

XII

SUKSESI DAN DISTRIBUSI HORIZONTAL MIKROBA DEKOMPOSER DI SUNGAI CISADANE BAGIAN HILIR

Penanggung Jawab : Tri Widiyanto

Anggota : Bambang Teguh Sudiyono
Vidya Indarwati

A. ABSTRAK

Sungai Cisadane merupakan sungai yang strategis dan pemanfaatannya relatif tinggi. Berbagai macam industri dan pemukiman membuang limbah melalui sungai tersebut. Disisi lain masyarakat memanfaatkannya untuk air minum, cuci, dll. Bagian hilir sungai Cisadane mempunyai tingkat akumulasi senyawa organik yang relatif tinggi, yaitu sebesar 6,766 mg/L dan 1,090 mg/L. Sedangkan pada system perairan tambaknya relatif lebih tinggi yaitu mencapai 20 mg/L. Limbah tersebut akan terakumulasi pada sistem sedimen/dasar. Secara alami limbah tersebut akan terdekomposisi oleh aktivitas mikroorganisme. Hasil analisis keragaman jenis mikroba dekomposer memperlihatkan 5 jenis mikroba dengan kenampakan warna : putih, merah, kuning, orange dan coklat. Jumlah populasi pada system perairan sungai Cisadane mencapai 54×10^4 sel/mL, yaitu di daerah kali Baru. Sedangkan hasil uji perubahan populasi memperlihatkan bahwa pada sedimen banyak didominasi oleh kelompok denitrifikasi dan pada perairan didominasi oleh kelompok ammonifikasi dan nitrifikasi serta beberapa kelompok heterotrofik.

Kata Kunci : *Cisadane, mikroba dekomposer, senyawa organik, isolasi, karakterisasi*

B. PENDAHULUAN

Daerah pesisir atau hilir sungai merupakan bagian sungai dengan akumulasi senyawa organik yang cukup tinggi. Pada daerah tersebut segala macam limbah akan terakumulasi pada sistem sedimen/dasar perairan. Arus dan kandungan garam air laut akan menyebabkan limbah tersebut tidak dapat dengan mudah terbuang ke laut atau terdekomposisi.

Sistem sedimen merupakan bagian perairan yang mempunyai kondisi ekstrim. Pada sistem tersebut mempunyai : kandungan oksigen yang rendah atau bahkan anoksik, penetrasi cahaya kurang dan kandungan senyawa metabolit toksik yang tinggi serta akumulasi logam berat dari segala macam limbah industri

dan pertanian. Kondisi tersebut merupakan faktor pembatas bagi perkembangan beberapa kelompok mikroba dekomposer, yang secara ekologis berfungsi mendegradasi polutan senyawa organik. Disisi lain kondisi ekstrim tersebut akan menyebabkan terjadinya seleksi secara alami terhadap mikroba dekomposer yang potensial sebagai pengendali polutan. Kandungan bahan organik yang optimal untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah sekitar 50 –100 mg/L. Sedangkan kelompok mikroba oligotrofik dapat hidup pada konsentrasi senyawa organik yang tinggi, yaitu sekitar 500 – 1000 mg/L (Semenof dan Stanley, 1992). Dalam penerapannya kelompok mikroorganisme oligotrofik tersebut dapat digunakan kembali sebagai salah satu agen pengendalian senyawa organik yang terakumulasi pada dasar perairan. Sistem sedimen dengan kondisi yang reduktif menyebabkan mekanisme dekomposisi senyawa organik hanya akan dapat dilakukan oleh kelompok mikroba yang bersifat mikroaerofilik/hidup pada kandungan oksigen yang rendah (Atlas dan Bartha, 1998).

Proses dekomposisi senyawa organik tersebut merupakan tahapan pengembalian nutrien ke dalam lingkungan. Terpotongnya mekanisme tersebut akan menimbulkan terganggunya keseimbangan ekologis (Atlas dan Bartha, 1998). Kondisi ini banyak terjadi pada sistem perairan yang berada di daerah pemukiman ataupun kawasan industri. Beban masukan limbah organik yang tinggi sudah tidak dapat diimbangi oleh mekanisme dekomposisi atau degradasi secara alamiah. Sehingga akan menimbulkan polusi. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya pemanfaatan sistem perairan, baik untuk kegiatan budidaya, industri, air minum maupun pertanian. Pemanfaatan perairan tersebut menjadi membutuhkan biaya tinggi, karena terdapat unit pengelolaan tambahan untuk purifikasinya.

