



## Fotodegradasi dan Biodegradasi *Chromophoric Dissolved Organic Matter* (CDOM) di Pantai Lovina

I Gusti Ngurah Agung Suryaputra<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Program Studi Kimia Terapan, Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha

\*Corresponding author: [surya@fulbrightmail.org](mailto:surya@fulbrightmail.org)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fotodegradasi terhadap perubahan chromophoric dissolved organic matter (CDOM) dan nutrisi di Pantai Lovina khususnya di daerah yang didominasi oleh kegiatan pariwisata. Subjek pada penelitian ini air laut Pantai Lovina yang disaring menggunakan kertas saring GF/F 0,7  $\mu$ m dengan bantuan pompa vakum. Objek penelitian ini adalah absorbansi CDOM serta konsentrasi nutrisi. Sampel air laut yang sudah disaring, diletakkan pada dua bejana yang berbeda. Bejana pertama diletakkan di bawah sinar matahari selama 12 jam untuk mengamati fotodegradasi dan bejana kedua ditutup rapat, diletakkan pada tempat gelap untuk mengamati biodegradasi. Sampel air diambil dari kedua bejana setiap 2 jam sekali. Pengukuran absorbansi dan nutrisi dilakukan dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis merk Shimadzu tipe UV-1800. Dari data absorbansi dihitung parameter spectral slope (S) dan perbandingan absorbansi E2:E3.

Hasil penelitian menunjukkan kemungkinan kesalahan interpretasi jika hanya menggunakan parameter S saja atau E2:E3 saja, karena proses fotodegradasi seakan-akan lebih sedikit memecah CDOM menjadi molekul yang lebih kecil daripada proses biodegradasi. Tetapi bila dilihat dari nilai absorbansinya, maka akan diperoleh interpretasi sebaliknya. Oleh karena itu, interpretasi mengenai fotodegradasi CDOM tidak cukup dilihat dari nilai S atau E2:E3 saja, melainkan dilihat pula dari nilai absorbansinya, agar tidak terjadi kesalahan penafsiran. Selain itu, proses fotodegradasi CDOM mengakibatkan zat-zat organik terlarut terdekomposisi menjadi zat-zat anorganik. Amoniak yang terbentuk akan mengalami proses nitrifikasi, teroksidasi menjadi nitrit dan kemudian nitrat. Secara umum, proses fotodegradasi CDOM mengakibatkan konsentrasi nutrisi menurun.

**Kata Kunci:** fotodegradasi, biodegradasi, chromophoric dissolved organic matter.

### Abstract

*This study aimed at determining the effect of photodegradation on CDOM and nutrient alteration on Lovina Beach, especially in a tourism-dominated area. The subject of this study was seawater collected from Lovina Beach and filtered using GF/F 0.7  $\mu$ m with the help of a vacuum pump. The objects of this study were CDOM absorbance and nutrient concentration. Filtered seawater was placed into two containers: one was under sunlight for photodegradation, and the other was kept away from light for biodegradation. A water sample was collected every 2 hours for a total of 12 hours from both containers. Absorbance and nutrient concentration were measured using a UV-1800 Shimadzu UV-Vis Spectrophotometer. The absorbance spectral slope (S) and E2:E3 ratio were calculated from the absorbance.*

*The result shows the possibility of misinterpretation due to the use of S or E2:E3 alone to express photodegradation. Either one demonstrates that photodegradation seems to decompose CDOM less than biodegradation. However, if we notice its absorbance value, it is clear that the opposite phenomenon, which is reasonable, takes place. We, therefore, conclude that CDOM photodegradation cannot be concluded from S and E2:E3 alone, but its absorbance is also necessary to lead to the right interpretation. Beside CDOM absorbance, photodegradation also affects nutrients in the water. Photodegradation decomposes organic materials into inorganics, whereas organic nitrogen is turned into ammonia and is then oxidized into nitrite and nitrate via nitrification. Overall, photodegradation decreases the concentration of nutrients dissolved in water.*

**Keywords:** photodegradation, chromophoric dissolved organic matter, spectral slope, nutrients, lake.

#### History:

Received : February 2, 2022  
Revised : February 25, 2022  
Accepted : March 15, 2022  
Published : April 25, 2022

