

**BIOASSESSMENT KUALITAS AIR  
SUNGAI CIKARO KABUPATEN BANDUNG  
MENGUNAKAN STATUS EKOLOGI**

**BIOASSESSMENT OF RIVER WATER QUALITY  
IN CIKARO RIVER BANDUNG REGENCY  
USING ECOLOGICAL STATUS**

**<sup>1\*</sup>Luppy Handinata, dan <sup>2</sup>Barti Setiani Muntalif**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

<sup>\*1</sup>luppy\_handinata@yahoo.com, <sup>2</sup>barti@tl.itb.co.id

**Abstrak:** Makrozoobenthos telah umum digunakan untuk *bioassessment* kualitas air sungai, Indeks Biotik secara luas digunakan untuk kegiatan monitoring kualitas air di seluruh dunia, termasuk negara berkembang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui status ekologi Sungai Cikaro dengan menggunakan makrozoobenthos. Hasil penelitian menunjukkan makrozoobenthos yang ditemukan Berdasarkan hasil penelitian ditemukan sebanyak ditemukan sebanyak 4 Filum, 5 kelas, 17 Ordo, 33 famili dan 39 genus makrozoobenthos, Kepadatan makrozoobenthos bervariasi pada setiap lokasi sampling dan periode pengambilan sampel dengan kisaran 13-151 individu/m<sup>2</sup>. Indeks Shannon-Wiener berkisar antara 1,05 sampai dengan 2,50 termasuk katagori tercemar ringan sampai tercemar sedang, Hal ini sejalan dengan penilaian status ekologis menggunakan Indeks terbaru dimana kisaran nilai berada pada 2,67 – 4,78 dan berada dalam sedikit tercemar sampai tercemar sedang

**Kata kunci:** *Bioassessment*, Kualitas Air, Makrozoobenthos, Status Ekologi

**Abstract :** *Macrozoobenthos are commonly used in river health biomonitoring. In monitoring program biotic indices are now widely established in water quality monitoring around the world, including in the tropical countries. The aim of this study was to reveal the ecological status of Cikaro River by using Macrozoobenthos The results of the study found 4 Phylum, 5 classes, 17 Ordo, 33 families and 39 genus makrozoobenthos. The density of macrozoobenthos varied at each sampling site, . The density ranged from 13-151 individuals / m<sup>2</sup>. Shannon Wiener Index (H ') Index range 1.05 - 2.50 and classified slightly polluted to quite polluted The Result in line with The Assessment of Ecological Status using the scoring system, the ecological status in Cikaro River range 2,67– 4,78 and classified quite polluted to moderately polluted*

**Key words:** . *Bioassessment, Water Quality, Macrozoobenthos, Ecological Status*

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan suatu ekosistem air mengalir yang mempunyai peran penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi daerah di sekitarnya, sehingga kondisi suatu sungai sangat dipengaruhi oleh karakteristik yang dimiliki oleh lingkungan disekitarnya. Sungai dikenal sebagai ekosistem terbuka (*open ecosystem*), karena mendapat masukan dari kiri kanan sepanjang alirannya (Odum, 1998).

Kualitas sungai dapat berubah akibat perubahan penggunaan lahan dan limbah akibat kegiatan pertanian, peternakan. Pemukiman dan industri, sehingga terjadi pencemaran terhadap badan sungai. Evaluasi terjadinya pencemaran sungai memerlukan pemantauan kualitas air. Pemantauan ini dapat dilakukan dengan parameter fisika, kimia, dan biologi

Sungai Cikaro dimanfaatkan sebagai sumber air baku, dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit 1, 2 dan 3 milik PT. Indonesia Power dan PLTP 4 & 5 milik PT. Pertamina Geothermal Energy (PGE) Area Kamojang. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) menggunakan cairan panas bumi sebagai sumber daya dan menciptakan limbah residu sebagai bagian dari Proses pembangkitan listrik PLTP merupakan pembangkit listrik yang bersifat dapat diperbaharui (*renewable*), sebab pembangkit listrik ini memanfaatkan panas bumi sebagai sumber listrik.