Sampai saat ini data ataupun informasi mengenai masalah suksesi dan distribusi horizontal mikroba dekomposer pada sistem perairan yang tercemar limbah organik masih jarang. Keberadaan kelompok dekomposer pada sedimen mempunyai peranan penting untuk melakukan purifikasi melalui mekanisme degradasi senyawa organik (McLatchey dan Reddy, 1994). Penelitian ini menitik beratkan pada sistem perairan yang relatif tinggi kandungan polutan senyawa organiknya, yaitu : bagian hilir sungai Cisadane. Penelitian ini banyak

menekankan kepada kegiatan analisis sample sedimen, dan analisis kandungan polutan senyawa organik pada sistem sedimen.

Tujuan dari kegiatan penelitian ini meliputi : Melihat pola suksesi horizontal mikroba dekomposer pada perairan sungai Cisadane bagian hilir yang tercemar senyawa organik; Melihat dominasi dan distribusi kelompok mikroba dekomposer pada sistem perairan bagian hilir sungai yang tercemar senyawa organik; Mengetahui profil senyawa organik dalam sedimen perairan sungai Cisadane; Melihat hubungan antara suksesi mikroba dekomposer dan kandungan senyawa organiknya.

C. METODOLOGI

Distribusi, suksesi dan kelimpahan mikroba dekomposer sangat dipengaruhi oleh kondisi nutrien dan lingkungan perairan. Dekomposer merupakan salah satu kelompok pendegradasi senyawa organik terlarut atau yang terakumulasi pada sedimen. Secara alamiah perkembangan kelompok dekomposer akan beradaptasi dengan kondisi lingkungannya. Pada sistem dasar perairan yang mengandung deposit senyawa organik tinggi akan ditumbuhi oleh kelompok mikroba dekomposer yang bersifat oligotrofik. Suksesi, kelimpahan dan distribusi kelompok mikroba tersebut pada sistem sedimen yang tercemar dapat digunakan sebagai salah satu acuan pengelolaan perairan yang tercemar senyawa organik. Salah satu cara pengelolaannya adalah melalui mekanisme bioaugmentasi (introduksi agen) mikroba terseleksi yang mampu mendegradasi senyawa organik secara optimum. Selain itu komposisi dan kelimpahan mikroba dekomposer tersebut akan menentukan tingkat laju degradasi dan polusi senyawa organik.

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini : Identifikasi sumber pencemar senyawa organik di DAS Cisadane; Analisis mikroba dekomposer; Analisis komunitas mikroba decomposer (Cappuccino and Natalie, 1983); Karak terisasi mikroba dekomposer yang dominan; Analisis perbandingan komposisi dan kelimpahan mirkoba dekomposer dari semua stasiun di bagian hilir sungai Cisadane.

Identifikasi sumber pencemar senyawa organik di DAS Cisadane, Analisis kandungan senyawa karbon organik dan kualitas air

Identifikasi sumber pencemar bahan organik dilakukan dengan survey langsung aktivitas atau kegiatan dari sector industri, pertanian dan perikanan yang terdapat disepanjang sungai Cisadane. Diasumsikan bahwa seluruh limbah dari kegiatan tersebut pada akhirnya akan dibuang ke sungai Cisadane, abai itu diolah terlebih dahulu maupun tidak.

Diambil sebanyak 300 mL air dari setiap titik pengambilan sample. Kemudian dianalisis kandungan TOC nya di lab. Hidrodinamika Puslit Limnologi LIPI dengan metode pemanasan. Sedangkan analisis kualitas air dilakukan dengan menggunakan WQC Horiba U-10 secara langsung dari titik sampling.

Analisis mikroba dekomposer

Sampel diambil dari system perairan sungai Cisadane secara langsung. Pengambilan dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada musim kemarau dan musim penghujan. Disepanjang daerah hilir sungai Cisadane diambil dua titik sampling dan setiap kali pengambilan sample dilakukan duplo. Sebanyak 200 mL air sungai dan 500 gram sedimen diambil langsung dari system sungai dan dimasukkan dalam cool box, sebelum dianalisis. Analisis mikroba decomposer dilakukan di Lab. Mikrobiota Puslit Limnologi.

Analisis mikroba decomposer dilakukan dengan metode penghitungan langsung dengan pengenceran bertingkat. Sampel air diencerkan secara bertingkat sampai pada tingkat 10⁻⁵. Dari masing-masing pengenceran diambil sebanyak 0,1 mL dan diinokulasikan pada media Nutrien Agar dengan kandungan garam yang dimodifikasi, disesuaikan dengan tingkat salinitas asal sample tersebut dan sumber karbon yang tersedia. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 2 x 24 jam dan dihitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh.