**Publisher:** Undiksha Press

**Licensed:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License



## 1. Pendahuluan

Kabupaten Buleleng terletak di belahan utara Pulau Bali dan secara geografis terletak pada posisi 80°03'40" - 80°23'00" LS dan 1140°25'55" - 1150°27'28" BT. Kabupaten Buleleng terkenal dengan objek wisata pantai. Pantai menjadi salah satu tujuan wisatawan untuk berlibur maupun untuk olahraga air. Semakin meningkatnya aktivitas pariwisata di pantai membuat para investor membangun berbagai fasilitas berlibur seperti hotel dan restoran di sekitar pantai. Dampak negative yang ditimbulkan khususnya pencemaran lingkungan. Limbah dari kegiatan pariwisata, seperti buangan hotel, restoran dan lain-lain, dapat mengganggu ekosistem yang ada di pantai, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Salah satu daerah yang menjadi tujuan wisata di Kabupaten Buleleng adalah Pantai Lovina. Pantai Lovina menyimpan pesona yang luar biasa dengan banyak bangunan hotel dan restoran yang megah di sisi pantainya. Pantai Lovina sebagai tujuan wisata utama di Pantai Utara Bali oleh turis mancanegara. Ketenangan air lautnya juga sangat cocok untuk rekreasi air seperti *diving*, *snorkling*, berenang, memancing, berlayar, mendayung, ataupun sekedar berendam di air laut.

Banyaknya sarana wisata air yang tersedia di Pantai Lovina dapat mempengaruhi kualitas air di perairan laut seperti tercemarnya lingkungan perairan laut yaitu minyak yang tertumpah dari boat yang dipergunakan oleh parawisatawan, maka diperlukan adanya parameter untuk menguji kualitas air tersebut. Salah satu parameter yang digunakan untuk menunjukkan kualitas air tersebut yaitu oksigen terlarut/*dissolved oxygen* (DO). Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah difusi dari udara dan hasil fotosintesis organisme yang hidup di perairan. Kecepatan difusi oksigen dari udara ke dalam air berlangsung sangat lambat, oleh sebab itu fitoplankton merupakan sumber utama dalam penyediaan oksigen terlarut dalam perairan (Moriber, 1974 dalam Suswanto, 1989).

Oksigen juga dibutuhkan untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Zat organik di perairan dapat berupa zat terlarut dan zat yang tidak mudah larut. Salah satu zat yang mudah terlarut yaitu *dissolved organic matter* (DOM). DOM terdiri dari fraksi zat organik yang sangat bervariasi. DOM bisa dianalisis melalui *chromophoric dissolved organic matter* (CDOM). CDOM adalah fraksi DOM yang berwarna, sehingga secara optik akan bisa mengabsorpsi cahaya, baik ultraviolet maupun cahaya tampak. Selain kemampuannya untuk menyerap cahaya ultraviolet yang berbahaya bagi organisme di dalam air, CDOM mempunyai peranan sangat besar dalam proses yang terjadi di air. Produksi spesies oksigen yang reaktif (Mopper & Kieber, 2002); dan ketersediaan logam dalam proses biologi di air (Koukal *et al.*, 2003; Guéguen *et al.*, 2004) merupakan contoh dari peranan CDOM.

Analisis DOM dengan menggunakan spektra absorpsi dari CDOM sudah dilakukan melalui beberapa penelitian. Rasio antara absorpsi pada 254 - 365 nm digunakan untuk mengetahui perubahan ukuran molekul DOM (Peuravouri & Kalevi, 1997). Rasio antara absorpsi pada 465 - 665 nm dilaporkan berbanding terbalik dengan kearomatikan DOM (Chin *et al.*, 1994); akan tetapi diketahui mempunyai korelasi yang lebih baik dengan humifikasi (Chen *et al.*, 1977). Selain menggunakan rasio absorpsi, analisis DOM juga telah dilakukan dengan menggunakan *spectral slope* (S). Sebagai contoh, S dipakai untuk memonitor proses degradasi CDOM (Vahatalo & Wetzel, 2004), Helms *et al.* (2008) melaporkan bahwa slope pada 275–295 nm dan slope rasio (antara 275–295 nm dan 350–400 nm) berkaitan dengan berat molekul DOM dan perubahan berat molekul yang disebabkan oleh reaksi fotokimia.

Janurianti (2015) melaporkan bahwa sumber-sumber masukan DOM paling banyak di pantai, berasal dari kegiatan pariwisata. Sumber masukan DOM pada daerah pariwisata berasal dari pengelolaan limbah hotel yang tidak baik. Sumber DOM tertinggi ditunjukkan oleh daerah pariwisata I (Pantai Lovina yang berpusat di sebelah utara patung Lovina) daerah pariwisata I tersebut banyak mengandung bahan organik terlarut tertinggi. Selain tingginya DOM pada daerah pariwisata I didapatkan pula kadar nutrisi terlarut yang tinggi yang ditunjukkan dengan tingginya nilai ammonia dan fosfat. Tingginya bahan organik mengindikasikan bahwa ada potensi pencemaran akibat aktivitas perhotelan dan restoran di Pantai Lovina. Makromolekul DOM ini selanjutnya di fotodegradasi dengan bantuan sinar matahari menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Hal ini mengakibatkan makin ke tengah laut, ukuran molekul DOM menjadi lebih kecil dan lebih tahan terhadap fotodegradasi. Sebagai kelanjutannya, penelitian ini akan membandingkan proses fotodegradasi dan biodegradasi CDOM, termasuk nutrisi, pada air laut di Pantai Lovina.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh fotodegradasi terhadap konsentrasi nutrisi dan absorbansi CDOM yang berfokus pada daerah pariwisata di Pantai Lovina. Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan meliputi persiapan alat dan bahan dan pembersihan botol sampel. Tahap pelaksanaan penelitian meliputi pengambilan sampel pengukuran absorbansi CDOM serta menentukan nilai nutrisi pada Pantai Lovina.