Kegiatan antropogenik memiliki efek yang kuat pada ekosistem perairan terutama pada komunitas biotik dan fungsi ekologi (Maddock, 1999). Penelitian biota air memiliki banyak manfaat, antara lain untuk mengetahui adanya perubahan lingkungan akibat kegiatan manusia (antropogenik) (Plafkin et al. 1985 dan Chessman 1995). Penilaian kualitas air berdasarkan indikator biologis telah dikembangkan selama puluhan tahun, dimana sekitar 60 % berdasarkan analisis makrozoobentos (De Pauw & Hawkes 1993). Makrozoobentos merupakan salah satu indikator kesehatan lingkungan akuatik yang baik (Plafkin et al 1985 dan Chessman 1995).

Penggunaan struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan sungai sudah umum dilakukan termasuk di Indonesia, diantaranya Sudarso et al. (2009) mengklasifikasikan tingkat kerusakan atau gangguan di beberapa ruas Sungai Cisadane berdasarkan pada komunitas benthos, sedangkan Mayaningtias, (2010) melakukan Pengembangan Biokriteria untuk Menilai Kualitas sungai dengan Menggunakan Larva Chironomidae (Diptera) di Sungai Ciliwung.

Di negara-negara maju dalam menilai tingkat kesehatan sungai, menggunakan materi biologi seperti komunitas fauna makrobenthik atau benthos untuk mengetahui status dan perubahan kualitas air akibat aktivitas antropogenik (Lenat and Barbour, 1994; Reynoldson and Metcalfe-Smith 1992; Smith et al. 2007; Haase et al. 2004 dalam Sudarso, dkk., 2009).

Keragaman total Makrozoobenthos yang tercatat di perairan sungai dapat menunjukkan kondisi fisik kimia sungai dengan baik, dan dapat mendukung kondisi lingkungan yang lebih sehat untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup komunitas biologis lainnya, namun tidak berarti sungai itu bebas dari polusi dan penting untuk memonitornya secara teratur (Ishaq & Khan, 2013), sebaliknya dari kondisi struktur komunitas Makrozoobenthos jika didominasi oleh beberapa jenis dominan juga dapat ditentukan bahwa kondisi lingkungan perairan sungai tersebut sudah mengalami kerusakan (Pawhestria, et al, 2015).

Mikroorganisme perairan seperti protozoa bersilia, alga atau bakteri perifiton hanya merefleksikan kualitas air satu atau dua minggu sebelum aktifitas sampling dan analisis dilakukan. Sedangkan larva insekta, cacing-cacingan, keong-keongan dan makroinvertebrata bentuk lainnya merefleksikan lebih dari satu bulan sebelumnya dan mungkin juga tahunan (Muntalif dkk., 2008). Selain itu plankton dan bakteri mempunyai kelemahan diantaranya ukuran yang relatif kecil, berat jenisnya yang rendah, mudah rusak karena terbawa arus sungai dan terdegradasi oleh organisme lain, sehingga lebih sukar untuk dianalisis dibandingkan dengan hewan bentos (Odum, 1998).

Distribusi dan kelimpahan makrozoobenthos tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas air, tetapi juga oleh faktor lain seperti : kecepatan arus, jenis substrat (karakteristik sedimen), dan kelimpahan vegetasi air. Distribusi dan kelimpahan makroinvertebrata dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik yang mempengaruhi kelimpahan makroinvertebrata adalah hubungan saling interaksi antar organisme atau hubungan tropik memangsa dan dimangsa.

Faktor abiotik yang mempengaruhi kelimpahan makrozoobenthos antara lain jenis substrat,

sedimen, konsentrasi oksigen, fluktuasi musim, sumber makanan, kemelimpahan vegetasi. komposisi dan kemelimpahan Bentos atau makroinvertebrata relatif stabil dari satu tahun ke tahun berikutnya di dalam sistem yang tidak ada gangguan (Purwati, 2016), sungai yang mempunyai vegetasi terjaga memiliki status ekologi yang lebih baik (Krisanti, 2017).

