pada panjang gelombang seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 1. Daerah spektrum gelombang elektromagnetik (PECSOK *et al* 1976; SKOOG & WEST 1971).

Macam sinar	Panjang gelombang			
SinarX	10	-	100	pkm
Ultra-violet jauh	10	-	200	nm
Ultra-violet dekat	200	-	400	nm
Sinar Tampak	400	-	750	nm
Infra-merah dekat	0,75	-	2	μ m
Infra-merah tengah	2,5	-	50	μ m
Infra-merah jauh	50	-	1000	μ m
Gelombang mikro	0,1	-	100	cm
Gelombang radio	1	-	1000	m

Tabel 2. Perkiraan panjang gelombang warna-warna dalam daerah Cahaya Tampak (SKOOG & WEST 1971).

Warna	Warna pelengkap	Panjang gelombang (mm)
ungu	hijau kuning	400 - 435
biru	kuning	435 - 480
biru hijau	oranye	480 - 490
hijau biru	merah	490 - 500
hijau	merah lembayung	500 - 560
hijau kuning	ungu	560 - 580
kuning	biru	580 - 595
oranye	biru hijau	595 - 610
merah	hijau biru	610 - 750

Tabel 3. Pita absorpsi elektronik untuk gugus kromofor tunggal (SKOOG & WEST 1971).

Kromofor	Sistim	λ maksimum (nm)
nitril	- C \equiv N	160
asetilida	- C \equiv C -	175 - 180
ester	- C $\begin{matrix} \parallel & \text{O} \\ \diagdown & \text{OR} \end{matrix}$	205
karboksil	- COOH	200 - 210
aldehida	- C $\begin{matrix} \parallel & \text{O} \\ \diagdown & \text{H} \end{matrix}$	210
azo	- N = N	285 - 400
nitroso	- N = O	302

Molekul yang mengandung dua gugus kromofor atau lebih akan mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang yang hampir sama dengan molekul yang hanya mempunyai satu gugus kromofor tertentu, tetapi intensitas absorpsinya adalah sebanding dengan jumlah kromofor yang ada. Interaksi antara dua kromofor tidak akan terjadi, kecuali kalau memang antara dua kromofor itu ada kaitannya. Walaupun demikian, suatu kombinasi tertentu dari gugus fungsi akan menghasilkan suatu sistim kromoforik yang dapat menimbulkan pita-pita absorpsi yang karakteristik (SKOOG & WEST 1971).

Banyak zat organik juga menunjukkan absorpsi khusus, misalnya permanganat, ion nitrat, ion kromat, dan ruthenium, molekul iodium dan ozon. Banyak pereaksi akan bereaksi dengan zat yang tidak mengabsorpsi memberikan hasil yang akan mengabsorpsi sinar Ultra-violet atau Sinar Tampak dengan kuat. Pereaksi organik yang membentuk kompleks berwarna yang stabil adalah o-phenanthrolin untuk besi, dimetil glioksim untuk nikel, dietil thio karbamat untuk tembaga, dan sebagainya (SKOOG & WEST 1971).

ALAT DAN CARA KERJA

1. ALAT

Susunan peralatan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak diperlihatkan pada Gambar 1 yang meliputi bagian-bagian sebagai berikut: sumber radiasi/cahaya (A), monokromator (B), sel absorpsi (C), detektor (D) dan pencatat (E).

Sumber cahaya dipergunakan untuk pengukuran absorpsi. Sumber cahaya ini harus memancarkan sinar dengan kekuatan yang cukup untuk penentuan dan pengukuran, juga harus memancarkan cahaya berkesinambungan yang berarti harus mengandung semua panjang gelombang dari daerah yang dipakai. Kekuatan sinar radiasi harus konstan selama waktu yang diperlukan. Sumber Cahaya Tampak yang paling umum dipakai adalah lampu Wolfram. Sedangkan sumber radiasi Ultra-violet biasa dipergunakan lampu Hidrogen atau Deuterium yang terdiri dari tabung kaca dengan jendela dari kwartz yang mengandung Hidrogen dengan tekanan tinggi. Oleh karena kaca menyerap radiasi Ultra-violet, maka sistim optik Spektrofotometer Ultra-Violet dan sel harus dibuat dari bahan kwartz.

Monokromator dipergunakan untuk memisahkan radiasi ke dalam komponen-komponen panjang gelombang dan dapat memisahkan bagian spektrum yang diinginkan dari lainnya.