Karakterisasi mikroba dekomposer yang dominan

Karakterisasi dilakukan terhadap kemampuan mikroba terisolasi dalam melakukan degradasi senyawa metabolit toksik, ammonia, nitrit dan nitrat. Sebanyak 0,1 mL isolat murni mikroba yang terseleksi ditumbuhkan dalam media nutrien cair dalam tabung reaksi. Kemudian diinkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu dilakukan analisis terhadap kandungan senyawa ammonia,

nitrit dan nitrat pada media dan dilihat kemampuan penurunannya dengan jalan perbandingan pada kontrol.

Analisis komunitas mikroba dekomposer

Untuk melihat komunitas mikroba dekomposer pada sistem perairan sungai Cisadane dilakukan pengambilan sample air dan sedimen sebanyak 2000 mL air dan 500 gram sedimen, dengan menggunakan pipa paralon 3 inchi. Sampel tersebut diinkubasi selama 2 x 24 jam dan diaerasi, pada suhu ruang. Kemudian dilakukan analisis populasi mikroba dekomposernya, dengan metode penghitungan langsung melalui pengenceran bertingkat. Selain itu juga dilakukan analisis kandungan senyawa ammonia, nitrit dan nitratnya dari setiap sample.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi sumber pencemar senyawa organik, Analisis kandungan senyawa karbon organik dan kualitas air di Sungai Cisadane bagian hilir

Sumber pencemar organik yang masuk ke perairan sungai Cisadane bagian didominasi oleh aktivitas perikanan, yaitu tambak udang. Hal ini terutama pada bagian hilir sungai. Areal di lokasi tersebut hampir seluruhnya digunakan untuk usaha budidaya tambak (bandeng dan udang) dengan pola semi intensif dan ekstensif. Usaha ini menggunakan sungai Cisadane sebagai sumber air tawar dan juga membuang limbah saat pencucian atau pengurasan.

Sedangkan pada alur sungai lebih bagian atasnya terlihat banyak aktivitas industri berat, yaitu pembuatan kapal atau perahu motor. Dalam Industri ini banyak membuang limbah kayu ke system perairan sungai Cisadane. Selain itu juga limbah rumah tangga banyak mendominasi kontribusi senyawa organik pada perairan tersebut. Sedangkan untuk sector industri berat pada perairan sungai Cisadane bagian hilir tidak terlalu signifikan. Total kandungan senyawa karbon organik pada titik sampling adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kandungan senyawa karbon organic di daerah Hilir Sungai Cisadane

No.	Stasiun	Jumlah (mg/L)
1.	Desa Kalibaru Kec. Paku Haji	6,766
2.	Desa Tanjung Burung Kec. Teluk Naga	1,090
3.	Tambak I Desa Tanjung Pasir Ke. Teluk Naga	20,020
4.	Tambak II Ds. Tanjung Pasir Kec. Teluk Naga	9,820

Kandungan senyawa organic pada system perairan tambak lebih tinggi dari perairan sungainya. Hal ini wajar karena adanya masukan dari pakan hewan yang dibudidayakan yang tidak semuanya termakan. Kualitas air sungai Cisadane adalah sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Sedangkan kualitas air tambak di lokasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 2. Kualitas Air Sungai Cisadane Desa Tanjung Burung Kec. Teluk Naga

Ulangan	pH	Suhu	Turbiditas	Konduktivitas	Salinitas
		(° C)	(NTU)	(mS/cm)	(‰)
1	8,46	30,80	26	4,82	20,0
2	8,40	30,80	29	4,82	20,0
3	8,38	30,80	26	4,82	20,0
4	8,35	30,80	29	4,82	20,0
5	8,21	31,40	26	4,82	20,0
6	8,21	31,40	26	4,82	20,0
Rata-rata	8,34	31,40	27	4,82	20,0

Tabel 3. Parameter Kualitas Air Sungai Cisadane Hilir, Kali Baru Kec. Paku Haji

Ulangan	pH	Suhu	Turbiditas	Konduktivitas	Salinitas
		(° C)	(NTU)	(mS/cm)	(‰)
1	8,24	30,80	38	2,24	10
2	8,24	30,80	37	2,24	10
3	8,24	34,40	39	2,24	10
4	8,24	34,40	38	2,24	10
5	8,24	34,40	38	2,24	10
6	8,24	34,40	38	2,24	10
Rata-rata	8,94	34,40	38	2,24	10

