

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Kordi (2007), menyatakan bahwa aliran yang dilalui badan air yang bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, sehingga sungai terdiri dari dua zona yaitu sebagai berikut :

- a. Sungai pada dataran tinggi (hulu) yang memiliki ciri-ciri seperti dangkal dan sempit, tebing yang curam dan tinggi, berair jernih, serta mempunyai populasi (jenis maupun jumlah) biota air sedikit.
- b. Sungai pada dataran rendah (hilir) yang memiliki ciri-ciri seperti lebih lebar dari pada hulu, badan air dalam, keruh, alirannya lambat, serta populasi biota air didalamnya termasuk banyak (namun jenisnya kurang bervariasi)

Tatik (2010), menyatakan bahwa sungai mempunyai peranan yang sangat penting bagi masyarakat, selain berlangsungnya tempat ekosistem, juga sebagai sumber kehidupan bagi masyarakat sekitarnya. Berbagai aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri dan rumah tangga yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Penambahan bahan buangan dalam jumlah besar dari bagian hulu hingga hilir sungai yang terjadi terus menerus akan mengakibatkan sungai tidak mampu lagi melakukan pemulihan. Pada akhirnya terjadilah gangguan keseimbangan terhadap konsentrasi faktor kimia, fisika dan biologi dalam sungai.

2.2 Makrozoobenthos

Benthos adalah organisme dasar perairan yang hidup di permukaan (epifauna) atau didalam (infauna) substrat dasar. Benthos terdiri dari organisme

nabati (fitobenthos) dan hewani (zoobenthos) (Odum 1971; RVCA 2005). Nazarova *et al.* (2004), menyatakan bahwa Zoobenthos didefinisikan sebagai sebuah kelompok hewan invertebrate, dimana sebagian besar siklus hidupnya berada di substrat dasar suatu badan air. Secara umum benthos dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu: makrobenthos (berukuran lebih besar dari 1 mm), meiobenthos (berukuran antara 0,1 mm – 1 mm) dan mikrobenthos (berukuran lebih kecil 0,1 mm) (Mann, 1982). Dijelaskan oleh Cummins (1974) bahwa makrozoobenthos merupakan organisme yang mencapai ukuran sekurang-kurangnya 3 – 5 mm pada saat pertumbuhan maksimum.

Organisme makrozoobenthos biasanya terdiri atas serangga air (*stonesflies, mayflies, caddisflies, beetles, true bugs, true flies*), krustacea (*isopods, amphipods, crayfishes*), moluska (*snails, clams, mussel*), annelids (*lintah, oligochaeta*), dan beberapa golongan lainnya (*proboscis worms, flatworms*) (RVCA, 2005). Peran penting organisme makrozoobenthos dalam komunitas akuatik adalah meliputi kemampuannya mendaur ulang bahan-bahan organik, seperti limbah rumah tangga, pertanian dan perikanan serta sisa-sisa organisme mati yang berasal dari perairan di atasnya atau dari sumber lain. Selain itu juga sebagai komponen penting mata rantai kedua dan ketiga dalam rantai makanan komunitas akuatik (Odum, 1971). Dijelaskan pula oleh Greenberg (2002) bahwa dalam kaitannya dengan posisi tropik mereka, makrozoobenthos berperan dalam pengolahan detritus dan bahan organik yang terakumulasi di dasar perairan. Selain itu, mereka bertindak sebagai materi makanan untuk jenjang trofik yang lebih tinggi. Secara umum makrozoobenthos dapat dikelompokkan berdasarkan kebiasaan makan dan cara makan (Tabel 1).

Tabel 1. Kelompok Makrozoobenthos Berdasarkan Cara Makan

Tipe Cara Makan	Makrozoobenthos
<i>Grazer</i> (herbivore)	Molusca (Ancyliidae, Sphaeridae, Pleuraceridae, Planorbiidae, Physidae, Unionidae), Ephemeroptera (Heptageniidae), Trichoptera (Glossosomatidae dan Phygareidae) dan Coleoptera (Psephenidae dan Elmidae).
<i>Shredders</i> (detritivora pada substrat kasar)	Plecoptera (Nemouridae, Pteronarcidae, Peltoperlidae), Diptera (Tipulidae) dan Trichoptera (Limnephilidae)
<i>Collectors</i> (<i>filter feeder</i> dan <i>deposit feeder</i> pada substrat halus)	Ephemeroptera (Heptageniidae, Bactidae, Siphonuridae dan caenidae), Trichoptera (Hydropsychidae), Diptera (Simuliidae dan Chironomidae) dan Oligochaeta.
<i>Predator</i> (karnivora)	Plecoptera (Perlidae), Megaloptera (Corydalidae dan Sialidae), Odonata (Corduligasteridae, Petalaridae, Gomphidae dan Agrionidae)