Penelitian ini dilakukan dari bulan Oktober 2015 hingga Mei 2016. Sampel diambil di Pantai Lovina yang mewakili daerah pariwisata. Penelitian ini meliputi beberapa parameter yakni nutrisi, DO, suhu, pH serta absorbansi CDOM yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Analisis Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja. Sebelum pengambilan data, dilakukan penyiapan alat dan bahan. Peralatan yang digunakan yaitu Spektrofotometer *UV-Vis merk Shimadzu tipe 1800, water quality checker* (pH meter, DO meter, termometer), pompa vakum, pipet mikro, alat-alat gelas, dan botol sampel. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, kertas saring GF/F 0,7 µm, larutan asam klorida 1%, asam sulfat 5 N, larutan sulfanilamid, reagen nitrit 2 (N-(1 Nafthil)-etilendiamin dihidroklorida), larutan oksidator, larutan fenol, larutan natrium nitro purisida 0,5%, larutan alkali sitrat, dan larutan natrium hipoklorit.

### a. Pengukuran Amonium

Alat dan bahan yang akan digunakan uji amonium disiapkan. Sampel sebanyak 25 mL dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. 1 mL fenol ditambahkan ke dalam sampel, kemudian ditambahkan kembali 1 mL natrium nitroprusida, dan 2,5 mL oksidator, lalu dihomogenkan. Larutan yang di buat tersebut ditempatkan di dalam ruang yang gelap selama 1 jam. Setelah itu sampel diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 638 nm.

### b. Pengukuran Nitrat

Alat dan bahan yang akan digunakan untuk uji nitrat disiapkan. Sampel sebanyak 25 ml di pipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL kemudian ditambahkan 0,5 mL HCl 1 N. Sampel diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 288 nm.

### c. Pengukuran Nitrit

Alat dan bahan yang digunakan untuk uji nitrit disiapkan. Sampel 25 mL dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. 0,5 mL asam sulfanilat ditambahkan, didiamkan larutan tersebut bereaksi selama 2 – 8 menit. Sebanyak 0,5 mL larutan nafil etilendiamin dihidroklorida ditambahkan kedalam sampel, kemudian dikocok dan didiamkan minimal selama 10 menit. Larutan tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 542 nm.

### d. Pengukuran Fosfat

Sampel sebanyak 25 ml dipipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalin. Jika terbentuk warna merah muda pada sampel, maka ditambahkan asam sulfat 5 N tetes demi tetes sampai warna merah muda tidak tampak lagi. Larutan campuran (50 mL asam sulfat 5 N, 5 mL larutan kalium antimonil tartrat, 15 mL larutan ammonium molibdat dan 30 mL larutan asam askorbat) diambil sebanyak 8 mL kemudian ditambahkan dan dihomogenkan. Larutan tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 887,5 nm.

### e. Pengukuran Absorbansi CDOM

Sebelum pengukuran absorbansi, sampel dibiarkan terlebih dahulu mencapai suhu kamar. Kemudian sampel diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis setiap 2 jam dengan melakukan *scanning* pada panjang gelombang 200 - 800 nm dengan resolusi 0,5 nm.

### f. Analisis Data

Hasil *scanning* pada panjang gelombang 200-800 nm digunakan untuk analisis parameter *Spectral Slope* dan Berat Molekul Rerata ( $E_2/E_3$ ). *Spectral Slope* menggunakan 3 parameter yakni parameter  $S_{300-700}$ ,  $S_{75-295}$ , serta  $S_{350-400}$ . Parameter  $S_{300-700}$  dihitung menggunakan regresi linier antara  $\ln(A(\lambda_0))$  dan area panjang gelombang 300 – 700 nm sesuai penelitian Helms *et al.* (2008) :

$$A(\lambda) = A(\lambda_0)e^{-S(\lambda - \lambda_0)}$$

A adalah absorbansi pada panjang gelombang  $\lambda$  (nm), S adalah *spectral slope*, dan  $\lambda_0$  adalah panjang gelombang referensi yang digunakan (330 nm). Berat Molekul Rerata dihitung dengan cara membagi absorbansi pada 254 nm dengan absorbansi pada panjang gelombang 365 nm (Helms *et al.*, 2008).

