

Penilaian Keanekaragaman Bakteri di Sungai Musi, Sumatera Selatan dengan Analisis T-RFLP Gen 16S rRNA

Assessment of Microbial Diversity in Musi River, South Sumatra by T-RFLP Analysis of 16S rRNA Gene

Melki^{1,2*)}, Alim Isnansetyo³, Murwantoko³, Jaka Widada⁴

¹Program Studi Ilmu Kelautan, FMIPA Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32 Inderalaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662

²Mahasiswa Program Studi Bioteknologi, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Jl. Teknika Utara, Pogung, Sleman, Yogyakarta 55281

³Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

⁴Departemen Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

*)Penulis untuk korespondensi: +6285268005400
Email: melki@unsri.ac.id

ABSTRACT

The Musi River is a large and longer river in Sumatra Island, located in South Sumatra. Most of anthropogenic activities and industries around of river have negative ecological impact on water quality and bacterial diversity. The aim of this study was to determine of bacterial diversity of 16S rRNA genes at the Musi River. Bacterial diversity analysis was conducted using Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP) technique. The results showed that the types of bacteria are found *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas plecoglossicida* and *Desulfovibrio oxamicus*. While the diversity of bacteria in BsuR1 restriction enzyme had a range of Shannon-Weiner diversity index (H) of 0.28 to 2.31, richness (R) of 4 to 12, and evenness (E) of 0.11 to 0.95. Meanwhile, the range of H, R, and E of Msp1 restriction enzyme were 0.82 to 1.79, 6 to 13, and 0.42 to 0.76, subsequently. The Principal Component Analysis (PCA) showed that there was water quality (pH, ammonia, nitrite, and nitrate) related to bacterial diversity, with the result that the environmental conditions of Musi River waters are classified in low stability.

Keywords: bacterial diversity, T-RFLP, water quality

ABSTRAK

Sungai Musi merupakan sungai terbesar dan terpanjang di pulau Sumatera, terletak di provinsi Sumatera Selatan. Banyaknya aktivitas antropogenik dan kegiatan industri disepanjang sungai akan menyebabkan pencemaran terhadap kualitas air serta perubahan keanekaragaman bakteri. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman bakteri 16S rRNA di perairan Sungai Musi. Analisis keanekaragaman bakteri dilakukan menggunakan teknik *Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism* (T-RFLP). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa jenis-jenis bakteri yang dijumpai adalah *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas plecoglossicida* dan *Desulfovibrio oxamicus*. Sedangkan nilai indeks keanekaragaman bakteri di wilayah ini untuk enzim restriksi BsuR1 memiliki rentang indek keanekaragaman Shannon-Weiner (H) sebesar 0,28-2,31; kekayaan (R) sebesar 4-12; dan pemerataan (E) sebesar 0,11–0,95. Sementara itu, enzim

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

restriksi Msp1 dengan rentang H, R, dan E berturut-turut yakni 0,82-1,79; 6-13; 0,42-0,76. Analisis PCA menunjukkan beberapa kualitas perairan (pH, amonia, nitrit dan nitrat) memiliki keterkaitan dengan indeks keanekaragaman bakteri, sehingga kondisi lingkungan perairan Sungai Musi tergolong dalam kestabilan rendah.