Sel absorpsi dipakai dari bahan silika, kuvet dan plastik banyak dipakai untuk daerah Sinar Tampak. Kualitas data absorbans sangat tergantung pada cara pemakaian dan pemeliharaan sel. Sidik jari, lemak atau pengendapan zat pengotor pada dinding sel akan mengurangi transmisi. Jadi sel-sel itu harus bersih sekali sebelum dipakai (GLASSTON 1960; PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).

Detektor dipergunakan untuk menghasilkan signal elektrik. Dimana signal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap. Sig-

nal elektrik ini kemudian dialirkan ke alat pengukur (GLASSTON 1960; PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).

Rekorder dipergunakan untuk mencatat data hasil pengukuran dari detektor, yang dinyatakan dengan angka.

2. PRINSIP KERJA ALAT

Seperti terlihat pada bagan alat susunan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak, suatu sumber cahaya; dipancarkan melalui monokromator (B). Monokromator menguraikan sinar yang masuk dari sumber cahaya tersebut menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran suatu zat tertentu seperti yang tertera pada Tabel 3, yang menunjukkan bahwa setiap gugus kromofor mempunyai panjang gelombang maksimum yang berbeda. Dari monokromator tadi cahaya/energi radiasi diteruskan dan diserap oleh suatu larutan yang akan diperiksa di dalam kuvet. Kemudian jumlah cahaya yang diserap oleh larutan akan menghasilkan signal elektrik pada detektor, yang mana signal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap oleh larutan tersebut. Besarnya signal elektrik yang dialirkan ke pencatat dapat dilihat sebagai angka.

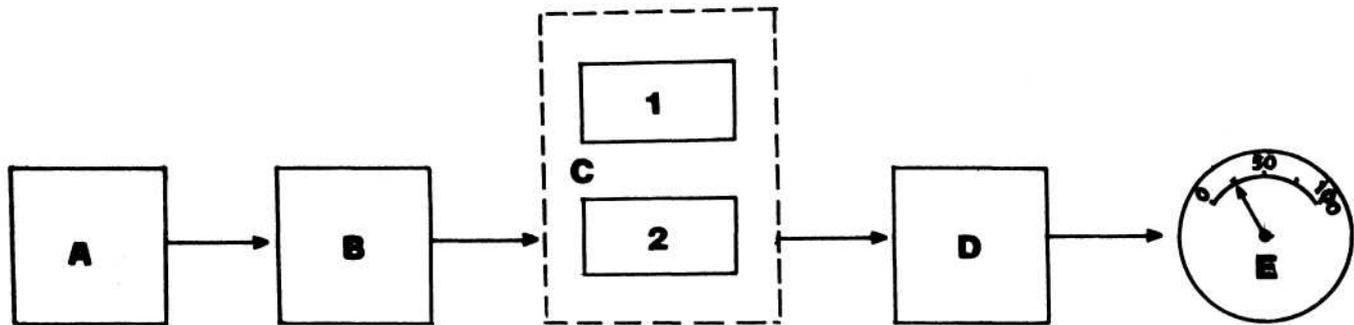
Metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak berdasarkan pada hukum LAMBERT-BEER. Hukum tersebut menyatakan bahwa jumlah radiasi cahaya Tampak, Ultra-violet dan cahaya-cahaya lain yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan. Hukum ini secara sederhana dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\log \frac{I_t}{I_0} = -k_1 \cdot b$$

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-k_1 \cdot b} \dots\dots\dots (1)$$

$$\log \frac{I_t}{I_0} = -k_2 \cdot c$$

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-k_2 \cdot c} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 1. Bagan susunan alat Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak.

Keterangan

A = sumber cahaya.

B = monokromator.

C = sel absorpsi (tempat larutan).

C₁ = contoh.

C₂ = pelarut.

D = detektor.

E = meter atau rekorder.

K = konstanta yang bergantung pada kondisi percobaan.

Jika persamaan (1) dan (2) dikombinasikan, maka diperoleh:

$$\log \frac{I_t}{I_0} = -a \cdot b \cdot c.$$

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-a \cdot b \cdot c}.$$

Jika c dinyatakan dalam mole/liter, maka yang bersangkutan dinamakan absorptivitas molar dan diberikan lambang E.