Sumber : Cummins (1974)

Wilhm (1975) menyatakan bahwa perubahan kualitas air sangat berpengaruh pada kehidupan organisme makrozoobenthos, baik komposisi maupun besar populasi. Ada juga beberapa jenis organisme makrozoobenthos yang mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap kualitas air yang jelek,

sehingga organisme tersebut dapat dipakai sebagai penentu kualitas air suatu perairan. Dijelaskan oleh Nazarova *et al.* (2004) bahwa komunitas dasar di kebanyakan badan perairan tawar terwakili oleh tiga kelompok besar yakni: larva chironomid, oligochaeta dan moluska. Oligochaeta dan moluska secara permanen hidup didasar, sedangkan chironomid, ketika dalam tahap larva insekta hanya menghabiskan sebagian dari siklus hidupnya di dasar perairan. Banyak spesies dari kelompok ini merupakan manifestasi respon langsung pada keberadaan dari berbagai polutan yang berbeda di dalam massa air dan sedimen dasar, hal ini menjadikannya sebagai indikator tingkat pencemaran suatu perairan.

2.3 Parameter yang Mempengaruhi Makrozoobenthos

Pada lingkungan perairan tawar faktor-faktor yang bersifat kimia dan fisika merupakan faktor-faktor pembatas bagi komunitas dari suatu organisme, sehingga hanya organisme yang toleran saja yang dapat diuntungkan (Odum, 1993).

2.3.1 Suhu

Faktor lingkungan yang penting pada ekosistem sungai terkait dengan aliran air adalah suhu dan oksigen terlarut, serta kelarutan sumber nutrient dan bahan kimia terlarut (Hynes 1972; Hawkes 1975; Angelier 2003). Suhu pada suatu habitat akan menentukan komunitas biota yang hidup didalamnya. Sebagian besar dari makrozoobentos dapat mentoleransi pada suhu air di bawah 35°C, walaupun ada yang mampu bertahan pada suhu yang ekstrim panas misalnya pada sumber mata air panas yang bersuhu 35°C hingga 50°C. Contoh serangga yang dapat hidup pada suhu ekstrim tersebut misalnya : larva Diptera family Chironomidae, Culicidae, Stratiomyidae dan Ephydriidae; larva Coleoptera family Dytiscidae dan Hydrophilidae, Hemiptera dan Odonata (Ward, 1992).

Macan (1974), menyatakan bahwa suhu 36,5 – 41°C merupakan *lethal temperature* bagi makrozoobentos dimana pada suhu tersebut organisme benthik telah mencapai titik kritis yang dapat menyebabkan kematian.

2.3.2 Kecepatan Arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, densitas air laut dan rambatan pasang surut yang bergelombang panjang dari lautan terbuka (Sari, 2005). Faktor yang mempengaruhi kecepatan arus adalah perbedaan ketinggian tempat (hulu dan hilir sungai). Apabila ketinggian suatu perairan cukup besar maka arus akan semakin deras. Kecepatan arus dapat mempengaruhi jenis dan sifat organisme yang ada di dalam perairan tersebut. Kecepatan arus merupakan faktor yang sangat penting di perairan sungai. Arus sebesar >5 m/detik dapat mengurangi organisme yang tinggal sehingga hanya beberapa jenis organisme yang melekat dapat tahan *terhadap* arus dan tidak mengalami kerusakan pada fisiknya (Wijaya, 2009). Kecepatan dan tipe arus berpengaruh langsung terhadap pembentukan substrat dasar perairan, aerasi air, meningkatkan proses pembusukan dan berpengaruh tidak langsung terhadap pembentukan komposisi makrozoobentos (Egglishaw 1969; Brabec *et al.* 2004). Banyak organisme yang hidup dibatu-batuan air deras seperti water pennies, mayfly dan trichoptera memiliki tubuh pipih, ramping serta mempunyai perlengkapan lain agar dapat beradaptasi dalam kondisi air deras tersebut (Hynes, 1972).