Kata kunci: keanekaragaman bakteri, kualitas air, T-RFLP

PENDAHULUAN

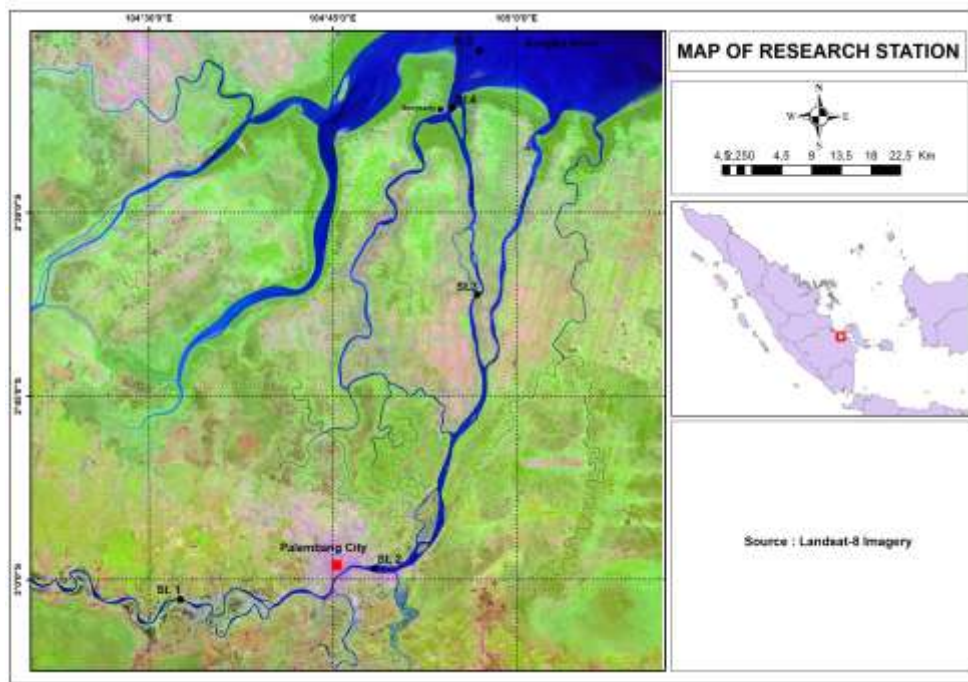
Sungai Musi merupakan sungai terbesar dan terpanjang di provinsi Sumatera Selatan dengan panjang \pm 510 km (Zulkifli *et al.*, 2009). Lebar rata-rata Sungai Musi adalah 504 m (lebar terpanjang 1.350 m berada disekitar Pulau Kemaro, dan lebar terpendek 250 m berlokasi di sekitar Jembatan Musi II) (<http://www.palembang.go.id>). Sungai Musi bagian hulu dengan ekosistem hutan lindung telah mengalami perubahan tata guna lahan sampai di hilir yang sarat akan pemukiman dan industri seperti pengilangan minyak, pabrik pupuk, pengolahan karet alam, dan kayu sehingga berpotensi menyebabkan degradasi kualitas lingkungan perairan sungai (Zulkifli *et al.*, 2009). Sungai Musi juga dijadikan jalur transportasi umum bila dilihat dari segi ekonomi (Surbakti, 2012).

Analisis parameter kualitas air (amonia, nitrit dan nitrat) di Sungai Musi bagian hilir sampai ke muara sungai diperoleh konsentrasi amonia 0,04-0,10 mg/L dan nitrat 0,02-0,10 mg/L (Putri dan Melki, 2011); konsentrasi nitrat 0,03 mg/L (Munthe *et al.*, 2012); konsentrasi amonia 0,02-0,41 mg/L dan konsentrasi nitrat 0,03-2,04 mg/L (Isnaini dan Surbakti, 2015). Hal ini menunjukkan indikasi pencemaran karena kualitas air sudah tidak memenuhi baku mutu untuk kehidupan biota laut yaitu <0,3 mg/L untuk amonia dan <0,008 mg/L untuk nitrat (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004). Sedangkan untuk ikan air tawar dan baku mutu air minum yaitu amonia (\leq 0,02 mg/L), nitrit (<0,06 mg/L) dan nitrat (<10 mg/L) (Gubernur Sumatera Selatan, 2005). Serta laporan media cetak online menyatakan bahwa perairan Sungai Musi sudah mulai tercemar akibat limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air (Sriwijaya Post, 2012; Tribunnews, 2013; Merdeka, 2014).

Keragaman bakteri di perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor kualitas perairan yang dapat mendukung atau menekan ketahanan hidup bakteri. Faktor tersebut berupa faktor fisika, kimia, dan biologi. Faktor fisika berupa arus, pasang surut dan kecerahan. Faktor kimia diantaranya salinitas, pH, oksigen terlarut, amonia, nitrit dan nitrat. Serta faktor biologi adalah bakteri. Pada penelitian ini akan dikaji keanekaragaman bakteri 16S rRNA berdasarkan analisis T-RFLP pada lima lokasi di perairan Sungai Musi, Provinsi Sumatera Selatan pada musim hujan dan musim kemarau.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Sampling. Lokasi sampling dilakukan di perairan Sungai Musi (Gambar 1). Pengambilan sampel air dilakukan pada 5 stasiun di mulai dari sungai sampai ke laut pada kondisi air pasang dan air surut. Parameter kualitas air di setiap stasiun diukur secara in situ meliputi: suhu, kekeruhan, kecepatan arus, pH, salinitas dan kedalaman. Amonia, nitrit dan nitrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer di laboratorium.