Tabel 4. Analisis Kualitas Air Tambak 2 Desa Tanjung Pasir Kec. Teluk Naga

Ulangan	pH	Suhu	Turbiditas	Konduktivitas	Salinitas
		(° C)	(NTU)	(mS/cm)	(‰)
1	8,76	31,40	100,00	57,60	38,40
2	8,69	31,40	100,00	57,60	38,40
3	8,77	31,40	100,00	57,60	38,40
4	8,78	31,40	100,00	57,60	38,40
5	8,79	31,40	100,00	57,60	38,40
6	8,79	31,40	100,00	57,60	38,40
Rata-rata	8,76	31,40	100,00	57,60	38,40

Tabel 5 : Parameter Kualitas Air Tambak 2. Desa Tanjung Pasir Kec. Teluk Naga

Ulangan	pH	Suhu	Turbiditas	Konduktivitas	Salinitas
		(° C)	(NTU)	(mS/cm)	(‰)
1	8,92	34,40	21	87,3	40
2	8,93	34,40	22	87,3	40
3	8,94	34,40	21	87,3	40
4	8,94	34,40	26	87,3	40
5	8,94	34,40	23	87,3	40
6	8,95	34,40	22	87,3	40
Rata-rata	8,94	34,40	22,5	87,3	40

Analisis mikroba dekomposer

Mikroba decomposer yang terdeteksi pertumbuhannya pada media nutrisi agar terdapat 5 jenis koloni. Perbedaan ini dilihat dari penampakan secara visual dari warna koloni, yaitu : putih, kuning, merah, orange dan coklat muda (Tabel 6). Dari penampakan koloni tersebut diduga bahwa berasal dari genus : enterobacter, vibrio, rhodobacter dan pseudomonas, tetapi untuk menentukan kelompok secara pasti masih perlu dilakukan uji lebih lanjut. Sedangkan untuk deteksi kelompok bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi senyawa protein dilihat dari hasil pertumbuhan pada media proteolitiknya (Tabel 6)

Keragaman populasi mikroba pada system perairan tersebut masih relatif tinggi, khususnya pada system perairan tambak. Sedangkan pada system perairan sungainya tergolong rendah. Kondisi ini berhubungan dengan ketersediaan nutrisi yang terdapat pada perairan tersebut. Hasil analisis kandungan senyawa karbon organik totalnya menunjukkan bahwa pada perairan tambak lebih tinggi dari perairan sungainya. Selain itu kemungkinan besar jenis limbah yang masuk dalam perairan sungai relatif beragam, baik dari limbah industri berat maupun pertanian.

Tabel 6. Hasil penghitungan Jumlah Koloni Bakteri Dekomposer

No.	Asal sampel	Pengenceran	Jumlah koloni/morfologis				
			putih	kuning	merah	orange	Coklat
1.	Tambak 1 (air)	10^{-3}	28				
2.	Tambak 2 (air)	10^{-3}		1			
3.	Tambak1 (sedimen)	10^{-2}	58	3	15		
4.	Tambak. 2 (sedimen)	10^{-1}	61	2	4	28	
5.	Kalibaru (air)	10^{-3}	52	2			
6.	Kali baru (sedimen)	10^{-1}	105	12	7	-	25
7.	Tanjung burung air)	10^{-2}	82	2			
6.	Tanjung burung (sedimen)	10^{-2}	23	13	2	11	6

Tabel 7. Kelompok Bakteri yang Bersifat Proteolitik

No.	Asal sample	Per. genceran				
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
1.	Tambak 1 (air)			+	+	+
2.	Tambak 1 (sedimen)	+	-	-	-	
3.	Tambak 2 (air)	-	-	+	-	-
4.	Tambak 2 (sedimen)	+	-	-		
5.	Kali baru (air)		+	+	+	
6.	Kali baru (sedimen)	+	+	+		
7.	Tanjung burung (air)		+	+	+	
8.	Tanjung burung (sedimen)	+	+	+		

Analisis komunitas mikroba dekomposer

Komunitas mikroba decomposer pada system perairan tambak menunjukkan perubahan yang struktur komunitas pada inkubasi 2 x 24 jam. Total bakteri pada system perairan tambak menunjukkan peningkatan yang berarti antara awal dan setelah dilakukan inkubasi 2 x 24 jam dan kelompok bakteri ammonifyingnya relatif sama. Sedangkan pada system sedimennya total bakterinya setelah dilakukan inkubasi justru mengalami penurunan dan untuk kelompok denitrifikasi dan ammonifyingnya mengalami peningkatan (Tabel 8 & 9).

