

**Komunitas Makrozoobentos sebagai Indikator Biologis
Kualitas Air Sungai Masang Kecil yang Menerima Limbah Cair
Industri Minyak Kelapa Sawit di Kinali Pasaman Barat**

**Macrozoobenthos Community as Biological Indicator of
Water Quality Masang Kecil River Receiving Effluent of Palm Oil Industry
in Kinali West Pasaman**

Izmiarti^{*)} dan Vivi Savitri

Laboratorium Ekologi Hewan, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Andalas, Kampus Unanad,
Limau Manis, Padang-25163

*Koresponden: Izmiarti_said@yahoo.com

Abstract

The industrial liquid waste of crude palm oil contains organic material that can lead to degradation of water quality and ultimately affect the macrozoobenthos communities living on the river bed. The Masang Kecil River in Kinali Pasaman Barat receives the liquid waste of the palm oil industry. The research aimed to find out the composition and structure of macrozoobentos community in Masang Kecil River and determine the water quality of river based on macrozoobenthic community structure was done in June 2017. The research was conducted by survey method with purposive sampling technique. Samples were collected on 3 stations: Station I before entering the liquid waste of palm oil industry, Station II after entering the waste, Station III is located after Station II which has been entered by Anak Aia stream. In each station collected three samples of macrozoobentos with a surber net size of 30x30 cm². The results showed that macrozoobenthos community found 43 species consist of 33 species of Insecta, Oligochaeta 4 species, Gastropoda 3 species, Hirudinae 2 species, Arachnida and Turbellaria one species respectively. The largest number of individuals was shown by Insecta (71.89%) followed by Hirudinea (25.1%) and the other class was not more than 3%. The highest density is found at station III and the lowest at station I. The dominant species on station I were *Stenelmis* sp. and *Psephenoides* sp., stations II and III were *Erphobdella* sp. and *Hydropsyche elisoma*. The diversity index ranges from 1.49 to 3.01. The index of equitability ranges from 0.47 to 0.89, the dominant index ranges from 0.06 to 0.43. The similarity of communities between station ranged from 38.46 - 55.0%. Based on the index of diversity, water quality in Station I was classified as not polluted, Station II and III classified as moderate.

Keywords: composition, community structure, macrozoobenthos, Masang Kecil river, waste of crude palm oil

Pendahuluan

Sungai merupakan perairan terbuka yang dapat menampung masukan dari daerah sekitarnya. Ditinjau dari segi ekosistem sungai merupakan tempat hidup berbagai organisme, mulai dari plankton, bentos, perifiton, makrofita akuatik, ikan dsbnya. Sungai tidak saja

penting bagi pelestarian plasma nutfah dan konservasi alam, tetapi juga dapat dijadikan aset bagi rekreasi dan pariwisata. Disisi lain sungai sangat bermanfaat untuk menunjang kehidupan manusia, seperti sumber air minum, irigasi pertanian, mck dan perikanan.

Sungai Masang Kecil merupakan salah satu anak sungai yang

bermuara di Sungai Masang Besar yang terletak di Kinali Pasaman Barat. Potensi sungai ini belum banyak dikaji. Sungai ini tidak begitu besar dengan lebar 7-8 m, kedalaman 50-70 cm, substrat dasar berbatu dengan arus yang tidak terlalu deras. Kedalam sungai tersebut masuk limbah cair industri minyak mentah kelapa sawit yang telah disaring terlebih dahulu dengan sistem IPAL. Berdasarkan pengamatan secara visual tampak kondisi perairan sungai setelah menerima limbah cair ini agak keruh karena adanya partikel-partikel yang tersuspensi dalam air. Masuknya aliran limbah cair industri minyak kelapa sawit menyebabkan tercemarnya badan air penerima. Limbah cair yang masuk kedalam sungai penerima ini mengandung bahan organik terurai dan membentuk amonia (Azwir, 2006; Hidayanto 2008). Terbentuknya amonia akan berpengaruh pada kualitas air sungai sehingga mengakibatkan degradasi kualitas air dan akhirnya berpengaruh pada komunitas biota bentik yang hidup didalam sungai. Salah satu biota bentik yang terkena dampak adalah makrozoobentos yang merupakan hewan invertebrata yang hidup relatif menetap di dasar perairan. Dampak tersebut dapat dilihat dari perubahan komposisi dan struktur komunitasnya. Sejauh ini belum ada informasi tentang komunitas biota di Sungai Masang Kecil, khususnya komunitas makrozoobentos. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui komposisi dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Masang Kecil dan mengetahui kualitas perairan sungai berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos dan spesies indikator.