Hasil pengukuran besarnya kadar *ammonia*, nitrit, nitrat dan fosfat air Pantai Lovina dibandingkan dengan Baku Mutu yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Penelitian

Sampel air yang digunakan pada penelitian ini diambil di lokasi yang berdasarkan kriteria spesifik yang ditetapkan peneliti sebelumnya yaitu di Pantai Pariwisata Lovina. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 3 Mei 2016 pukul 10.00 wita dan diperiksa dari tanggal 4-23 Mei 2016. Beberapa parameter yang dianalisis yaitu nutrisi, pH, suhu, DO dan absorbansi hasil fotodegradasi CDOM. Semua parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Jurusan Analis Kimia Universitas Pendidikan Ganesha. Data hasil pengukuran parameter DO, pH, suhu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil biodegradasi.

Selang waktu	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH
0	4,94	28,9	8,2
2	4,94	28,9	7,7
4	5,08	29,1	7,7
6	4,97	29,4	7,6
8	4,88	29,9	7,7
10	4,89	30,2	7,4
12	4,89	30,5	7,4

Tabel 2. Data hasil fotodegradasi.

Selang waktu	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH
0	5,20	29	8,2
2	5,32	29,1	8
4	4,61	32,9	7,8
6	4,71	36,5	7,7
8	3,70	38,7	7,7
10	3,76	38,1	7,7
12	4,24	35,3	7,3

Data hasil pengukuran Nutrien disajikan pada Tabel 2 dan 3

Tabel 2. Data kadar nutrisi terlarut yaitu *ammonia*, nitrat, nitrit dan fosfat pada sampel yang mengalami proses fotodegradasi.

Selang Waktu	Ammonia (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Fosfat (mg/L)
0	0	0.137	0.001	0.003
2	0	0.211	0.001	0.008
4	0.369	0.150	0	0.008
6	0	0.154	0.001	0
8	0	0.184	0.001	0.007
10	0	0.208	0	0.003
12	0	0.288	0.001	0.004

Tabel 3. Data kadar nutrisi terlarut yaitu *ammonia*, nitrat, nitrit dan fosfat pada sampel yang mengalami proses biodegradasi.

Selang Waktu	Ammonia (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Fosfat (mg/L)
0	0	0.244	0	0.007
2	0	0.224	0	0.012
4	0	0.148	0	0.010
6	0	0.168	0	0.005
8	0	0.245	0	0.007
10	0	0.245	0.001	0.006
12	0	0.325	0	0.006

Data hasil perhitungan parameter S disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Data hasil perhitungan parameter S pada sampel yang mengalami proses fotodegradasi.

Sampel	Parameter	Waktu (jam)						
		0	2	4	6	8	10	12
Foto-degradasi	$S_{300-700} \times 10^{-2}$	0,19	0,11	0,21	0,11	0,14	0,20	0,19
	$S_{275-295} \times 10^{-4}$	3,16	2,24	2,19	2,17	1,79	2,95	3,16
	$S_{350-400} \times 10^{-5}$	3,65	3,36	2,88	2,3	2,83	4,42	3,65
	$SR = S_{275-295} / S_{350-400}$	8,66	6,67	7,59	9,44	6,34	6,66	8,66
	$E_2 : E_3$	4,25	3	4	4	4,67	5	5

Tabel 5. Data hasil perhitungan parameter S pada sampel yang mengalami proses biodegradasi

Sampel	Parameter	Waktu (jam)						
		0	2	4	6	8	10	12
Bio-degradasi	$S_{300-700} \times 10^{-3}$	0,11	0,11	0,12	0,11	0,15	0,12	0,11
	$S_{275-295} \times 10^{-4}$	2,16	1,55	2,01	1,6	1,8	1,77	1,86
	$S_{350-400} \times 10^{-4}$	2,79	2,85	3,81	1,93	2,11	3,3	2,38
	$SR = S_{275-295} / S_{350-400}$	7,77	5,45	5,29	8,31	8,53	5,36	7,81
	$E_2 : E_3$	6,67	3,8	5	4	4,67	4	6,67

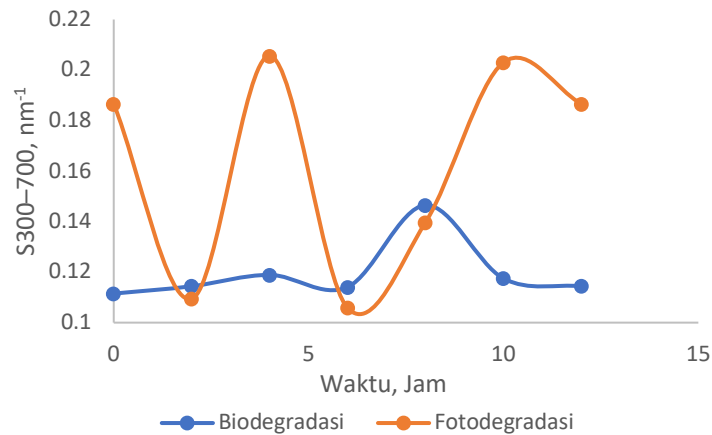
### 3.2 Pembahasan

#### a. Fotodegradasi CDOM

Fotodegradasi adalah proses peruraian suatu senyawa (biasanya senyawa organik) dengan bantuan energi foton. Fotodegradasi juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari. Metode ini sangat efisien karena memanfaatkan sinar matahari yang keberadaannya melimpah. Hasil akhirnya adalah air dan gas yang tidak berbahaya, sehingga tidak akan menimbulkan masalah baru.