Parameter air yang paling berpengaruh terhadap kepadatan populasi makrozoobentos, adalah suhu TSS, kekeruhan, TOC, COD, BOD dan pH (Faza, 2015), parameter pH, TSS, TDS dan Kecerahan memiliki hubungan yang dapat mempengaruhi kehidupan Makrozoobenthos (Frianti, *et al.* 2016). Populasi manusia terus tumbuh, akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap proses biodegradasi sungai. Biosurvey fauna invertebrata makrozoobentos penting dilakukan memberi wawasan penting tentang kesehatan sungai dan menambahkan pengetahuan dan pemahaman tentang strategi pengelolaan yang melibatkan biomonitoring sebagai alat penting dalam studi restorasi sungai (Abida *et al.*, 2012)

Makrobentik digunakan sebagai bioindikator di dalam biomonitoring ekosistem sungai dengan berbagai tipe tekanan atau gangguan seperti polutan organik, logam berat, degradasi hidromorphologi, pengkayaan nutrisi asidifikas dan tekanan pada umumnya. Sebagian besar standar nasional yang digunakan untuk menilai kualitas air menggunakan indikator fisika dan kimia yang berhubungan dengan polutan dan gangguan khusus. Namun, komunitas biologi merefleksikan tidak hanya kondisi sumber daya akuatik saat ini tetapi juga perubahan kondisi dalam waktu lama dan dampak dari beberapa gangguan, pada banyak standar nasional tersebut hanya bakteri Coliform yang digunakan sebagai indikator biologi (Sudarso, dkk., 2009)

## METODOLOGI

Data Sekunder makrozoobenthos diambil dari hasil pemantauan PT. Indonesia Power dari tahun 2016. Sedangkan pengambilan data primer kualitas air, kualitas sedimen dan keanekaan jenis Makrozoobenthos yang akan dipergunakan untuk menentukan status ekologi sungai dilaksanakan selama 3 kali pengambilan sampel yaitu bulan Maret dan Juni mewakili musim hujan dan Bulan Agustus 2017 mewakili musim kemarau, dengan lokasi sampling sebagai berikut.

Tabel 1 Lokasi Pengambilan Sampel

No	Stasiun Sampling (STA)	Koordinat Sampling	Karakteristik Perairan dan Aliran Sungai	Karakteristik Kegiatan Sekitar
1	Hulu Sungai Cikaro	S 07° 08'56,1" E 107° 47'29,3"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mata Air di hulu Hulu Sungai cikaro</li> <li>· Arus tenang,</li> <li>· Substrat berupa seresah vegetasi dan lumpur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lahan pertanian,</li> <li>· terdapat mata air di sekitar lokasi kegiatan</li> <li>· terdapat kegiatan domestik (kegiatan MCK) warga</li> </ul>
2	Lahan Pertanian Sebelum Bendungan Sungai Cikaro	S 07° 08'57,4" E 107° 47'29,3"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Arus sedang</li> <li>· Substrat berupa lumpur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lahan pertanian</li> <li>· Tidak terdapat permukiman penduduk</li> </ul>
3	Bendungan Cikaro	S 07° 08'25,1" E 107° 46'58,5"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Perairan tergenang (bendungan)</li> <li>· Substrat berupa seresah vegetasi dan lumpur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kegiatan eksplorasi panas bumi PT. PGE Area Kamojang dan PT. Indonesia Power UBP Kamojang</li> </ul>



Pencuplikan sedimen untuk analisis distribusi partikel dilakukan dengan menggunakan *core sampler*. Analisa distribusi partikel bertujuan untuk mengetahui persentase kerikil, pasir, dan lumpur pada setiap lokasi penelitian sebagai tempat hidupnya makrozoobentos. Penelitian distribusi partikel setiap lokasi penelitian dilakukan berdasarkan metode *American Standard - Festing Materials*, Analisis distribusi partikel ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil ITB.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan *Van geen Grab sampler*. Pengambilan dilakukan pada sisi sungai dan bagian tengah sungai kemudian dijadikan satu composite sampel. Setelah dilakukan pengambilan, sampel disimpan dalam botol plastik 500 ml dan dilapisi dengan kertas aluminium. Pengukuran kandungan substrat organik dilakukan dengan metode analisis abu. Selain itu dianalisa pH tanah, N total, dan P total. Pengambilan contoh makroinvertebrata benthik dilakukan dengan menggunakan surber net berbentuk segi empat berpori-pori sebesar 0,5 mm (APHA-AWWA-WEF, 1995) ukuran 25 x 40 cm<sup>2</sup>.