Metode penelitian

Penelitian dilakukan bulan Juni 2017 di Sungai Masang Kecil, Kinali Pasaman Barat yang menerima limbah cair pengolahan minyak kelapa sawit dari sitem IPAL. Metoda yang digunakan adalah metoda survey dengan teknik

pengambilan sampel purposive sampling, Sampel dikoleksi pada 3 stasiun: Stasiun I adalah segmen sungai sebelum dimasuki limbah cair industri minyak kelapa sawit. Stasiun II segmen sungai setelah dimasuki limbah cair dan Stasiun III: segmen sungai setelah stasiun II yang telah dimasuki oleh Sungai Anak Aia. Pada masing-masing stasiun dikoleksi 3 sampel makrozoobentos dengan surber net ukuran 30x30 cm². Untuk memisahkan hewan bentos dari material lain digunakan saringan dengan ukuran mesh 250 µ. Pada setiap stasiun dilakukan pengamatan terhadap lingkungan sungai, seperti lebar sungai, kedalaman sungai, sustrat dasar sungai, arus, penetrasi cahaya, dan pH air diukur dengan dengan kertas pH universal dan diamati juga vegetasi yang donminan di pinggir sungai.

Identifikasi makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Ekologi Hewan dengan menggunakan *disecting microscope* dan buku acuan terkait seperti: Merrit and Cummins (1975); Pennak (1978) dan Pinder (1983).

Analisis Data

1. Kepadatan populasi
Kepadatan populasi (K) dinyatakan dengan jumlah individu per m²
2. Kepadatan relatif (KR)
$$KR = \frac{\text{Jumlah individu masing-masing jenis}}{\text{Jumlah individu semua jenis}} \times 100\%$$
3. Indek keanekaragaman
Indeks keanekaragaman yang digunakan adalah indeks keanekaragaman Shannon-wiener:

$$H' = \sum_{n=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman (Shannon-Wiener)

Pi = ni/N

ni = jumlah individu jenis ke i

N = jumlah seluruh individu

3. Indeks kesamarataan (evenness index)

$$E = \frac{H'}{H \text{ maks}} \quad H \text{ maks} = \ln S$$

Keterangan:

E = Indeks kesamarataan populasi

H' = Indeks keanekaragaman

S = jumlah jenis

4. Indeks Kesamaan komunitas

Indeks kesamaan komunitas yang digunakan adalah indeks kesamaan komunitas

Sorensen dengan rumus:

$$Q/S = \frac{2C}{A+B}$$

Keterangan:

Q/S = Indeks kesamaan komunitas

C = Jumlah Jenis yang sama dari dua komunitas yang dibandingkan

A = Jumlah jenis komunitas A

B = Jumlah jenis komunitas B

5. Indeks dominansi

$$C = \sum (ni/N)^2$$

Keterangan:

C = Indeks dominansi

ni = nilai penting jenis

N = total nilai penting

6. Kualitas Perairan

Untuk mengetahui kualitas perairan Sungai Masang Kecil digunakan kriteria tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai indeks keanekaragaman jenis makrozoobentos, selain itu juga digunakan spesies kunci sebagai indikator kualitas perairan. Kriteria kualitas perairan berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon Wiener menurut Wilhm dan Doris dalam Dahuri (1995): bila $H' > 3$ kualitas