Gambar 1. Lokasi penelitian di perairan Sungai Musi

Ekstraksi DNA Genom Bakteri

Ekstraksi DNA genom bakteri menggunakan metode phenol/chloroform yang telah di modifikasi menurut Zhang et al. (2008) dan Jinsheng et al. (2011), dimana sebanyak 3 L disaring terlebih dahulu dengan kertas saring ukuran 1,6 mm untuk menyaring partikel tersuspensi dan organisme eukaryot kemudian disaring lagi dengan kertas saring ukuran 0,22 μm (diameter 47 mm; MF-Millipore membrane) untuk menyaring mikroorganisme, selanjutnya kertas saring ukuran 0,22 μm di potong kecil-kecil di tambah 1 mL buffer lisis (100 mM Tris HCL 1M [pH 8], 100 mM NaCl, 50 mM EDTA [pH 8], 2% SDS), 30 μL proteinase-K (20 mg/mL), dan 40 μL lysozyme. Semua bahan divortex selama 1 menit, setelah itu diinkubasi pada suhu 55°C di dalam waterbath selama 30 menit. Kemudian disentrifuge 13.000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang diperoleh ditambah dengan fenol dengan perbandingan 1:1 dan di shaker selama 30 menit. Kemudian disentrifuge 13.000 rpm selama 10 menit dan supernatan yang diperoleh ditambahkan dengan kloroform (1:1) kemudian di shaker dan disentrifuge lagi dengan waktu dan kecepatan yang sama. Supernatan ditambah dengan etanol absolut (1:1) dan disimpan pada suhu -20°C selama satu malam. Selanjutnya disentrifuge lagi 13.000 rpm selama 10 menit. Supernatannya dibuang dan pellet DNA yang terbentuk dibilas dengan 500 μL ethanol 70% dan sentrifuge 13.000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya pelet DNA dikeringanginkan lalu ditambah TE 40 μL .

Amplifikasi Gen 16S rRNA dan Digesti Enzim Restriksi

Amplifikasi gen 16S rRNA menggunakan primer 27F-56Fam (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') dan 1492R (5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3') (Jinsheng et al., 2011). Komposisi total volumenya 25 μL terdiri dari 12,5 μL PCR Mix (Go Taq® Green Master Mix, Promega), 1 μL masing-masing primer, 1 μL sampel DNA (20 ng) dan 9,5 μL nuclease free water. Proses PCR dilakukan pada mesin PCR meliputi denaturasi awal pada suhu 95 °C selama 3 menit dengan 35 siklus terdiri dari: denaturasi pada suhu 95 °C selama 30 detik, annealing pada suhu 54 °C selama 30 detik, dan ekstensi pada suhu 72 °C selama 1 menit dan terakhir final ekstensi pada suhu 72 °C selama 5 menit (Patantis et

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

al., 2013). Produk PCR selanjutnya dipotong (digesti) dengan 2 enzim restriksi endonuklease, yaitu *BsuR1* dan *MspI* dengan formulasi 4 μ L 10X FastDigest buffer, 40 μ L produk PCR, 3 μ L masing-masing enzim restriksi dan 3 μ L nuclease free water sehingga volume totalnya menjadi 50 μ L. Inkubasi dilakukan pada suhu 37 °C selama 5 menit. Identifikasi produk digesti dilakukan dengan elektroforesis kapiler Applied Biosystem Genetic Analyzer di 1st BASE Malaysia.

Analisis Data

Profil fragmen pada masing-masing sampel di analisis dengan menggunakan software Peak ScannerTM. Profil fragmen terpilih adalah fragmen dengan ukuran 50-500 bp. Analisis kelompok bakteri dilakukan dengan menggunakan web based program pada situs <http://mica.ibest.uidaho.edu>. Untuk menganalisa keragaman dan kelimpahan relatif/frekuensi distribusi digunakan perhitungan indeks keragaman menggunakan fungsi indeks diversitas Shanon-Weiner. Data karakteristik parameter fisik-kimia perairan dan keanekaragaman bakteri selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *the principal component analysis* (PCA) dengan menggunakan program Xlstat 2106.

HASIL

Kualitas Perairan

Kualitas perairan di perairan Sungai Musi dapat dilihat pada Tabel 1, dimana salinitas berkisar antara 0-20 ppt, salinitas tertinggi dijumpai pada Stasiun St5 (kondisi air pasang) dan terendah pada Stasiun St1-St3 (kondisi air pasang dan air surut). Suhu berkisar antara 29,24-29,64 °C, suhu tertinggi dijumpai pada Stasiun St3 (kondisi air surut) dan terendah pada Stasiun St4 (kondisi air pasang). pH berkisar antara 4,93-7,20; dimana pH tertinggi terdapat pada Stasiun St2 (kondisi air surut) dan terendah pada Stasiun St5 (kondisi air surut). Konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 4,01-6,76 mg/l, dimana konsentrasi DO tertinggi pada Stasiun St5 (kondisi air surut) dan terendah pada Stasiun St3 (kondisi air surut). Konsentrasi amonia berkisar antara 0,02-0,44 mg/l, dimana konsentrasi amonia tertinggi pada Stasiun St3 (kondisi air pasang) dan terendah pada Stasiun St1 (kondisi air pasang). Konsentrasi nitrit berkisar antara 0,01-1,00 mg/l, dimana konsentrasi nitrit tertinggi pada Stasiun St2 (kondisi air surut) dan terendah pada Stasiun St4 (kondisi air pasang). Konsentrasi nitrat berkisar antara 0,54-2,09 mg/l, dimana konsentrasi nitrat tertinggi pada Stasiun St2 (kondisi air surut) dan terendah pada Stasiun St1 (kondisi air pasang).

