

**KUALITAS PERAIRAN DITINJAU DARI SIFAT FISIKA – KIMIA DAN BIOLOGIS SUNGAI TAPAK KELURAHAN TUGUREJO KOTA SEMARANG****Saeful Tio Fuazan¹⁾, Ary Susatyo Nugroho²⁾, Lussana Rossita Dewi³⁾**^{1,2,3} Progam Studi Pendidikan Biologi, FPMIPATI, Universitas PGRI Semarang.¹ Email : Saefultio10@gmail.com**INFO ARTIKEL**Diterima :
03-11-2025Direvisi :
06-11-2025Dipublikasi :
09-11-2025**ABSTRAK**

Abstrak – Sungai Tapak merupakan sungai yang terletak di Tugurejo Kota Semarang, sungai Tapak memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Dengan adanya beberapa aktivitas masyarakat di sekitar sungai Tapak seperti aktivitas nelayan, pabrik, dan pencemaran limbah rumah tangga yang menyebabkan sungai Tapak mengalami pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perairan sungai ditinjau dari sifat fisika, kimia dan makrozoobentos. Penelitian ini di laksanakan di Tugurejo, Semarang Selatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Purposive sampling* parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi suhu, kecerahan, kecepatan arus, pH, Fosfat, Nitrat, dan Makrozoobentos. Teknik pengumpulan data fisika dilakukan secara langsung di sungai Tapak, sedangkan untuk parameter kimia Phospat dan Nitrat diperoleh dari hasil uji Laboratorium. Dan untuk parameter makrozoobentos dianalisis menggunakan uji Shannon Wiener (H'). data yang di peroleh pada parameter fisika, suhu pada semua stasiun berkisar antara 24°C – 28°C. kecepatan arus pada semua stasiun berkisar antara 0,44-1,55. Intensitas cahaya pada semua stasiun 103Cd – 849 Cd, untuk parameter kimia nitrat , Phospat dan pH pada semua stasiun berkisar antara 1,8 – 28,1 pada Nitrat, Phospat 1,56 PO₄ – 3,04 PO₄, dan untuk pH 6 -7,8 dari hasil penelitian ini diketahui kualitas perairan sungai Tapak mengalami pencemaran yang menyebabkan menurunnya jumlah keanekaragaman dari makrozoobentos.

Kata Kunci : Parameter Fisika, Kimia dan Biologis.

PENDAHULUAN

Sungai mempunyai peranan yang sangat penting bagi masyarakat. Berbagai aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri dan rumah tangga menyebabkan menurunnya 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 (Sri, 2010). Sungai Tapak merupakan sungai yang terletak di Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang, Jawa Tengah Indonesia. Sungai Tapak memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, Terutama bagi para nelayan dukuh Tapak, karena sungai ini digunakan sebagai tempat bersandar perahu para nelayan dan sebagai akses para nelayan menuju ke lepas pantai utara.

Adanya beberapa aktivitas masyarakat di sekitar sungai Tapak seperti aktivitas nelayan, mencuci, mandi, aktivitas pabrik, serta aktivitas membuang air besar dan kecil secara langsung dan tidak langsung menyebabkan perubahan kualitas lingkungan di perairan tersebut. Rata-rata aktivitas masyarakat disana menggunakan sabun mandi dan peralatan mencuci yang memiliki potensi mengandung senyawa-senyawa kimia yang berpengaruh terhadap kualitas air. Kehidupan organisme air sangat ditentukan oleh kualitas perairan. Apabila sungai tidak dijaga dengan baik maka akan menimbulkan pencemaran air dan kerusakan lingkungan di sekitarnya (Effendi, 2003). Ekosistem perairan di daratan secara umum dibagi menjadi dua yaitu

perairan mengalir atau juga disebut dengan perairan lotik dan perairan menggenang atau disebut juga perairan lentik. Sungai merupakan perairan terbuka yang mengalir (lotik) yang mendapat masukan dari buangan berbagai kegiatan manusia di daerah pemukiman, pertanian, dan industri di daerah sekitarnya. Masukan buangan ke dalam sungai akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor fisika, kimia, dan biologi di dalam perairan sehingga mengganggu lingkungan perairan (Sanita, 2001). Berdasarkan pengamatan secara langsung sungai ini memiliki sumber air yang mengalir (Lotik). Sumber mata air ini menjadi salah satu sumber utama bagi kehidupan masyarakat. Selain itu memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari masyarakat di sekitar sungai. Sumber air untuk tambak ikan Bandeng, sumber air untuk mencuci dan juga sumber air untuk mengaliri ladang apabila musim kemarau. Adanya aktivitas masyarakat diduga dapat memberi dampak negatif terhadap organisme yang berada di dalam perairan dan masyarakat di sekitar sungai. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan di sepanjang aliran sungai Tapak, perairan sungai Tapak telah mengalami