2.3.3 Substrat Dasar

Odum (1971) menjelaskan bahwa karakteristik dasar suatu perairan sangat menentukan keberadaan hewan benthik di perairan. Substrat perairan yang berupa batu dan kerikil umumnya paling disukai serta memiliki kepadatan dan variasi hewan benthik yang besar. Substrat pasir atau lumpur halus

merupakan tipe dasar yang paling tidak disukai dan memiliki jumlah jenis dan individu yang sedikit. Tetapi dasar perairan yang berupa liat lebih disukai daripada pasir. Komposisi substrat di sungai bervariasi baik secara temporal atau spasial, hal ini berhubungan dengan kecepatan arus. Detritus dasar yang berasal dari daratan memiliki peran besar di sungai dibandingkan di danau, khususnya penting bagi ekologi dari serangga di hulu yang sekitarnya hutan. Roback (1974) menyatakan bahwa nimfa Ephemeroptera (lalat sehari) tergantung jenisnya hidup pada tumbuhan air, lumpur, potongan-potongan kayu, batu kerikil, dasar batu dan beberapa ditemukan hanya diantara atau dibawah batuan.

2.3.4 pH

Nilai pH menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu contoh air dan mewakili konsentrasi ion hidrogennya. Konsentrasi ion hidrogen ini akan berdampak langsung terhadap keanekaragaman dan distribusi organisme serta menentukan reaksi kimia yang akan terjadi. Perubahan keasaman pada air buangan, baik kearah basa (pH naik) maupun ke arah asam (pH menurun), akan sangat mengganggu kehidupan biota air dari sekitar perairan (Maruru, 2012).

Nilai pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dari adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan dapat mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur kimia dan unsur-unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kelangsungan hidup vegetasi akuatik. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O_2 maupun CO_2 . Tidak semua organisme mampu bertahan terhadap perubahan nilai pH. Kenaikan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang bersifat sangat toksik bagi organisme (Asdak, 2002). Pada penelitian di Sungai Gentil Sapin dan Sungai Lamaix, Perancis yang dilakukan oleh Dangles dan Guerold (2000) memperlihatkan bahwa struktur komunitas

makrozoobentos secara drastis turun dibawah kondisi asam. Sampling benthos yang dilakukan memperlihatkan suatu penurunan kelimpahan shredder dan bergeser dari Amphipoda *Gammarus fossarum* yang peka terhadap asam kepada Nemouroidea (utamanya *Leuctra* sp.) yang toleran terhadap asam.

2.3.5 DO

Oksigen terlarut merupakan parameter yang sangat penting dalam mendeteksi adanya pencemaran, karena oksigen dapat digunakan untuk melihat perubahan atau ragam biota yang terdapat dalam perairan (Allen dan Mancy, 1972). Di daerah aliran air biasanya kandungan oksigen berada dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karena itu organisme aliran air biasanya mempunyai toleransi yang sempit dan terutama peka terhadap kekurangan oksigen (Odum, 1971). Ward (1992), menjelaskan bahwa oksigen terlarut merupakan faktor lingkungan yang penting sekali bagi serangga air untuk menunjang proses respirasinya. Interaksi antara oksigen terlarut dengan arus, substrat dan suhu menunjang ekologi serangga air, pola distribusi dari oksigen terlarut akan berpengaruh juga pada pola distribusi serangga air. Nimfa *Stonefly* mengalami kematian setelah 24 jam ketika terjadi tingkat kadar oksigen yang rendah dengan kecepatan arus 1,5 cm/detik. Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter kualitas perairan penting yang memberikan pengaruh terhadap komunitas makrozoobentos di Sungai Del Puerto Creek dan Salt Slough, California. Kandungan oksigen terlarut dilaporkan memiliki hubungan positif dengan metrics benthos seperti kepadatan, % collectors/gatherers, dan tingkat kepekaan indeks EPT (Hall dan Killen, 2006).