Tabel 1. Kualitas perairan di perairan Sungai Musi

Stasiun	Kondisi Air	Salinitas (ppt)	Suhu (°C)	pH	DO (mg/l)	Amonia (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)
St1	pasang	0	29,41	6,24	4,83	0,02	0,06	0,54
	surut	0	29,33	6,98	5,01	0,42	0,52	1,32
St2	pasang	0	29,51	5,77	4,03	0,07	0,03	1,99
	surut	0	29,45	7,20	4,13	0,20	1,00	2,09
St3	pasang	0	29,32	5,92	4,07	0,44	0,06	1,42
	surut	0	29,64	5,74	4,01	0,22	0,12	1,87
St4	pasang	10	29,24	6,84	4,24	0,21	0,01	0,92
	surut	5	29,53	5,65	4,18	0,19	0,09	0,65
St5	pasang	20	29,35	5,98	6,55	0,19	0,07	0,74
	surut	15	29,29	4,93	6,76	0,27	0,08	1,65

Profil Bakteri 16S rRNA

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

Profil bakteri berdasarkan TRF hasil pemotongan dengan enzim BsuR1 dan Msp1 dapat dilihat pada Tabel 2, dimana berdasarkan database RDP (*Ribosomal Database Project*) 16S bacterial rRNA pada situs <http://mica.ibest.uidaho.edu> diketahui bahwa dengan enzim Msp1 menghasilkan TRF lebih banyak daripada dengan pemotongan enzim BsuR1. Dari analisis jenis bakteri pada semua sampel, diketahui bakteri teridentifikasi antara lain bakteri *Pseudomonas*, *Pseudoalteromonas*, *Halomonas*, *uncultured bacteria*, *Bacillus*, *Deinococcus*, *Bacteroides*, *Pediococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Dietzia*, *Enterobacter*, *Streptomyces*, *Actinomyces*, *Gallibacterium*, *Beggiatoa*, *Faecalibacterium*, *Psychrobacter*, *Lachnospira*, *Thermosyntropha*, *Prevotella*, *Agrobacterium*, *Methylococcaceae*, *Marinithermus*, *Ralstonia*, *Pedobacter*, *Burkholderia*, *Sulfitobacter*, *Afifella*, *Acetobacter*, *Adlercreutzia*, dan *Serratia*. Sedangkan jenis bakteri *Pseudomonas*, *Enterobacter cloacae*, *uncultured bacteria* dan *Bacillus* yang sering dijumpai pada Stasiun St1. Jenis bakteri *Pseudomonas*, *Enterobacter cloacae* dan *uncultured bacteria* jenis yang sering muncul di Stasiun St2. Jenis bakteri *Pseudomonas*, *Pseudoalteromonas* dan *uncultured bacteria* yang sering muncul di Stasiun St3. Jenis bakteri *Pseudomonas*, *Halomonas* dan *uncultured bacteria* jenis yang banyak di jumpai pada Stasiun St4 dan St5.

Pemotongan dengan dua enzim restriksi yang berbeda menghasilkan ukuran TRF yang berbeda, namun menunjukkan satu jenis bakteri yang sama. Pada Stasiun St1 ditemukan jenis bakteri *Bacillus cereus*, Stasiun St2 ditemukan jenis bakteri *Desulfovibrio oxamicus*, *Pseudomonas* sp. dan *Pseudomonas plecoglossicida*. Stasiun St3 ditemukan jenis bakteri *Pseudomonas plecoglossicida*. Stasiun St4 ditemukan jenis bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Pseudomonas plecoglossicida*. Stasiun St5 ditemukan jenis bakteri *Pseudomonas plecoglossicida* dan *Desulfovibrio oxamicus*.