Perbandingan—dinamakan transmisi (T).

$$T = \frac{I_t}{I_0}$$

Cara lain untuk menyatakan perbandingan ini adalah:

$$A = -\log T = \log \frac{I_0}{I_t}$$

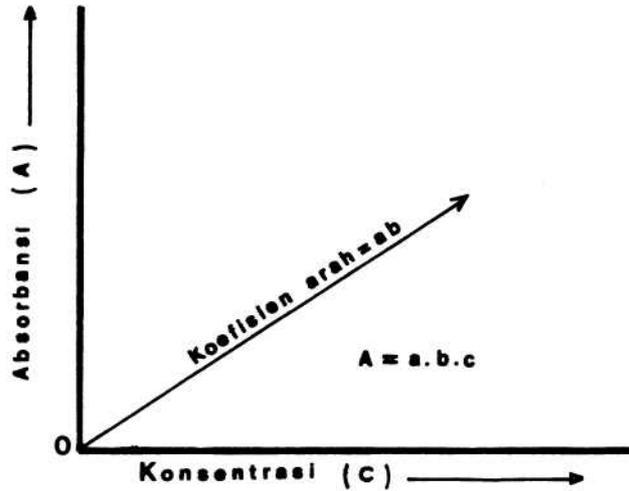
$$A = a \cdot b \cdot c$$

Satuan-satuan dan lambang untuk persamaan-persamaan di atas disajikan pada Tabel 4.

Bila absorbansi A dialurkan terhadap konsentrasi c untuk contoh yang tebalnya b cm, maka akan menghasilkan suatu garis lurus dengan lereng AB dalam daerah dimana hukum LAMBERT-BEERT berlaku (PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971). Kurvanya bisa dilihat pada Gambar 2. Garis lurus yang dihasilkan ini tidak selalu diperoleh melalui titik awal (titik nol). Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor fisika dan kimia. Faktor fisika disebabkan oleh keadaan alatnya sendiri, misalnya sumber cahaya yang dipakai, lebar celah, kepekaan rekorder dan sebagainya, tetapi kesalahan ini relatif kecil karena alat yang dipakai sebelum dikeluarkan telah diuji ketelitiannya. Faktor kimia disebabkan oleh perbedaan pH larutan, konsentrasi, suhu dan terjadinya reaksi kimia dalam larutan, misalnya: oksidasi, disosiasi, polimerisasi dan pembentukan kompleks (PECSOK *et al.* 1976 ; SKOOG & WEST 1971).

Tabel 4. Satuan dan lambang pada hukum LAMBERT-BEER (SKOOG & WEST 1971).

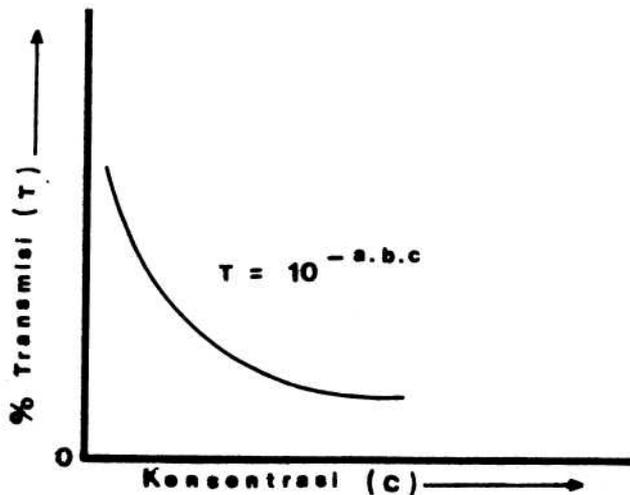
Lambang yang diterima	Definisi	Nama yang diterima.	Pengganti	
			Lambang	Nama
T	$\frac{I_t}{I_0}$	transmisi	T	transmisi
A	$\log \frac{I_0}{I_t}$	absorbansi	D,E	kerapatan optik ekstingsi
a	$\frac{A}{b.c.}$	absorptivitas	k	koefisien ekstingsi indeks absorbansi
ε	$\frac{A_m}{b.c.}$	absorptivitas molar		koefisien ekstingsi molar indeks absorbansi molar
b		panjang jalan yang ditempuh	l, d	



Gambar 2. Pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi.

Bila transmisi T dialurkan terhadap c pada kondisi yang sama akan dihasilkan kurva eksponen yang diperlihatkan pada

Gambar 3, tetapi kurva log T terhadap c adalah garis lurus dengan lereng ab (PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).



Gambar 3. Pengaluran transmisi terhadap konsentrasi.

Dalam analisis Spektrofotometri Ultraviolet dan Sinar Tampak harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut, karena berhubungan dengan warna (GLASSTON 1960; PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).