2.3.6 Total Organic Matter (TOM)

Bahan organik total atau *Total Organic Matter* (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi, dan koloid. Prinsip analisis TOM hampir sama dengan prinsip analisis COD yaitu didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi dengan menggunakan senyawa kalium permanganate. Oksidator yang digunakan untuk penentuan TOM adalah KMnO_4 diasamkan dengan menggunakan H_2SO_4 pekat dan dididihkan beberapa saat (Hariyadi *et al.*, 1992).

Nutrisi organik (karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin) beberapa diperoleh dari jasad itu sendiri. Jasad mati merupakan sumber nutrisi dari jasad heterotrofik seperti buangan berbentuk CO_2 , H_2O , alkohol, NH_3 dan sebagainya. Beberapa digunakan sebagai sumber jasad heterotrofik (Arfiati, 2001).

Pratiwi (2003), menyatakan bahwa makrozoobenthos yang ditemukan pada;

1. TOM terendah (<28 mg/l) antara lain; Hydrophilidae, Blepharoceridae dan Perlodidae sedangkan,
2. TOM kisaran 28 – 80,9 mg/l ditemukan Cucilidae
3. TOM tertinggi (>91 mg/l) makrozoobenthos yang ditemukan antara lain; Dryolidae, Branchiura dan Lumbriculidae.

2.3.7 Kesadahan

Effendi (2003), menyatakan bahwa kesadahan “hardness” adalah gambaran kation logam divalent (valensi dua). Kation-kation ini dapat bereaksi dengan sabun “soap” membentuk endapan “presipitasi” maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan

logam. Kesadahan perairan berasal dari kontak air dengan tanah dan bebatuan. Air hujan sebenarnya tidak memiliki kemampuan untuk melarutkan ion-ion penyusun kesadahan yang banyak terikat didalam tanah dan batuan kapur "limestone", meskipun memiliki kadar karbondioksida yang relative tinggi. Larutan ion-ion yang dapat meningkatkan nilai kesadahan tersebut lebih banyak disebabkan oleh aktivitas bakteri di dalam tanah, yang banyak mengeluarkan karbondioksida. Perairan dengan nilai kesadahan tinggi pada umumnya merupakan perairan yang berada di wilayah yang memiliki tanah pucuk "top soil" tebal dan batuan kapur.

Kesadahan pada dasarnya menggambarkan kandungan Ca^{2+} , Mg^{2+} dan ion-ion logam polivalen lainnya seperti: Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} dan H^+ yang terlarut dalam air. Kation – kation tersebut terutama akan berikatan dengan anion bikarbonat, karbonat dan bila ada dengan sulfat. Tetapi karena hanya Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang biasa terdapat dalam perairan alami relative besar, sedangkan ion-ion logam lainnya ada dalam jumlah sedikit (dapat diabaikan), maka biasanya kesadahan dapat dianggap hanya menggambarkan kandungan Kalsium dan Magnesium yang terlarut dalam air. Tingkat kesadahan perairan dapat dilihat pada Tabel 2 (Hariyadi *et al.*, 1992). Effendi (2003), menyatakan bahwa kesadahan air berkaitan erat dengan kemampuan air untuk membentuk busa. Semakin besar kesadahan air, semakin sulit bagi sabun untuk membentuk busa karena terjadi presipitasi.

Tantalu (2008), menyatakan bahwa kandungan kesadahan dan makrozoobentos penyusunnya dapat dibagi menjadi;

1. Kesadahan (20-34 mg/l) dihuni oleh Argyronela, Baetidae, Bleparoceridae, Caenidae, Chironominae, Dixidae, Dysticidae, Platambus, Elmidae Larva, Ephrydidae, Glossosomatidae, Gyrinidae, Haplotaxidae, Heptagenidae, Hydrobidae, Hygrobidae,

Leptoceridae, Limnephilidae, Megaloptera, Muscidae, Noctuidae, Perlidae, Psephenidae, Tabanidae, dan Tipulidae.

2. Kesadahan (20-40 mg/l) dihuni oleh Argyroneta, Baetidae, Ceratopogonidae, Coleoptera sp, Dysticidae, Ephrydidae, Gerridae, Hemiptera sp, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Lepidostomidae, Libellulidae, Lumbriculidae, Noctuidae, Orthocladinae, Planorbidae, Porifera, Psychimidae, Simuliidae, Tanypodinae, dan Tricladida.