Tabel 2. Prediksi jenis bakteri berdasarkan TRF hasil pemotongan dengan enzim BsuR1 dan Msp1

Stasiun	Fragmen BsuR1	Fragmen Msp1	Spesies Bakteri	Fragmen BsuR1	Fragmen Msp1	Spesies Bakteri
St1	62		<i>Deinococcus</i> sp.	90		uncultured bacterium
	86		<i>Bacteroides vulgatus</i>	227		<i>Streptomyces aureofaciens</i>
	90		uncultured bacterium	302		<i>Clostridium baratii</i>
	160		<i>Bacillus cereus</i>	311	147	<i>Bacillus cereus</i>
A I R P A S A N G		83	<i>Pseudomonas</i> sp.	A	67	<i>Pseudomonas</i> sp.
		86	<i>Enterobacter cloacae</i>	I R	80	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
		127	<i>Pediococcus acidilactici</i>	S	82	<i>Pseudomonas plecoglossicida</i>
		155	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	U R	86	<i>Enterobacter cloacae</i>
		486, 488	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	U T	131	<i>Desulfovibrio alaskensis</i>
		491	<i>Pseudomonas knackmussii</i>		143	<i>Bacillus</i> sp.
					149	<i>Dietzia</i> sp.
					153	<i>Staphylococcus</i> sp.
					159	<i>Streptomyces avermitilis</i>
					165	<i>Bacillus halodurans</i>
				489	<i>Pseudomonas putida</i>	

A I R P A S A N G	St2	54	uncultured							
			<i>Coprobacillus</i> sp.		82	82			<i>Pseudomonas plecoglossida</i>	
			62	<i>Deinococcus</i> sp.		86			<i>Bacteroides vulgatus</i>	
			69	<i>Actinomyces naeshundii</i>		90			uncultured bacterium	
			75	131 <i>Desulfovibrio oxamicus</i>		130			<i>Gallibacterium anatis</i>	
			82	<i>Pseudomonas plecoglossida</i>		177			<i>Streptomyces</i> sp.	
			130	<i>Gallibacterium anatis</i>		181			<i>Microcystis holsatica</i>	
			160	<i>Bacillus cereus</i>			65		<i>Planococcus</i> sp.	
			199,200,205	67,83,176 <i>Pseudomonas</i> sp.	A		80		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
			204	<i>Beggiatoa</i> sp.	I		86		<i>Enterobacter cloacae</i>	
		260	<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>	R		131		<i>Desulfovibrio alaskensis</i>		
		405	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	S		489		<i>Pseudomonas putida</i>		
		406	<i>Psychrobacter</i> sp.	U						
			80 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	R						
			224 <i>Lachnospira pectinoschiza</i>	S						
			311 <i>Thermosyntropha</i> sp.	U						
				T						
A I R P A S A N G	St3	82	82 <i>Pseudomonas plecoglossida</i>		50			uncultured		
			86 <i>Bacteroides vulgatus</i>		86			<i>Coprobacillus</i> sp.		
			90 uncultured bacterium		90			<i>Bacteroides vulgatus</i>		
			130 <i>Gallibacterium anatis</i>		299			uncultured bacterium		
			180 <i>Planococcus</i> sp.	A		80		<i>Ruminococcus obeum</i>		
			218 <i>Pseudoalteromonas</i> sp.	I		82		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			244 <i>Deinococcus aerius</i>	R		90		<i>Pseudomonas plecoglossida</i>		
			266 <i>Prevotella copri</i>	S		128		<i>Bacteroides clarus</i>		
			67,176 <i>Pseudomonas</i> sp.	U		132		<i>Agrobacterium albertimagni</i>		
			80 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	R		179		<i>Adlercreutzia equolifaciens</i>		
			86 <i>Enterobacter cloacae</i>	U				<i>Pseudoalteromonas</i> sp.		
			90 <i>Bacteroides clarus</i>	T						
			128 <i>Agrobacterium albertimagni</i>							
			131 <i>Desulfovibrio alaskensis</i>							
		179 <i>Pseudoalteromonas</i> sp.								
	St4	82	82,49 <i>Pseudomonas plecoglossida</i>		62			<i>Deinococcus</i> sp.		

	130		<i>Gallibacterium anatis</i>	90		uncultured bacterium
A	180		<i>Planococcus</i> sp.	A	200	<i>Pseudomonas</i> sp.
I	199	487	<i>Pseudomonas</i> sp.	I	206	<i>Serratia marcescens</i>
R	259		<i>Methylococcaceae</i> bacterium	R		80 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
P		80	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S		82 <i>Pseudomonas plecoglossicida</i>
A		86,127	<i>Halomonas</i> sp.	U		90 <i>Bacteroides clarus</i>
S		131	<i>Desulfovibrio alaskensis</i>	R		128 <i>Agrobacterium albertimagni</i>
A				U		132 <i>Adlercreutzia equolifaciens</i>
N				T		179 <i>Pseudoalteromonas</i> sp.
G						489 <i>Pseudomonas putida</i>
St5	82	82	<i>Pseudomonas plecoglossicida</i>		62	<i>Deinococcus</i> sp.
	90		uncultured bacterium		75	131 <i>Desulfovibrio oxamicus</i>
	130		<i>Gallibacterium anatis</i>		90	uncultured bacterium
	225		<i>Marinithermus hydrothermalis</i>		160	<i>Bacillus cereus</i>
A	226		<i>Salinibacterium</i> sp.	A		80 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
I				I		82 <i>Pseudomonas plecoglossicida</i>
R	229		<i>Clostridium piliforme</i>	R		86 <i>Halomonas</i> sp.
P		80	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S		90 <i>Bacteroides clarus</i>
A		86	<i>Halomonas</i> sp.	U		128 <i>Agrobacterium albertimagni</i>
S		131	<i>Desulfovibrio alaskensis</i>	R		179 <i>Pseudoalteromonas</i> sp.
A		432	<i>Ralstonia</i> sp.	U		
N		434	<i>Pedobacter</i> sp.	T		
G		436	<i>Burkholderia</i> sp.			
		437	<i>Sulfitobacter</i> sp.			
		439	<i>Ajfella marina</i>			
		441	<i>Acetobacter</i> sp.			