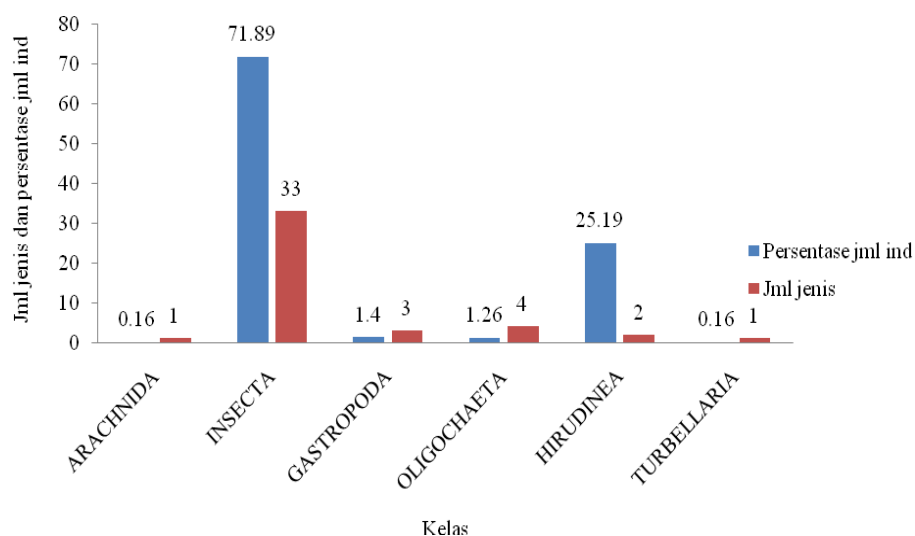
air tergolong tidak tercemar, $H' = 1-3$ tergolong tercemar sedang dan $H' < 1$ tercemar berat.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi komunitas makrozoobentos

Makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Masang Kecil sebanyak 43 jenis yang komposisinya terdiri dari Insecta 33 jenis dengan persentase jumlah individu 71,89 %, Oligochaeta 4 jenis dan persentase jumlah individu 1,26 %, Gastropoda 3 jenis dan persentase jumlah individu 1,4 %, Hirudinea 2 jenis dan persentase jumlah individu 25,19 %. Arachnida dan Turbellaria masing-masing 1 jenis dan persentase jumlah individu 0,16 % (Gambar 1). Dari data di atas tampak bahwa Insecta memiliki jumlah jenis dan persentase jumlah individu tertinggi dibandingkan dengan 5 kelas lainnya. Hal ini disebabkan karena Insecta mampu hidup di berbagai habitat dengan kondisi yang berbeda-beda, baik diperairan mengalir maupun di perairan tergenang. Umumnya komunitas dasar sungai sebagian besar terdiri dari pradewasa Insecta (William dan Felmate, 1992).

Hal ini disebabkan karena kemampuannya untuk dapat bertahan pada perairan yang berarus walaupun arusnya kuat karena mereka memiliki tubuh yang pipih, alat cengkram yang kuat dan mempunyai *case* yang ditempelkan di permukaan bawah batu, sehingga dapat mempertahankan posisinya walaupun arus kuat. Substrat dasar di sungai ini umumnya berbatu dengan arus mulai dari tenang sampai kuat (Tabel 4).



Gambar 1. Komposisi komunitas makrozoobentos di Sungai Masang Kecil

Kelas Hirudinea ditemukan hanya 2 jenis dengan persentase jumlah individu tertinggi kedua di Sungai Masang Kecil yaitu 25,19 %. Tingginya populasi Hirudinea di Sungai ini karena adanya lumpur yang berasal dari limbah pengolahan kelapa sawit masuk kedalam sungai dan menutupi permukaan batu sehingga menyediakan habitat bagi hewan kecil lainnya. Hewan-hewan kecil tersebut menjadi sumberdaya makanan bagi Hirudinea. Hampir seluruh buangan limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik dan lumpur yang dapat tersuspensi dan mengedap di dasar sungai dan menyebabkan degradasi kualitas air (Azwir, 2006), namun hal ini menguntungkan Hirudinea karena tersedianya sumber makanan. Oligochaeta ditemukan 4 jenis, Gastropoda 3 jenis akan tetapi persentase jumlah individunya rendah. Kedua kelompok hewan ini kebiasaan hidupnya juga pada habitat yang berlumpur. Turbellaria ditemukan hanya 1 jenis dengan persentase yang sangat rendah, karena kebiasaan hidup dari Turbellaria adalah di perairan dengan substrat berbatu dan air jernih.