#### Indeks Skor

Interaksi atau penggabungan indeks keanekaragaman dengan beberapa parameter lingkungan telah digunakan dalam menentukan status ekologi sungai. Cara menghitung indeks ini dengan menggunakan sistem pembobotan atau skor masing-masing variabel lingkungan dan Nilai Indeks Keragaman (H'). Nilai Indeks dihasilkan dari penjumlahan masing-masing skor pada setiap variabel. Nilai rata-rata dari variabel tersebut merupakan nilai indeks. Nilai skor masing-masing variabel beserta kriteria gangguannya diambil dari modifikasi BPLHD Jawa Barat, 2003 dalam Chazanah, dkk., 2017.

Tabel 2 Nilai skoring pada masing-masing variabel beserta kriteria gangguannya modifikasi dari BPLHD,2003 dalam Chazanah, dkk., 2017

No.	Parameter	Skor			
		1	3	6	10
1	Total Suspended Solids (ppm)	<20	>20-100	101-400	> 400
2	Turbidity (NTU)	<15	15-30	30-45	>45
3	Total Nitrogen dalam sedimen (ppm)	<2	>2-4	>4-6	>6
4	Total Phosphate (ppm)	<0.5	> 0.5-1	>1-2	>2
5	K-Organik (%)	>30	20-30	10-20	<10
6	Kerikil (%)	>20	>10-20	5-10	<5
7	H' (Diversity index)	>2,5	1,5-2,5	1-1,5	<1

Keterangan untuk Status Ekologi adalah sebagai berikut:

1. Belum atau sedikit tercemar : skor rata-rata lebih kecil dan sama dengan 2
2. Tercemar ringan: skor rata-rata 2 - 4
3. Tercemar sedang : skor rata-rata 4 - 5
4. Tercemar berat: skor rata-rata lebih besar dari 6

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Parameter Fisik dan Kimia Air Sungai**

Hasil analisis kualitas air sungai Cikaro yang dilakukan selama 3 kali pengambilan sampel (Maret, Juni dan Agustus 2017) ditampilkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Hasil Analisis Parameter Fisik Kimia Air Sungai Cikaro