Tabel 2. Tingkat Kesadahan Perairan

Kesadahan	Tingkatan
0 – 75 ppm	Rendah (<i>soft</i>)
75 – 150 ppm	Moderat (<i>moderately hard</i>)
150 – 300 ppm	Sadah (<i>hard</i>)
300 ppm	Sangat sadah (<i>very hard</i>)

2.3.8 Amonia

Gufran *et al.*, (2007), menyatakan bahwa didalam air ammonia terdapat dalam 2 bentuk, yaitu NH_4^+ atau biasa disebut ionized Ammonia (IA) yang kurang beracun dan NH_3 atau Unionized Ammonia (UIA) yang beracun. Kedua bentuk ammonia tersebut di dalam air berada dalam keseimbangan seperti terlihat ada reaksi berikut; $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4 + \text{OH}^-$.

Amonia berada dalam air karena pemupukan kotoran ikan/udang dan hasil kegiatan jasad renik di dalam pembusukan bahan organik yang kaya akan nitrogen (protein). Jika pH air tinggi, daya racun ammonia meningkat sebab sebagian besar ammonia berada dalam bentuk NH_3 , sedangkan ammonia dalam bentuk molekul dapat menembus bagian membrane sel lebih cepat dari pada ion NH_4^+ . Daya racun akan semakin meningkat pada suhu yang lebih tinggi, salinitas rendah dan kesadahan rendah. Tabel 3 disajikan persentase total ammonia dalam hubungannya dengan pH dan suhu. Pengaruh langsung dari kadar ammonia tinggi yang belum mematikan ialah rusaknya jaringan insang, dimana lempeng insang membengkak sehingga fungsinya sebagai alat pernapasan akan terganggu. Sebagai akibat lanjut maka dalam keadaan kronis organisme air tidak lagi hidup normal.

Konsentrasi ammonia di dalam sungai akan semakin berkurang bila semakin jauh dari titik pembuangan yang disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme didalam air. Mikroorganisme tersebut akan mengoksidasi ammonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat. Proses ini dikenal sebagai proses nitrifikasi (Barus, 2002). Barus (2002), menyatakan bahwa proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*; NH_4 (ammonia) + $\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$ (nitrit) dan selanjutnya nitrit oleh aktivitas bakteri dari kelompok *Nitrobacter* akan dioksidasi lebih lanjut menjadi nitrat; NO_2 (nitrit) + $\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ (nitrat). Sudaryanti (1997), menyatakan bahwa kandungan ammonium sebesar 1,0 mg/l menghambat daya serap hemoglobin terhadap oksigen yang dapat menyebabkan kematian organisme perairan.

Septiani (2011), menyatakan bahwa makrozoobentos yang ditemukan berdasarkan kandungan amoniannya adalah sebagai berikut;

1. Amonia (0,005 – 0,016 mg/l) ditemukan Baetidae, Hydropshicidae, Grapsidae, Caenidae, Simulidae, Planorbidae, Chironominae dan Orthocladine.
2. Amonia (0,07 – 0,14 mg/l) ditemukan Hydropshicidae, Thiaridae, Lymnaeidae dan Veliidae.

2.4 Penelitian Terdahulu Mengenai Makrozoobentos

Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai makrozoobentos yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. Penelitian Terdahulu Mengenai Makrozoobentos

Organisme	Sungai	Hasil	Referensi
Makrozoobentos	Sungai Musi	Tercemar berat	Zulkifli dan Doni,(2011)
Makrozoobentos	Sungai Batang	Tercemar sedang	Putraet al., (2014)
Makrozoobentos	Sungai Cisadane	Tercemar berat	Rahayu et al., (2015)
Makrozoobentos	Sungai Ranoyapo	Tercemar sedang	Marmita et al., (2013)
Makrozoobentos	Sungai Rungan	Tercemar sedang	Minggawati, (2013)
Makrozoobentos	Sungai Cantigi	Tercemar sedang hingga tercemar berat	Yunitawati et al., (2012)
Makrozoobentos	Sungai	Tercemar sedang hingga	Astrini et al.,

	Karanganyar	tercemar berat	(2014)
Makrozoobentos	Sungai Siak	Tidak tercemar hingga tercemar sedang	Fajri dan Kasry, (2013)