Kepadatan dan kepadatan relatif makrozoobentos dan jumlah jenis pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 1. Kepadatan dan jumlah jenis makrozoobentos pada masing-masing stasiun bervariasi. Kepadatan tertinggi ditemukan pada stasiun III yaitu 1288,74 ind/m² dengan jumlah jenis sebanyak 23 jenis. Stasiun ini merupakan segmen sungai setelah stasiun II dan kedalam sungai ini juga masuk sungai kecil yg bernama Anak Aia. Kondisi air sungai di Stasiun III agak keruh karena adanya partikel-partikel organik yang tersuspensi berasal dari stasiun II yang menerima masukan limbah air pengolahan kelapa sawit, namun tidak sekeruh pada stasiun II karena sudah jauh dari sumber. Selain itu sudah ada penambahan air dari Sungai Anak Aia. Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik dan lumpur yang tersuspensi dan akhirnya mengedap di dasar sungai dan menyebabkan degradasi kualitas air, namun untuk jenis-jenis tertentu bahan organik menyediakan sumber makanan bagi hewan bentos yang bersifat *filter-collector* seperti *Hydropsyche* (Merritt dan Cummins, 1984).

Tabel 1. Kepadatan dan kepadatan relatif makrozoobentos pada masing-masing stasiun di Batang Masang Kecil

KELAS	Stasiun I		Stasiun II		Stasiun III	
	K (ind/m ²)	KR (%)	K (ind/m ²)	KR (%)	K (ind/m ²)	KR (%)
Arachnida	3,70	1,02	-	-	-	-
Insecta	311,07	85,72	292,54	40,10	1107,28	85,92
Gastropoda	22,22	6,12	-	-	11,11	0,86
Oligochaeta	11,11	3,06	7,40	1,01	11,11	0,86
Hirudinea	11,11	3,06	429,58	58,89	159,24	12,36
Turbellaria	3,70	1,02	-	-	-	-
Total Kepadatan	362,90	100,00	729,52	100,00	1288,74	100,00
Total Jenis	29		21		23	

Kepadatan populasi yang terendah ditunjukkan oleh Stasiun I dengan kepadatan 362,90 ind/m² namun jumlah jenisnya paling banyak (29 jenis). Stasiun I merupakan segmen sungai sebelum dimasuki limbah cair kelapa sawit, substratnya berbatu, dan berkerikil, dangkal aliran deras dan relatif lebih bersih dibandingkan dengan kedua stasiun lainnya (Tabel 4). Kondisi seperti ini memungkinkan banyak jenis makrozoobentos yang mampu hidup, namun populasinya rendah, hal ini sangat tergantung pada ketersediaan sumber makanan.

Pada stasiun II yang merupakan segmen sungai yang menerima langsung

limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit ditemukan jumlah jenis yang paling sedikit. Menurut Hawkes (1979) banyaknya bahan pencemar dalam perairan akan mengurangi spesies yang ada dan pada umumnya akan meningkatkan populasi jenis yang tahan terhadap kondisi perairan tersebut, biasanya keberadaan populasinya dominan dalam komunitas.

Jenis makrozoobentos yang dominan di masing-masing stasiun juga bervariasi (Tabel 2). Kriteria jenis dominan mengacu kepada Rondo (1984), suatu jenis dikatakan dominan apabila mempunyai kepadatan relatif $\geq 10\%$.

Tabel 2. Jenis makrozoobentos yang dominan (KR $\geq 10\%$) pada masing-masing stasiun di Sungai Masang Kecil

No	Jenis	Kelas	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
1.	<i>Stenelmis</i> sp.	Insecta	14,29		
2.	<i>Psephenoides</i> sp.	Insecta	13,27		
3.	<i>Hydropsyche elisoma</i>	Insecta		17,26	63,79
4.	<i>Erphobdella</i> sp.	Hirudinea		58,38	12,07