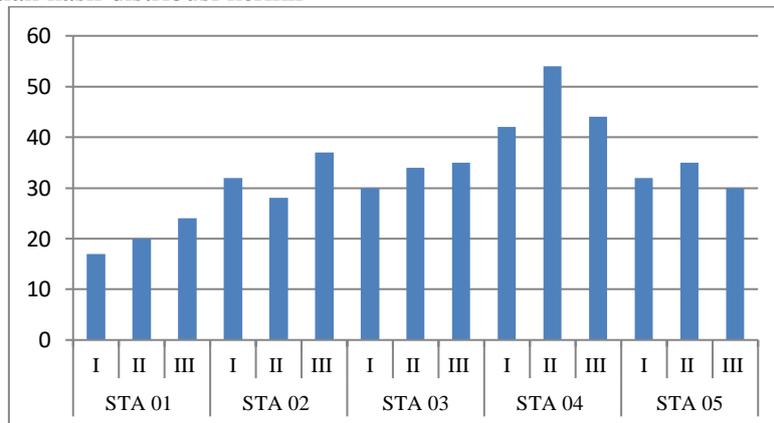
Parameter	Satuan	Baku Mutu	STA 1			STA 2			STA 3			STA 4			STA 5		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Suhu	oC	± 5	23.5	22.8	19.1	25.8	22.4	23.15	27.1	26.5	27.5	24.9	25.6	23.9	24.15	21.00	22.5
Kekeruhan	NTU	-	2.36	3.65	2.15	1.51	3.42	2.45	2.03	2.05	3.15	4.6	3.1	5.3	4.00	3.50	4.10
Arus	m/det	-	0,2	0,4	0	1,2	1,0	0.8	0,5	0,5	0.2	1,5	1,3	0.5	1,1	0.8	0.6
Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/L	2000	60.00	75.00	70.00	80.00	85.00	85.00	75.00	105.00	110.00	65.00	100.00	95.00	65.00	105.00	86.00
Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	400	18.00	27.00	12.00	16.00	20.00	14.00	10.00	49.00	24.00	19.00	17.00	15.00	15.00	21.00	31.00
pH	-	5,0 - 9,0	6.82	6.45	6.49	6.12	6.70	7.31	6.71	6.36	5.58	7.50	6.63	7.10	7.79	6.68	6.40
BOD <sub>5</sub>	mg/L	12	22.81	6.45	12.40	15.11	4.36	8.45	24.14	7.65	12.50	6.90	5.13	8.70	10.04	3.54	6.23
COD	mg/L	100	73.59	64.20	75.60	38.76	43.60	35.11	67.05	23.91	42.00	20.91	16.50	21.60	28.70	10.74	11.60
DO	mg/L	> 0	2.50	3.40	2.40	3.20	3.00	3.80	2.80	2.50	3.80	3.60	3.20	3.40	2.90	3.60	3.00
Total Fosfat Sebagai P	mg/L	5	0.11	0.13	0.15	0.27	0.18	0.21	0.70	0.85	0.73	0.33	0.25	0.17	0.40	0.65	0.51
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	20	6.21	6.50	6.00	4.22	4.54	4.36	5.43	3.05	4.02	6.24	2.63	4.90	5.22	1.89	3.21

Berdasarkan tabel 3 diatas diketahui bahwa Suhu air tertinggi tercatat di stasiun 3 bendungan sungai Cikaro yaitu sebesar 27,3 pada pengukuran di bulan Maret, tingginya suhu air di lokasi ini dipengaruhi oleh buangan air kondensat dari kegiatan PLTP ke badan air sungai Cikaro. Semakin ke hilir lokasi sungai juga terlihat kadar TDS meningkat, kondisi ini dipengaruhi oleh kegiatan penambangan pasir dan batuan yang banyak di lakukan di daerah hulu, disamping adanya tambahan beban limbah domestic yang dihasilkan oleh perumahan penduduk di daerah hilir. Tingginya konsentrasi BOD pada stasiun 3, diperkirakan karena adanya masukan beban limbah organik yang berasal dari sekitar aliran sungai, utamanya berasal dari lahan pertanian serta kegiatan PLTP.

Tingginya kadar DO di stasiun 4 dengan arus cukup deras dan substrat berbatu dan berkerikil, sehingga terjadi tumbukan aliran air dengan batuan tersebut. Hal ini akan menyebabkan peningkatan proses aerasi pada permukaan air sungai meningkat sehingga memudahkan transfer oksigen di atmosfer ke dalam badan air sungai sehingga kadar DO tinggi. Tingginya konsentrasi COD suatu perairan, mengindikasikan tingginya beban materi organik perairan tersebut, materi organik di lokasi studi terutama di STA 1, 2 dan 3 dapat berasal dari aktifitas pertanian di sekitar lokasi. Konsentrasi nitrogen dipengaruhi adanya masukan beban limbah yang berasal dari kegiatan pertanian yang terbawa oleh air limpasan baik dari hasil pengairan maupun air hujan.