*Spectral slope* (S) adalah parameter yang umum digunakan untuk menggambarkan perubahan karakter CDOM, baik berat molekul maupun komposisinya. S biasa diukur dalam rentang gelombang yang panjang (seperti 300-700 nm) maupun dalam rentang gelombang yang pendek (seperti 275-295 nm) (contoh: [Twardowski et al., 2004](#); [Helms et al., 2008](#); [Fichot & Benner, 2012](#)).

Pada hasil perhitungan, tidak terlihat pola mencolok yang membedakan fotodegradasi (botol terang) dan biodegradasi (botol gelap) (Gambar 1). Namun, secara umum, terlihat bahwa S pada fotodegradasi lebih besar dibandingkan biodegradasi. Hal ini berarti bahwa fotodegradasi mengakibatkan slope absorbansi pada panjang gelombang 300-700 nm lebih curam dibandingkan biodegradasi, dengan kata lain, reaksi penguraian oleh mikroba (biodegradasi) menurunkan absorbansi CDOM lebih banyak di panjang gelombang pendek. Sebaliknya, reaksi penguraian oleh sinar matahari (fotodegradasi) menurunkan absorbansi CDOM lebih sedikit di panjang gelombang yang pendek.



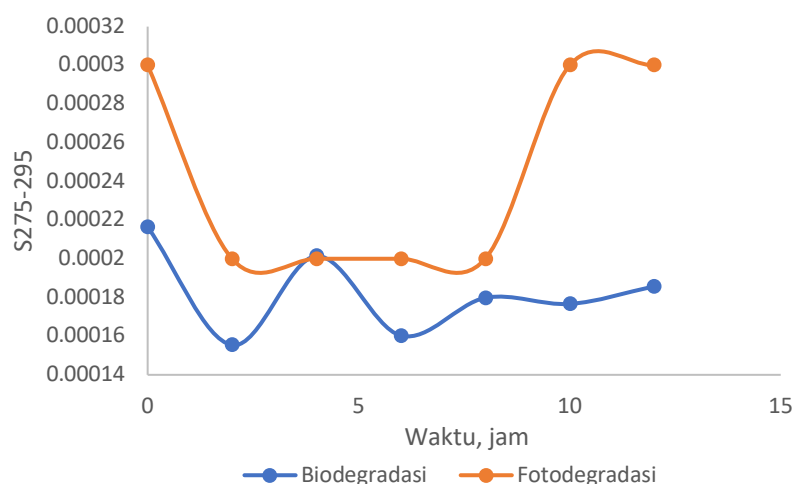
Gambar 1. Grafik hasil perhitungan  $S_{300-700}$  pada setiap rentang waktu.

Interpretasi seperti di atas biasa dilakukan oleh beberapa studi (contoh: [Twardowski et al., 2004](#); [Helms et al., 2008](#); [Fichot dan Benner, 2012](#)) terutama untuk mengetahui di panjang gelombang mana terjadi perubahan yang lebih besar. Jika terjadi di panjang gelombang yang pendek, itu berarti bahwa molekul-molekul CDOM yang besar terdegradasi. Sebaliknya, jika terjadi di panjang gelombang yang lebih panjang, berarti bahwa molekul-molekul CDOM yang lebih kecil yang terdegradasi. Namun, bertentangan dengan teori yang menyatakan bahwa fotodegradasi merupakan jalan utama memecah CDOM menjadi molekul-molekul yang lebih kecil lagi. Menurut teori tersebut, seharusnya nilai  $S$  pada CDOM yang mengalami fotodegradasi lebih rendah dibandingkan nilai  $S$  pada CDOM yang mengalami biodegradasi.

Kekeliruan semacam ini mungkin terjadi jika fotodegradasi dan biodegradasi hanya dilihat dari nilai  $S$  semata. Padahal jika dilihat perubahan absorbansinya, CDOM yang dipengaruhi fotodegradasi mengalami penurunan absorbansi yang lebih besar dibandingkan dengan CDOM yang dipengaruhi biodegradasi. Dengan demikian, untuk menjelaskan mengenai reaksi yang melibatkan CDOM, tidak cukup dengan hanya melihat nilai  $S$ . Nilai absorbansi ternyata juga sangat perlu digunakan sebagai pembanding.

#### b. Parameter $S_{275-295}$

*Spectral slope* CDOM yang berkisar antara 275-295 nm ( $S_{275-295}$ ) dapat dijadikan indikator fotodegradasi ([Helms et al., 2008](#)). Hasil pengukuran  $S_{275-295}$  disajikan pada Gambar 2.