Jenis makrozoobentos yang dominan di Stasiun I yaitu *Stenelmis* sp. dan *Psephenoides* sp. Pada stasiun II dan III ditemukan jenis dominan yang sama yaitu *Hydropsyche elisoma* dan *Erphobdella* sp. tetapi kepadatan relatif di kedua stasiun ini berbeda. Di Stasiun II yang tertinggi adalah *Erphobdella* sp. (58,38 %) sedangkan di Stasiun III *H. elisoma* (63,79 %). Stasiun II dengan substrat berbatu yang dilapisi lumpur merupakan habitat yang sesuai untuk *Erphobdella*. Menurut Sawyer (1974) dalam Klemm (1995) *Erphobdella*

merupakan hewan bentos yang umum ditemukan pada sungai dan danau yang terpolusi oleh bahan organik, karena berbagai spesies mangsa berasosiasi dengan habitat yang kaya organik seperti Oligochaeta, larva chironomid, Mollusca dan sebagainya. Semua kelompok hewan ini ditemukan di Stasiun II dan III.

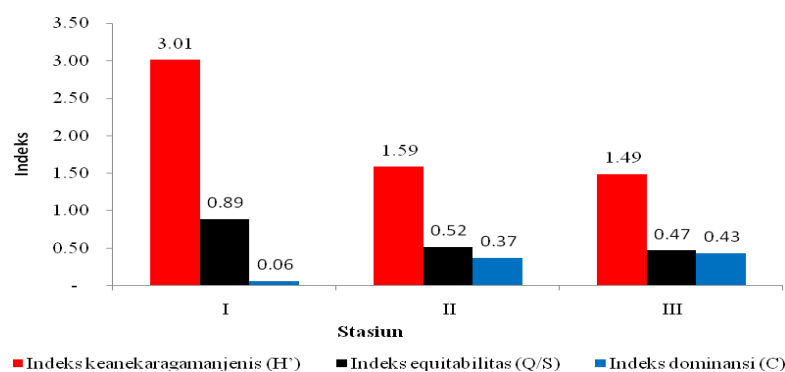
H. elisoma yang sangat dominan di Stasiun III, berkaitan dengan adanya partikel organik yang tersuspensi di dalam air yang merupakan sumber makanan bagi hewan tersebut. *H.*

elisoma tergolong ordo Trichoptera dan Kelas Insecta feeding habitnya adalah *filter-collecting* (Giller dan Malmqvist, 2003). Organisme ini membentuk jaring (*net spinning*) dibagian mulutnya dan dapat menyaring partikel makanan, secara periodik jaring bersama makanan yang terjaring tersebut dimasukan kedalam mulut (Cummins, 1984 dan William dan Felmate 1992). Dominansi *Stenelmis* sp. dan *Psephenoides* sp. di Stasiun I karena substrat dasar sungai berbatu dan beraliran deras, airnya dangkal relatif lebih bersih dibandingkan dengan Stasiun II dan III. Dari hasil diatas ternyata pencemaran air yang disebabkan oleh limbah cair pengolahan sawit tidak selalu dalam arti merugikan komunitas biota perairan akan tetapi dapat menguntungkan bagi beberapa jenis makrozoobentos tertentu seperti *Erphobdella* dan *Hidropsyche elisoma*. Menurut Pennak (1978) *Erphobdella* merupakan indikator perairan tercemar organik.

Struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Masang kecil

Struktur komunitas makrozoobentos dapat dianalisis dengan indeks diversitas (keanekaragaman jenis), indeks ekuitabilitas kesamaratan populasi dalam komunitas, indeks dominansi (dominansi jenis) dan indeks similaritas (kesamaan komunitas antar stasiun). Indeks keanekaragaman jenis makrozoobentos di Sungai Masang Kecil 2,22 berkisar dari 1,49- 3,01, yang