### Distribusi Partikel Sedimen

Faktor utama yang menentukan penyebaran makrozoobentos adalah sedimen akuatik berupa pasir, tanah liat dan kerikil dan batu, komposisi tersebut menentukan jenis makrozoobentos. Berikut ini adalah hasil distribusi kerikil

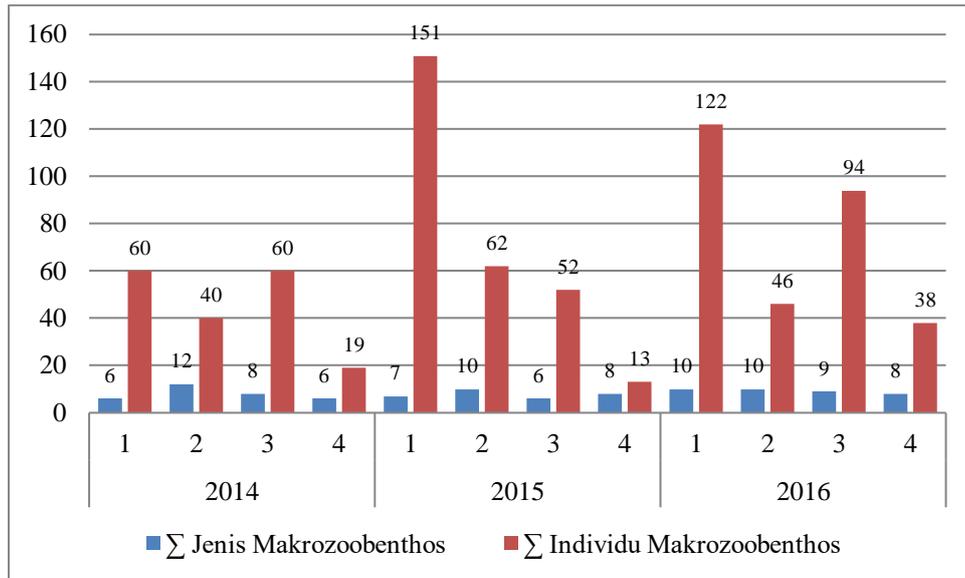


Gambar 2 Distribusi Kerikil (%) pada sedimen

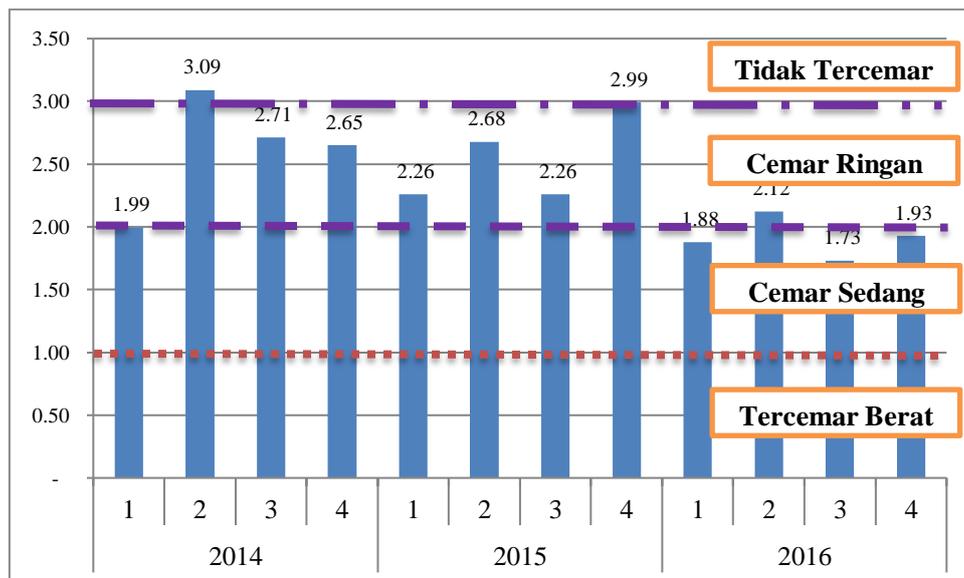
Berdasarkan gambar 2 diatas diketahui bahwa sebaran distribusi kerikil pada sedimen paling tinggi terdapat di sta 04, hal ini disebabkan adanya kegiatan penambangan pasir sungai.

### Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil analisis data sekunder yang diambil dari PT. Indonesia Power UBP Kamojang dari kurun waktu Tahun 2014 – 2016 di 4 stasiun pengamatan ditemukan sebanyak 4 Filum, 8 kelas, 19 Ordo, 37 famili dan 40 genus makrozoobenthos, dengan Komposisi terbesar ditemukan dari Famili *Tamaridae*, *Chironomidae* dan *Lymnaeida*. Kepadatan makrozoobenthos bervariasi sampel dengan kisaran 13-151 individu/m<sup>2</sup> sedangkan berdasarkan Indeks Keaneka-an Shannon-Wiener berkisar antara 1,99 sampai dengan 3,09 (tercemar ringan sampai tercemar sedang) seperti dapat dilihat pada.



Gambar 3 Jumlah Jenis dan Individu Makrozoobenthos di Stasiun Pengamatan Tahun 2014 – 2016



Gambar 4 Indeks Keanekaan Shannon-Wiener Tahun 2014 – 2016

Komposisi kelimpahan merupakan jumlah organisme yang ditemukan pada setiap pengambilan contoh, pada stasiun 01 yang merupakan hulu sungai Cikaro, organisme yang mendominasi adalah *Chironomus* sp. Jenis tersebut dominan dijumpai di ketiga periode sampling, yaitu masing-masing sejumlah 81 individu/m<sup>2</sup> pada bulan Maret 2017, kemudian menurun menjadi 51 individu/m<sup>2</sup> pada Bulan Mei 2017 dan menurun lagi menjadi 14 individu/m<sup>2</sup> pada bulan Agustus 2017

#### Status Ekologi Sungai Cikaro

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis terhadap kualitas air, kualitas sedimen dan keanekaan Makrozoobenthos maka dapat ditentukan status ekologi sungai Cikaro seperti yang tercantum dalam Tabel berikut sebagai berikut.

Tabel 4 Nilai Masing-Masing Variabel dan Kriteria Status Ekologi di Sungai Cikaro

No	Parameter	Stasiun				
		1	2	3	4	5
1	TSS	12.00	14.00	24.00	15.00	31.00
	Skor	1	1	3	1	3
2	Kekeruhan (NTU)	2.15	2.45	3.15	5.3	4.10
	Skor	1	1	1	1	1
3	C-Organik	44.83	39.28	33.29	29.6	31.91
	Skor	1	1	1	1	1
4	Total Nitrogen	1.45	0.6	0.49	0.16	0.24
	Skor	1	1	1	1	1
5	Phospat	1.79	1.55	1.56	1.39	1.99
	Skor	6	6	6	6	6
6	Kerikil (%)	60	31	5	0	34
	Skor	1	1	6	10	1
7	H' (Indeks Diversitas)	1.65	1.85	1.49	1.97	1.27
	Skor Total	<b>1.32</b>	<b>1.43</b>	<b>2.41</b>	<b>2.98</b>	<b>1.47</b>
	Kriteria Status Ekologi	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00

Tabel 4 diatas, menunjukkan bahwa skor di seluruh lokasi sampling baik yang dilakukan pada musim hujan (maret dan juni) maupun pada musim kemarau (agustus) menunjukkan nilai dibawah 2 sehingga perairan sungai Cikaro mempunyai status ekologi tidak tercemar atau sedikit tercemar.....