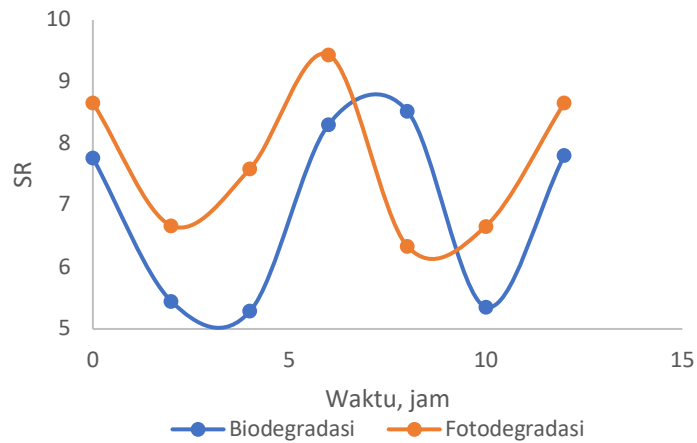


Gambar 2. Grafik hasil pengukuran  $S_{275-295}$ .

Pada Gambar Grafik nilai  $S_{275-295}$  menunjukkan kecenderungan yang sama dengan  $S_{300-700}$  sehingga berpotensi menimbulkan misinterpretasi. Oleh karena itu, absorbansi CDOM diperlukan untuk melengkapi nilai  $S$  dalam interpretasi fotodegradasi.

**c. Parameter  $S_R$**

$S_R$  merupakan *spectral slope* rasio, yaitu perbandingan antara  $S_{275-295}$  dan  $S_{350-400}$ .  $S_{275-295}$  merupakan salah satu komponen perhitungan, maka dapat diduga bahwa  $S_R$  memperlihatkan pola yang hampir mirip. Nilai  $S_R$  yang lebih tinggi akibat pengaruh fotodegradasi dibandingkan biodegradasi (Gambar 3) akan menyebabkan kesalahan penafsiran seperti pada *spectral slope* lainnya. Dengan demikian, berbeda dengan teori-teori yang berkembang sekarang, nilai  $S_R$  saja belum cukup untuk menggambarkan proses fotodegradasi. Diperlukan tambahan informasi berupa absorbansi CDOM.



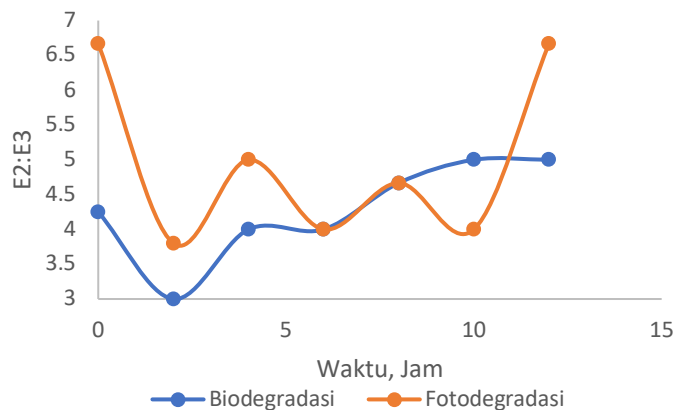
Gambar 3. Grafik hasil perhitungan  $S_R$ .

**d. Parameter  $E_2:E_3$**

De Hann dan De Boer (dalam Helms et al., 2008) menggunakan rasio absorbansi pada panjang gelombang 254 nm dengan 365 nm ( $E_2:E_3$ ) untuk mengamati perubahan ukuran relatif molekul DOM. Perubahan ukuran DOM ini secara tidak langsung juga akan menggambarkan proses degradasi dari molekul-molekul DOM yang berukuran besar menjadi molekul-molekul yang berukuran lebih kecil.

Secara umum, terlihat bahwa  $E_2:E_3$  pada fotodegradasi CDOM lebih besar dibandingkan dengan  $E_2:E_3$  pada biodegradasi CDOM (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa perbandingan absorbansi pada 254 nm dan 365 nm akibat fotodegradasi CDOM lebih tinggi. Secara tidak langsung, artinya bahwa fotodegradasi lebih sedikit mengubah (memecah) CDOM yang menyerap cahaya pada 254 nm menjadi molekul yang lebih kecil, yang menyerap cahaya pada 365 nm.

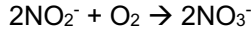
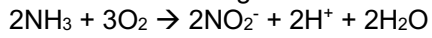
Namun, penggunaan nilai absorbansi seperti ini juga mengakibatkan kesalahan dalam interpretasi data. Seharusnya, fotodegradasi lebih banyak memecah CDOM menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Dengan demikian, nilai absorbansi CDOM saja tidak cukup untuk menggambarkan proses fotodegradasi. Diperlukan juga data S sebagai pelengkapannya.