1. Kestabilan warna.
Sedapat mungkin warna yang dihasilkan stabil untuk beberapa lama.
2. Reaksi warna yang spesifik.
Sebaiknya dipakai reaksi warna yang spesifik untuk unsur tertentu, sehingga adanya unsur-unsur lain tidak mengganggu dan pemisahan tidak perlu dilakukan.
3. Sifat zat warna.
Kalau zat warna yang terbentuk berada dalam keadaan tertutup dan segera diperiksa karena penguapan akan menyebabkan pemekatan larutan.
4. Sensitif.
Sensitif yaitu dengan perubahan konsentrasi yang kecil, akan menyebabkan pemekatan larutan.
5. Larutan homogen.
Larutan yang homogen akan mengabsorpsi cahaya di setiap bagian sama.

APLIKASI DALAM OSEANOLOGI

Kegunaan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak dalam analisis kimia adalah untuk analisis kualitatif dan kuantitatif.

Kelemahan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak dalam analisis kualitatif adalah kurang teliti. Hal tersebut disebabkan karena pita-pita absorpsi yang diperoleh melebar, dengan demikian kurang khusus atau terbatas pemakaiannya. Walaupun demikian, berdasarkan spektrum serapan Ultra-violet dan Sinar Tampak, dapat dipakai untuk mengetahui ada atau tidak adanya gugus fungsional tertentu dalam senyawa organik. Alat ini dapat juga dipergunakan untuk menentukan jumlah kecil senyawa berkadar rendah yang dapat mengabsorpsi dalam media non absorben (PECSOK *et al.* 1976; SKOOG & WEST 1971).

Pemakaian Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak dalam analisis kuantitatif mempunyai beberapa keuntungan:

- Dapat dipergunakan untuk banyak zat organik dan anorganik. Adakalanya beberapa zat harus diubah dulu menjadi senyawa berwarna sebelum dianalisa.
- Selektif.
Pada pemilihan kondisi yang tepat dapat dicari panjang gelombang untuk zat yang dicari.
- Mempunyai ketelitian yang tinggi, dengan kesalahan relatif sebesar 1% — 3%, tetapi kesalahan ini dapat diperkecil lagi.
- Dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak merupakan salah satu cara yang sederhana dan praktis untuk menentukan beberapa parameter ekologi di laut.

Tingkat kesuburan suatu perairan ditunjukkan oleh besarnya produksi zat organik yang dihasilkan oleh perairan tersebut yang biasa disebut produktivitas primer. Produksi zat organik yang dihasilkan tersebut bisa melalui proses fotosintesa yang terjadi pada tumbuhan yang mengandung pigmen fotosintetik. Salah satu cara yang sudah umum dan luas dipakai untuk mengetahui banyaknya biomassa fitoplankton di laut adalah menentukan kadar klorofil fitoplankton dengan metode Spektrofotometri.

Zat terlarut ataupun tidak terlarut dalam air laut, seperti unsur-unsur hara dan beberapa logam sangat dibutuhkan oleh biota laut untuk pertumbuhannya, seperti nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), sulfat (SO_4^{2-}), besi (Fe), seng (Zn) dan sebagainya. Kadar zat-zat terlarut ataupun tidak terlarut dalam air seperti logam dan senyawanya mempunyai batas tertentu untuk amannya biota laut. Dosis tertentu menyebabkan pengaruh yang serius pada kehidupan biologis seperti zooplankton, fitoplankton, ikan bahkan pada manusia baik secara langsung maupun tidak langsung yang akhirnya bisa menimbulkan kematian. Salah satu cara yang praktis dan sudah umum dipakai untuk menentukan un-

sur-unsur hara dan kadar logam-logam tersebut adalah dengan metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak.

Penggunaan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak bisa untuk contoh cairan maupun padatan, seperti air laut, lumpur/sedimen dan batuan. Oleh karena prinsip kerja Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak berdasarkan penyerapan cahaya oleh suatu larutan, maka semua contoh yang akan diperiksa harus diubah terlebih dahulu menjadi bentuk larutan. Untuk pemakaian Spektrofotometer Sinar Tampak larutan tersebut harus berwarna. Hal ini bisa dikerjakan dengan menambahkan pereaksi tertentu pada contoh yang diperiksa. Kemudian hasil pengukuran dari Spektrofotometer

dimasukkan ke dalam rumus LAMBERT-BEER, maka akan didapatkan kadar zat yang dicari.

DAFTAR PUSTAKA

- GLASSTON, S. 1960. *Textbook of physical chemistry*. 2nd ed. Macmillan and Co. Ltd., London.
- PECSOK, R.L.; L.D. SHIELDS; T. CAIRNS; and I.G. MCWILLIAM 1976. *Modern methods of chemical analysis*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- SKOOG, D.A. and D.M. WEST 1971. *Principles of instrumental analysis*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.