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas air di Sungai Cikaro berkaitan dengan kegiatan eksplorasi panas bumi, selama kurun waktu 2014 – 2016 ditemukan sebanyak 4 Filum, 8 kelas, 19 Ordo, 37 famili dan 40 genus makrozoobenthos. Kepadatan makrozoobenthos bervariasi sampel dengan kisaran 13-151 individu/m<sup>2</sup> dengan nilai indeks keasekaan Shannon – wiener berkisar antara 1,99 sampai dengan 3,09 termasuk katagori tercemar ringan sampai tercemar sedang, Hal ini sejalan dengan penilaian status ekologis seentara menggunakan Indeks terbaru dimana kisaran nilai berada pada 1,09 – 1,92 dan berada dalam status tidak tercemar atau sedikit tercemar.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1989. *Standar Methods for Examination of Water and Wastewater*. Ed 17<sup>th</sup>. Washington, D.C.
- Aksoy Niyazi, Celalettin Şimşek, Orhan Gunduz., 2009 *Groundwater Contamination Mechanism in a geothermal field: A case study of Balcova, Turkey*. *Journal of Contaminant Hydrology* 103 (2009) 13–28.
- Nurul Chazanah, Priana Sudjono, Fahri Azhari Hasby, Gede Suantika, Barti Setiani Muntalif. 2017. *Development of Bioassessment Tools for Ecological Status Using Macrozoobenthic Community in Upstream Area (Case Study: Citarum River, West Java, Indonesia)*. *Journal of Water Resource and Protection*, 2017
- De Pauw N, Hawkes AH. 1993. *“Biological Monitoring of Water Quality”*. In Walley WJ, Judd S (Ed.). *River Water Quality Monitoring and Control*. Aston University, Birmingham (GB).

- Faza, M., F. 2015 : Hubungan Kepadatan Populasi Makrozoobentos, Sedimen Perairan terhadap Parameter Kualitas Perairan. Tesis Program Magister, Insitut Teknologi Bandung, 31 – 62.
- Frianti, Fauziyah, Zazili Hanafiah. 2016. *Characteristics Of Macrozoobenthos Community Based On Substrat Type At Warkuk River Districk Of Warkuk Ranau Selatan, Oku Selatan Regency, South Sumatera*. Biovalentia: Biological Research Journal E-ISSN: 2477-1392 Vol 2, No 1 (2016): May 2016.
- Hawkes HA. 1979. *Invertebrates as Indicators of River Water Quality*. In James, and L.Evison (Ed). *Biological Indicators of water quality*. John wiley&Sons. Chichester.
- Hilsenhoff WL. 1988. *Benthic Macroinvertebrates*. in F. R. Hauer and G. A. Lamberti (Ed). *Methods in Stream Ecology*. Academic press. San Diego
- Ishaq Fouzia and Amir Khan, 2013. *Diversity Pattern of Macrozoobenthos and Their Relation with Qualitative Characteristics of River Yamuna in Doon Valley Uttarakhand*. American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences 5 (1): 20-29, 2013.
- Muntalif, B.S., Ratnawati, K., dan Bahri, S. (2008) : Bio Assessment Menggunakan Makroinvertebrata Bentik Untuk Penentuan Kualitas Air Sungai Citarum Hulu, Jurnal Purifikasi, Vol 9, No. 1, 49 – 60.
- Odum, E.P. 1998, Dasar-dasar Ekologi. Alih Bahasa : Samingan, T dan B. Srigandono. EdisiKetiga Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Plafkin JL, Barbour MT, Porter KD, Gross SK, Hughes RM. 1985. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish* USEPA, Assessment and Watershed Protection Division, Washington DC(US)
- Purwati Sri Unon, 2016 Karakteristik Bioindikator Cisdane : Kajian Pemanfaatan Makrobentik Untuk Menilai Kualitas Sungai Cisdane. Ecolab Vol. 9 No. 2 Juli 2015 : 47 – 104.
- Pawhestri Suci Wulan, Jafron.W. Hidayat, Sapto P. Putro. 2015. *Assessment of Water Quality Using Macrobenthos as Bioindicator and Its Application on Abundance-Biomass Comparison (ABC) Curves*. Internat. J. Sci. Eng., Vol. 8(2)2015:84-87, April 2015
- Sudarso Y, Suryono T, Yoga GP. Penyusunan Biokriteria dengan menggunakan Konsep Multimetrik: Studi Kasus Anak Sungai Cisdane. Jurnal Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia 2009 Agustus; 35(2) 180 – 181.
- Syed Abida, Mohammad Farooq Mir, Syed Ifshana, Showkat Ali Mir and I. A. Ahangar. 2012 *Macrozoobenthic Community as Biological Indicators of Pollution in river Jhelum, Kashmir*. Universal Journal of Environmental Research and Technology Volume 2, Issue 4: 273-279.