Kelompok bakteri ammonifying berperan dalam proses penguraian senyawa organik kompleks yang banyak mengandung gugus amin dalam hal ini senyawa protein. Senyawa tersebut akan didekomposisi sehingga akan dihasilkan senyawa ammonia atau ammonium. Oleh karena itu kelompok bakteri tersebut mempunyai peranan yang cukup penting dalam proses dekomposisi senyawa organik.

Tabel 8. Hasil Uji Populasi Komunitas Bakteri pada Sistem Perairan Tambak.

Media	Awal	Inkubasi 24 jam
SWC	28×10^4 sel/ml	146×10^4 sel/ml
Ammonifying	$75,6 \times 10^4$ sel/ml	$98,4 \times 10^2$ sel/ml

Tabel 9. Hasil Uji Populasi Komunitas Bakteri pada Sistem Sedimen Tambak.

Media	Awal	Inkubasi 24 jam
SWC	$26,4 \times 10^6$ sel/ml	20×10^6 sel/ml
Ammonifying	$75,6 \times 10^4$ sel/ml	$93,8 \times 10^6$ sel/ml
Denitrifikasi	12×10^3 sel/ml	$27,5 \times 10^3$ sel/ml

Sedangkan hasil deteksi profil senyawa metabolit toksik (ammonia, nitrit dan nitrat pada uji komunitas mikroba memperlihatkan perubahan yang cukup berarti. Pada awal inkubasi kandungan senyawa ammonianya masih relatif lebih rendah dibanding dengan masa inkubasi 2 x 24 jam. Hal ini terjadi baik pada sedimen maupun badan airnya (Tabel 10).

Tabel 10. Hasil Analisis Kandungan Ammonia (ppm) dalam Uji Mikrobial Komunitas

Parameter	awal	Inkubasi 2 x 24 jam
Ammonia (air) 1	0,0612	0,2870
Ammonia (air) 2	0,0542	0,2712
Ammonia (air) 3	0,0612	0,2957
Ammonia sedimen 1	0,0419	0,0577
Ammonia sedimen 2	0,0507	0,0402
Ammonia sedimen-Air	0,3972	0,4042 dan 0,5565

Hasil analisis senyawa nitrit juga memperlihatkan kecenderungan terjadi peningkatan, antara awal dan setelah dilakukan inkubasi 2 x 24 jam (Tabel 11). Hal ini terjadi karena adanya aktivitas kelompok bakteri nitrifying yang mampu memanfaatkan senyawa ammonia sebagai sumber energi dalam aktivitas metabolismenya. Sebagai hasil antara dalam proses tersebut adalah senyawa nitrit

(Kaplan and Newbold, 1993). Senyawa tersebut lebih lanjut akan dioksidasi menjadi senyawa nitrat oleh kelompok bakteri nitrifikasi.

Tabel 11. Hasil Analisis senyawa Nitrit (ppm) dalam Uji Mikrobial Komuniti.

Parameter	awal	Inkubasi 2 x 24 jam
(air) 1	0,0057	0,0454
(air) 2	0,0035	0,0614
(air) 3	0,0046	0,0486
sedimen 1	ttd	ttd
Ammonia sedimen 2	ttd	ttd
sedimen-Air	0.0486	0,0411 dan 0,0657

E. DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1992. Standard methods for examination of water and wastewater. 14 th. American Public Health Association. Washington. 1193 pp.
- Atlas, R.M. and R. Bartha. 1998. Microbial Ecology. Fundamental and Applications. The Benjamin/Cumming Publ. Co. California.
- Brock, T.D. and M.T. Madigan. 1991. Biology of Microorganisms. Prentice Hall. New Jersey.
- Buchanan, R.E and E. Gibbons. 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology. The Williams & Wilkins Company. Baltimore.
- Cappuccino, G.J. and Natalie S. 1983. Microbiology : A Laboratory Manual. Addison - Wesley Publishing Company Inc. California. USA. pp. 31-35.
- Cleseri, L.S., A.E. Greenberg and R.R. Trussel. 1989. Standard methode for the examination of water and wastewater. Port city Press. Baltimore.
- Kaplan, L.A. and J.D. Newbold. 1993. Biogeochemistry of dissolved organic carbon. In. T.E. Ford (ed). Aquatic Microbiology. Blackwell Scientific Publication.
- Vollenweider, R.A. and J.Karekes. 1980. The leading concept as basis for controlling eutrophycation phylosopy and preliminary result of The OECD Programme on eutrophycation. In: Jenkins, C.H. (Edit.) : Eotrophycation of Deep Lakes. Progress in Water Technology. 12: 5-38.