tertinggi di Stasiun I dan yang terendah distasiun II (Gambar 3). Tingginya indeks keanekaragaman di Stasiun I disebabkan karena jumlah jenis yang lebih banyak (29 jenis) dan populasinya lebih merata ($E=0,89$). Menurut Kendeigh (1980) tinggi rendahnya indeks keanekaragaman ditentukan oleh jumlah jenis dan pemerataan populasi. Apabila Jumlah jenis banyak dan populasi merata maka akan diperoleh indeks keanekaragaman yang tinggi, begitu juga sebaliknya bila jumlah jenis sedikit dan populasi-populasi tidak merata akan didapatkan indeks keanekaragaman yang rendah. Indeks keanekaragaman jenis paling rendah ditemukan pada Stasiun III hampir sama dengan Stasiun II. Hal ini disebabkan karena jumlah jenisnya lebih sedikit dari pada Stasiun I (21 jenis) dan populasinya tidak merata ($E= 0,47$). Hal seperti ini juga terjadi pada Stasiun II. Tingginya indeks pemerataan di Stasiun I diikuti oleh indeks dominansi yang sangat rendah hanya 0,06 sementara pada stasiun III indeks dominansinya lebih tinggi yaitu 0,43. Hal ini menunjukkan di Stasiun III ada jenis yang lebih dominan dibandingkan dengan jenis-jenis lainnya, seperti *H. elisoma* memiliki kepadatan populasinya sangat tinggi dengan KR 63,79 % (Tabel 2). Ada nya jenis tertentu yang mendominasi dalam komunitas akan menyebabkan rendahnya indeks keanekaragaman jenis.



Gambar 3. Indeks keanekaragaman, ekuitabilitas dan dominansi makrozoobentos di Sungai Masang Kecil

Stasiun I merupakan bagian sungai sebelum dimasuki limbah sawit, relatif bersih dibandingkan dengan stasiun lainnya, akibatnya jumlah jenis yang didapatkan lebih banyak dan populasi merata. Pada Stasiun II dan III setelah menerima limbah ditemukan jumlah jenis yang lebih sedikit dan didominasi oleh jenis-jenis tertentu, *Erphobdella* sp. pada stasiun II dan *H. Elisoma* pada stasiun III.

Berdasarkan kepada indeks keanekaragaman jenis dan mengacu pada kriteria kualitas air yang dikemukakan oleh William dan Doris dalam Dahuri dkk. (1995) maka kualitas air Sungai Masang Kecil pada stasiun I tergolong tidak tercemar, sedangkan

pada stasiun II dan III tergolong tercemar sedang.

Menurut William dan Doris dalam Dahuri dkk. (1995), bila indeks keanekaragaman >3 kualitas air tergolong tidak tercemar, bila $H' = 1-3$ tergolong tercemar sedang dan $H' < 1$ kualitas air tergolong tercemar berat. Pencemaran yang terjadi pada stasiun II dan III merupakan pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah cair dari pengolahan kelapa sawit.

Sejauh mana kesamaan atau perbedaan komunitas antar Stasiun di Sungai Masang Kecil dapat dilihat dari indeks kesamaan komunitas yang disajikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Indeks kesamaan komunitas makrozoobentos antar stasiun di Sungai Masang Kecil

Stasiun	I	II	III
I	-	-	-
II	55,00		
III	38,46	51,85	

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa indeks kesamaan komunitas antar stasiun berkisar dari 38,46 – 55,00 %. Indeks kesamaan terendah adalah antara stasiun III dengan stasiun I. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas pada stasiun I dengan III berbeda. Kendeigh

(1980) menyatakan bahwa bila indeks kesamaan dari dua komunitas yang dibandingkan > 50 % dikatakan komposisi komunitas tersebut sama, sebaliknya bila kecil dari 50 % dikatakan berbeda.

Tabel 4. Faktor lingkungan masing-masing stasiun di Sungai Masang Kecil

No	Parameter	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
1.	Lebar sungai (m)	7-8	8-9	7-9
2.	Kedalaman (cm)	40-60	35-65	30-60
3.	pH air	7	7	7
4.	Penetrasi cahaya	Sampai ke dasar	Sampai ke dasar	Sampai ke dasar
5.	Warna air	Jernih	Keruh	Agak keruh
6.	Substrat dasar	Kerikil berbatu, berpasir, sedikit berlumpur	Batu, Kerikil Berpasir, dilapisi lumpur, detritus	Kerikil berpasir sedikit berlumpur
7.	Kecepatan arus	deras	Tenang	sedang
8.	Vegetasi dominan di pinggir sungai	Herba, paku-pakuan, bambu dan vegetasi dasar lainnya	Herba, paku-pakuan, bambu dan vegetasi dasar lainnya	Herba, paku-pakuan, bambu, pohon-pohon kecil dan vegetasi dasar lainnya