Keterangan: tulisan yang dihitamkan menunjukkan terdapat TRF pada kedua enzim (*BsuR1* dan *Msp1*)

Analisis Keanekaragaman Bakteri 16S rRNA

Analisis keanekaragaman bakteri 16S rRNA berdasarkan profil TRFLP menggunakan enzim *BsuR1* dan *Msp1*, dimana satu ukuran TRF diasumsikan mewakili satu spesies bakteri dapat dilihat pada Tabel 3, diketahui bahwa dengan enzim *BsuR1*, indeks diversitas Shannon-Wiener (H') tertinggi terdapat pada stasiun St2 (air pasang) dengan nilai 2,31 dan terendah pada stasiun St4 (air surut) dengan nilai 0,15. Indeks kekayaan jenis tertinggi terdapat pada stasiun St2 (air pasang) dengan nilai 12 dan terendah terdapat pada stasiun St1 (air pasang dan surut), St3 (air surut), St4 (air surut) dan St5 (air surut) dengan nilai masing-masing 4. Indeks pemerataan tertinggi adalah pada stasiun St4 (air pasang) dengan nilai 0,95 dan terendah adalah pada stasiun St4 (air surut) dengan nilai 0,11.

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

Sedangkan dengan enzim *Msp1* nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H') tertinggi terdapat pada stasiun St1 (air surut) dengan nilai 1,79 dan terendah pada stasiun St1 (air pasang) dengan nilai 0,82. Indeks kekayaan jenis tertinggi terdapat pada stasiun St1 (air surut) dengan nilai 13 dan terendah terdapat pada stasiun St3 (air surut) dengan nilai 6. Indeks pemerataan tertinggi adalah pada stasiun St5 (air pasang) dengan nilai 0,76 dan terendah adalah pada stasiun St1 (air pasang) dengan nilai 0,42.

Tabel 3. Nilai indeks keanekaragaman bakteri 16S rRNA

Stasiun	Kondisi air	<i>BsuR1</i>			<i>Msp1</i>		
		H ^a	R ^b	E ^c	H ^a	R ^b	E ^c
St1	pasang	0,28	4	0,20	0,82	7	0,42
	surut	0,65	4	0,47	1,79	13	0,70
St2	pasang	2,31	12	0,93	1,19	9	0,54
	surut	0,76	6	0,43	1,04	7	0,54
St3	pasang	0,58	8	0,28	1,20	9	0,55
	surut	0,80	4	0,58	0,96	6	0,54
St4	pasang	1,53	5	0,95	1,15	7	0,59
	surut	0,15	4	0,11	1,16	7	0,59
St5	pasang	1,30	6	0,63	1,75	10	0,76
	surut	0,32	4	0,23	1,22	7	0,62