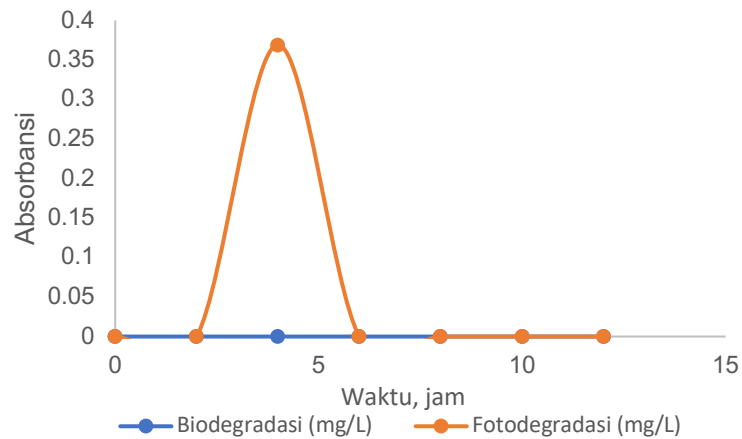
Gambar 4. Grafik parameter  $E_2:E_3$ .

### e. Pengukuran Nutrien Terlarut

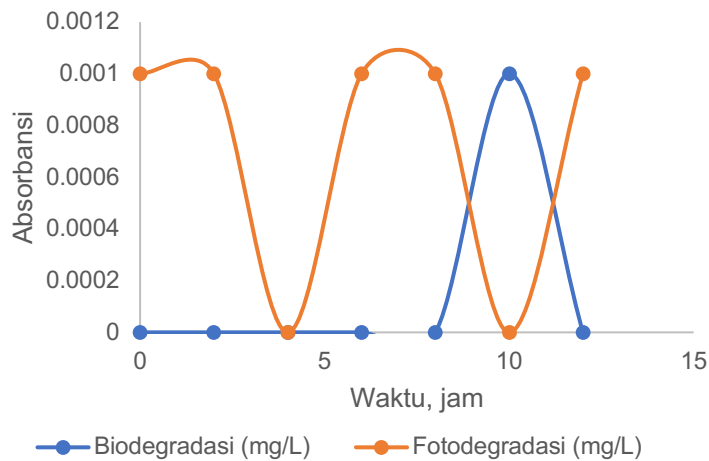
Proses fotodegradasi CDOM mengakibatkan zat-zat organik terlarut terdekomposisi menjadi zat-zat anorganik. Amoniak yang terbentuk dari proses dekomposisi ini tidak stabil dan mudah berubah menjadi nitrit yang tidak stabil dan kemudian menjadi nitrat yang stabil. Perubahan ini disebut sebagai reaksi nitrifikasi:



Berdasarkan reaksi di atas, maka amoniak secara otomatis teroksidasi menjadi nitrit dan nitrit teroksidasi menjadi nitrat. Oksigen terlarut dalam air akan mengoksidasi amoniak terlebih dahulu menjadi nitrit sehingga konsentrasi amoniak di air sangat kecil, bahkan bisa diabaikan (Gambar 5). Setelah itu, barulah oksigen akan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat, sehingga konsentrasi nitrit tidak sekecil amoniak (Gambar 6) dan konsentrasi nitrat meningkat sepanjang waktu sampling (Gambar 7). Proses nitrifikasi ini juga melepaskan ion  $\text{H}^+$  sehingga pH akan mengalami sedikit penurunan sekitar 1. Dengan demikian, pada proses ini, spesies nitrogen merupakan zat yang terbentuk dari fotodegradasi CDOM.

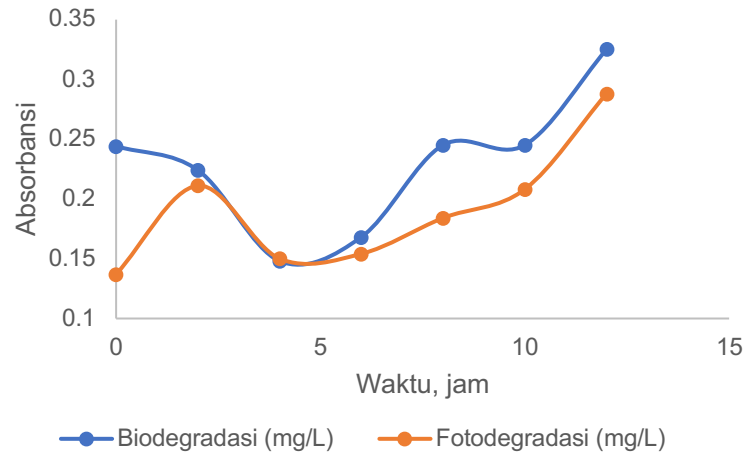


Gambar 5. Grafik hasil pengukuran Amoniak.