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang komunitas

makrozoobentos di Sungai Masang Kecil yang menerima limbah cair kelapa sawit dapat disimpulkan yaitu pertama, komunitas makrozoobentos yang

ditemukan sebanyak 43 jenis dengan komposisi Insecta 33 jenis, Oligochaeta 4 jenis, Gastropoda 3 jenis, Hirudinae 2 jenis, Arachnida dan Turbellaria masing-masing satu jenis. Jumlah individu terbanyak juga ditunjukkan oleh Insecta (71,89 %) kemudian diikuti oleh Hirudinea (25, 1 %) dan kelas lainnya tidak lebih dari 3 %.

Kedua, kepadatan tertinggi ditemukan pada stasiun III setelah menerima limbah dari Stasiun II dan menerima aliran dari Sungai Anak Aia dan yang terendah pada stasiun II setelah masuknya limbah.

Ketiga, Jenis dominan pada stasiun I adalah *Stenelmis* sp. dan *Psephenoides* sp. dan stasiun II dan III *Erphobdella* sp. dan *Hydropsyche elisoma*.

Keempat, Indeks keanekaragaman jenis makrozoobentos berkisar dari 1,49 – 3, 01.

Kelima, Indeks Kesamaan komunitas antar stasiun berkisar dari 38,46 – 55,00 %, yg paling rendah antara stasiun I dan III, menunjukkan komposisi komunitas pada kedua stasiun ini berbeda.

Keenam, Berdasarkan indeks keanekaragaman kualitas air di stasiun I tergolong tidak tercemar, stasiun II dan III tergolong tercemar sedang.

Ucapan terimakasih

Penelitian ini dibiayai dengan dana PNPB Fakultas MIPA Universitas Andalas tahun 2017, untuk itu diucapkan terimakasih kepada Dekan FMIPA Unand. Ucapan yang sama disampaikan kepada Pimpinan PT. Andalas Agro Industri (AAI) yang telah memberikan izin dan fasilitas selama penelitian, seterusnya kepada Jabang Nurdin dan Safyan yang telah membantu pelaksanaan penelitian lapangan.

Daftar Pustaka

Azwir. 2006. *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri Oleh limbah*

Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar. Tesis S2 Program Magister Ilmu Lingkungan. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang.

Dahuri, R. 1995. *Metode dan Pengukuran Kualitas Air Aspek Biologi.* IPB Bogor.

Giller, P.S. and B. Malmqvist. 2003. *The Biology of Streams and River.* Oxford University Press Inc. New York.

Handayani, S. T.; B. Suharto dan Marsoedi. 2001. Penentuan Kualitas Perairan Sungai Berantas Hulu dengan Biomonitoring Makrozoobentos: Tinjauan dari Pencemaran Bahan Organik. *Biosain.* 1 (1) : 31 – 38.

Hidayanto, M. 2008. Limbah Kelapa Sawit Sebagai Sumber Pupuk Organik dan Pakan Ternak, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kalimantan Timur.

Klemm, D.J. 1995. *Identification guide to the Freshwater Leeches (Annelida: Hirudinea) of Florida and Other Southern States.* Bureau of Surface Water Management Florida Departement of Enviromental Protection. Tallahassee, Florida

Merrit, R.W. and K.W. Cummins. 1984. *An Introduction to the aquatic Insect of North America.* Second edition. Kendall/Hunt. Dubuque.

Pennak, R.W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United States.* John Wiley & Sons New York.

Pinder, L.C.V. and F. Reiss. 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – Keys and diagnoses. In: Wiederholm T (ed.)

Chironomidae of the Holarctic Region: Keys and Diagnoses, Part 1: Larvae (Entomologica Scandinavica Supplement No. 19). Lund: Entomological Society of Lund, Sweden, pp. 149–292.

Suin, N.M. 2002. *Metoda Ekologi*. Penerbit Universitas Andalas Padang.

William, D.D dan B.W. Felmate. 1992. *Aquatic Insects*. C.A.B. International. Redwood Press Ltd. Melksham