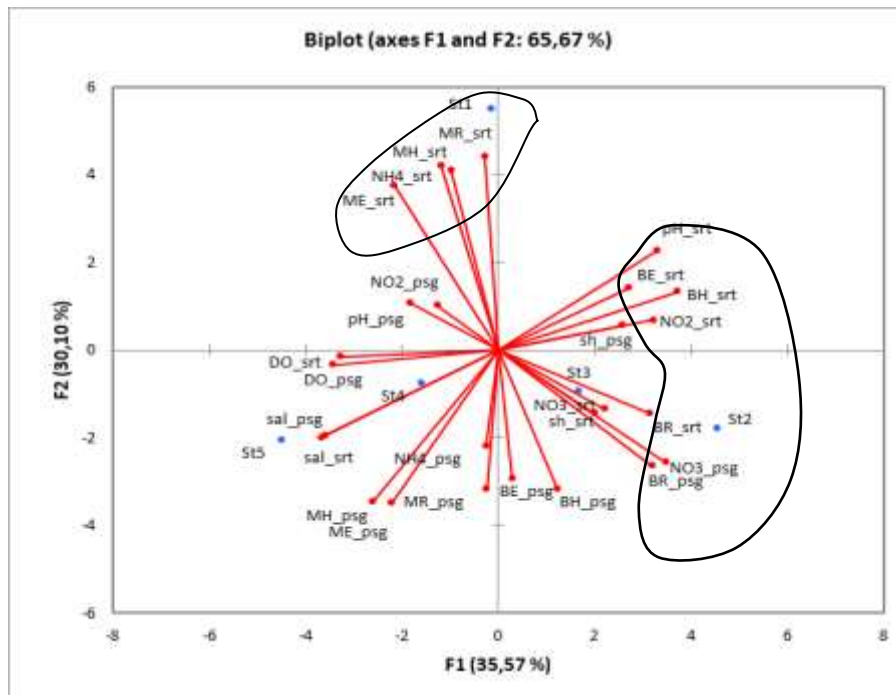
a: Indeks diversitas Shannon-Wiener

b: Indeks kekayaan jenis, dihitung sebagai total ukuran TRF yang berbeda dari setiap profil TRFLP dari masing-masing sampel

c: Indeks pemerataan, dihitung dari fungsi Shannon-Wiener

The principal component analysis (PCA)

Hasil dari analisis komponen utama (PCA) hubungan karakteristik fisika kimia perairan dengan nilai keanekaragaman bakteri 16S rRNA menunjukkan bahwa eigenvalues kumulatif berkisar antara 65,67% dan nilai variable cosines squared minimum 0,5 membentuk sumbu F1 dan F2 (Gambar 2), dimana deskripsi hasil dari analisis komponen utama adalah sebagai berikut: sumbu F1 dan F2 terbentuk dua kelompok, dimana kelompok pertama memberikan gambaran pada stasiun St2 dengan penciri meliputi enzim *BsuR1*, pH tertinggi dengan nilai 7,2 (air surut), konsentrasi nitrit tertinggi dengan nilai 1 mg/l (air surut), konsentrasi nitrat tertinggi dengan nilai 1,99 mg/l (air pasang), indeks diversitas tertinggi dengan nilai 0,76 (air surut), indeks kekayaan jenis tertinggi pada kondisi air pasang dan surut, dan indeks pemerataan yang tinggi dengan nilai 0,43 (air surut). Sedangkan kelompok kedua memberikan gambaran pada stasiun St1 dengan penciri, yakni enzim *Msp1*, konsentrasi NH₄ tertinggi sebesar 0,42 (air surut), indeks diversitas tertinggi dengan nilai 1,73 (air surut), indeks kekayaan jenis tertinggi dengan nilai 13 (air surut), dan indeks pemerataan tertinggi dengan nilai 0,7 (air surut).



Gambar 2. Analisis PCA antara kualitas perairan dengan nilai indeks keanekaragaman

PEMBAHASAN

Hasil pemotongan dengan enzim *BsuR1* dan *Msp1* bahwa jenis bakteri yang ditemukan diduga adalah *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas plecoglossicida* dan *Desulfovibrio oxamicus*, dimana jenis-jenis bakteri ini merupakan bersifat patogen bagi manusia. Hal ini sejalan dengan kondisi lingkungan yang mendukung bagi kehidupan bakteri di perairan, dimana dari hasil penelitian menunjukkan ada korelasi dengan nutrisi (amonia, nitrit dan nitrat) di perairan Sungai Musi yang relatif tinggi, yakni amonia (0,02-0,42 mg/l), nitrit (0,01-1 mg/l), dan nitrat (0,54-2,09 mg/l). Menurut Grant dan Long (1981) bahwa genus *Bacillus*, *Micrococcus* *Pseudomonas*, dan *Aeromonas* merupakan bakteri yang mampu menguraikan nutrisi selain bakteri nitrifikasi/denitrifikasi di tanah dan lingkungan perairan. Bila oksigen tersedia, bakteri ini mengoksidasi substrat karbohidrat menjadi CO_2 dan H_2O (Reddy dan Patrick, 1984).

Nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H') dengan menggunakan enzim *BsuR1* berkisar antara 0,15 sampai 2,31 sedangkan dengan menggunakan enzim *Msp1* berkisar antara 0,82 sampai 1,79 dimana termasuk dalam kategori rendah sampai sedang. Menurut Krebs (1978), apabila nilai H' berkisar kurang dari 1,0 maka dapat diketahui bahwa sampel memiliki keanekaragaman rendah, produktifitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil, sedangkan apabila nilai H' berkisar antara 1,0-3,0 maka dapat diketahui bahwa sampel tersebut memiliki keanekaragaman sedang, produktifitas cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang, dan tekanan ekologis sedang.