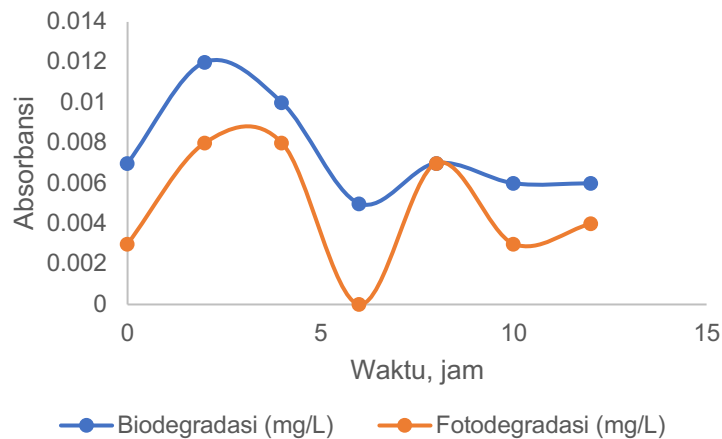


Gambar 6. Grafik hasil pengukuran Nitrit.





Gambar 7. Grafik hasil pengukuran nitrat.



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran fosfat.

Berbeda dengan amoniak, nitrit, dan nitrat, fosfat merupakan zat terlarut yang tidak berhubungan langsung dengan fotodegradasi CDOM. Fosfat dalam air laut berbentuk ion fosfat. Ion fosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP, ADP, dan Nukleotida koenzim). Penyerapan dari fosfat dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap. Senyawa fosfat dalam perairan berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan dari hewan, pelapukan tumbuhan dan dari laut itu sendiri. Selain itu, senyawa fosfat dapat bersumber dari buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung fosfat, seperti industri pencucian, industri logam, air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan yang dibuang secara langsung ke perairan.

#### 4. Simpulan

Proses fotodegradasi menyebabkan terpecahnya lebih banyak molekul-molekul CDOM yang besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil, dibandingkan dengan proses biodegradasi. Hal ini terlihat dari penurunan absorbansi CDOM yang lebih besar pada proses fotodegradasi. Akan tetapi untuk menjelaskan hal tersebut selain nilai S dan  $E_2:E_3$ , nilai absorbansi juga diperlukan agar tidak terjadi kesalahan interpretasi data yang dihasilkan.

Proses fotodegradasi CDOM mengakibatkan zat-zat organik terlarut mengalami dekomposisi menjadi zat-zat anorganik. Amoniak yang telah terbentuk akan teroksidasi menjadi nitrit yang kemudian nitrit akan teroksidasi kembali menjadi nitrat. Pada fosfat tidak berhubungan langsung (terbentuk atau terurai) dari CDOM. Keberadaan fosfat dalam ekosistem air menjadi faktor penentu dalam proses fotosintesis..

## Daftar Pustaka

- Chen, Y. et al. 1977. *Information provided on humic substances by E4/E6 ratios*. Soil Science Society of America Journal, 41(2), 352-358.
- Chin, Y. P. et al. 1994. *Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic properties of aquatic humic substances*. Environmental Science & Technology, 28(11), 1853-1858.
- Fichot, C. G., & Benner, R. 2012. *The spectral slope coefficient of chromophoric dissolved organic matter (S275-295) as a tracer of terrigenous dissolved organic carbon in river influenced ocean margins*. Limnology and Oceanography, 57(5), 1453-1466.
- Guéguen, C et al. 2004. *Water toxicity and metal contamination assessment of a polluted river: the Upper Vistula River (Poland)*. Applied Geochemistry 19, 153–162.
- Helms, J. R. et al. 2008. *Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter*. Limnology and Oceanography, 53(3), 955.
- Janurianti, Ni Made Defy. 2015. *Perbedaan Dissolved Organic Matter (DOM) pada Pantai Pariwisata dan Pantai Natural di Pesisir Utara Buleleng*. Tugas Akhir (Tidak diterbitkan). Jurusan Analis Kimia. FMIPA UNDIKSHA.
- Koukal, B. et al. 2003. *Influence of humic substances on the toxic effects of cadmium and zinc to the green alga Pseudokirchneriella subcapitata*. Chemosphere 53, 953–961
- Mopper, K. dan Kieber, D.J., 2002. *Photochemistry and the cycling of carbon, sulfur, nitrogen and phosphorus*. In: Hansell, D.A., Carlson, C.A. (Eds.), Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter. Academic Press, San Diego, pp. 455–507.
- Peuravuori, J., dan Kalevi Pihlaja. 1997. *Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substances*. Analytica Chimica Acta, 337(2), 133-149.
- Vähätalo, A. V., dan R. G. Wetzel. 2004. *Photochemical and microbial decomposition of chromophoric dissolved organic matter during long (months–years) exposures*. Marine Chemistry, 89(1), 313-326.