Indeks kekayaan jenis dengan menggunakan enzim *BsuR1* berkisar antara 4 sampai 12, sedangkan dengan menggunakan enzim *Msp1* berkisar antara 6 sampai 13 dimana termasuk dalam kategori sedang sampai tinggi. Menurut Krebs (1978), apabila nilai R berkisar 3,5 sampai 5,0 maka dapat diketahui bahwa sampel memiliki kekayaan jenis yang tergolong sedang, sedangkan nilai R lebih dari 5,0 maka diketahui sampel tersebut memiliki kekayaan jenis tergolong tinggi.

Indeks kemerataan dengan menggunakan enzim *BsuR1* berkisar antara 0,11 sampai 0,95 sedangkan dengan menggunakan enzim *Msp1* berkisar antara 0,42 sampai 0,76

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN : 978-979-587-748-6

dimana termasuk dalam katagori kecil sampai tinggi. Menurut Krebs (1978), apabila nilai E berkisar 0 sampai 0,4 maka dapat diketahui bahwa sampel memiliki pemerataan kecil dan komunitas tertekan, sedangkan nilai E berkisar antara lebih dari 0,4 sampai 0,6 bahwa memiliki pemerataan sedang dan komunitas labil, serta E berkisar antara lebih dari 0,6 sampai 1,0 bahwa memiliki pemerataan tinggi dan komunitas stabil.

KESIMPULAN

Keanekaragaman bakteri 16S rRNA di perairan Sungai Musi terlihat dari nilai H' termasuk dalam katagori rendah, nilai R termasuk dalam katagori sedang dan nilai E termasuk dalam katagori sedang. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kondisi lingkungan di perairan Sungai Musi kurang stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti), dimana riset ini di danai melalui penelitian PDD 2017 dengan kontrak No. 102/SP2H/LT/DRPM/IV/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Grant, W.D., Long, P.E. 1981. *Environmental microbiology*. Glasgow: Blackie and Son.
- Gubernur Sumatera Selatan. 2005. *Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Peraturan Gubernur Sumsel No. 16. Palembang.
- Isnaini., Surbakti, H. 2015. Tingkat pencemaran Sungai Musi ditinjau dari aspek saprobitas dan kualitas air. Laporan Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya. Inderalaya.
- Jinsheng, S., Fei, G., Xuyun, G., Junli, W., Xiang, L., Jingjing, L. 2011. Seasonal changes and diversity of bacteria in Bohai Bay by RFLP analysis of PCR-amplified 16S rDNA gene fragments. *World J Microbiol Biotechnol* 27:275–284.
- Krebs, J.J. 1978. *Ecological methodology*. New York: Harper and Row Publisher.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Baku mutu air laut*. Keputusan Meneg. KLH No.51 Tahun 2004. Jakarta.
- Merdeka. 2014. Air Sungai Musi tercemar limbah industri tetap diminum warga. <http://www.merdeka.com/peristiwa/air-sungai-musi-tercemar-limbah-industri-tetap-diminum-warga.html>. [Diakses 18 Maret 2015].
- Munthe, Y.V., Aryawati, R., Isnaini. 2012. Struktur komunitas dan sebaran fitoplankton di perairan Sungsang, Sumatera Selatan. *Maspuri Journal* 4(1): 122-130.
- Putri, W.A.E., Melki. 2011. Kapasitas asimilasi perairan sungsang dalam menampung bahan pencemar yang masuk melalui Sungai Musi. Laporan Penelitian Dosen Muda Sateks. Universitas Sriwijaya.
- Reddy, K.R., Patrick, W.H. 1984. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *CRC Crit Rev Environ Control* 13:273–309.
- Sriwijaya Post. 2012. Air Sungai Musi tercemar. <http://www.palembang.tribunnews.com/2012/12/12/air-sungai-musi-tercemar.html>. [Diakses 17 Maret 2015].
- Surbakti, H. 2012. Karakteristik pasang surut dan pola arus di muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains* 15(1(D)): 35-39.

- Tribunnews. 2013. Sungai Musi menghitam diduga karena tercemar limbah batu bara. <http://tribunnews.com/regional/2013/11/04/sungai-musi-menghitam-diduga-karena-tercemar-limbah-batu-bara.html>. [Diakses 17 Maret 2015].
- Zhang, R., Thiyagarajan, V., Qian, P. 2008. Evaluation of terminal-restriction fragment length polymorphism analysis in contrasting marine environments. *FEMS Microbiol Ecol* 65: 169–178. DOI:10.1111/j.1574-6941.2008.00493.x.
- Zulkifli, H., Husnah., Ridho, M.R., Juanda, S. 2009. Status kualitas Sungai Musi bagian hilir ditinjau dari komunitas fitoplankton. *Berkala Penelitian Hayati* 15: 5-9.