peningkatan kekeruhan, padatan tersuspensi, kadar nitrat, dan amoniak, sulfida, fosfat, dan logam berat. Parameter pH air dan kandungan oksigen terlarut yang nilainya tidak sesuai baku mutu. (Effendi, 2007). Keberadaan bahan pencemar tersebut menyebabkan penurunan kualitas perairan sungai Tapak, karena adanya akumulasi bahan-bahan pencemar yang bersumber dari aliran sungai Tapak ke muara (eustaria). Hal ini di khawatirkan dapat menimbulkan kerusakan yang lebih parah terhadap ekosistem yang terdapat di perairan sungai Tapak, diantaranya penurunan kualitas perairan sungai Tapak, yang tidak sesuai lagi dengan peruntukannya (sumber air aku air minum dan perikanan, serta hilangnya keanekaragaman hayati khususnya spesies perairan seperti makrozoobentos. Dampak yang timbul tidak hanya dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis tetapi juga dapat merugikan secara ekologis berupa penurunan produktivitas hayati perairan dan keanekaragaman sumber daya hayati. Hanya saja informasi mengenai aspek ekologis perairan sungai Tapak masih kurang, sehingga diperlukan suatu kajian untuk mengetahui aspek abiotic (parameter fisika dan kimia air) dan

biotik (organisme plankton dan benthos) perairan sungai Tapak

MATERIAL DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 15 – 20 November 2019 di Perairan Sungai Tapak, kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. Uji parameter fisika dan kimia dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Ikan Dan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah kualitas perairan yang dilihat dari parameter fisika, kimia dan biologis (makrozoobentos) yang berada di Sungai Tapak. Parameter fisika meliputi : suhu, kecepatan arus, kekeruhan, dan jenis substrat. Parameter kimia meliputi pH, Nitrat, dan Phospat. Adapun parameter biologis meliputi makrozoobenthos yang ditemukan di Sungai.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan meliputi GPS untuk menentukan lokasi, alat tulis dan kamera untuk pencatatan dan dokumentasi, Ekman Grab untuk mengambil makrozoobentos dan sedimen, mikroskop untuk pengamatan, stopwatch, turbidimeter, termometer,

dan pH meter untuk pengukuran parameter perairan. Botol sampel, ayakan (sieve net), coolbox, baki, dan pinset digunakan dalam pengumpulan serta penyimpanan sampel. Bahan yang digunakan meliputi alkohol 70% sebagai pengawet, aquades untuk sterilisasi alat, kertas label untuk penanda, dan kantong sampel untuk penyimpanan sedimen.

Prosedur Penelitian

Suhu diukur dengan mencelupkan termometer digital ke air ± 10 cm di bawah permukaan hingga stabil, dicatat tiga kali, lalu dirata-rata. Kecepatan arus diukur dengan current meter atau pelampung; jarak dan waktu dicatat, lalu dihitung $v = L/t \times 0,8$ untuk kecepatan rata-rata. Air dimasukkan ke kuvet dan diukur dengan turbidimeter terkalibrasi, hasil dibaca dalam NTU, diulang tiga kali, dan dirata-rata. Substrat diamati secara visual untuk menentukan persentase batu, kerikil, pasir, dan lumpur yang dominan.

pH diukur dengan pH meter terkalibrasi (pH 4, 7, 10), sensor dicelupkan ke air hingga stabil, lalu nilainya dicatat. Untuk mengukur kandungan Nitrat, sampel air dianalisis spektrofotometrik dengan reagen brucine atau reduksi kadmium, hasil dibaca sebagai konsentrasi nitrat

(mg/L). Untuk mengukur fosfat, sampel direaksikan dengan reagen molibdat dan asam askorbat, diukur dengan spektrofotometer 880 nm, hasil dinyatakan sebagai fosfat (mg/L).

Sampel makrozoobenthos diambil menggunakan Ekman grab dengan menurunkan alat secara vertikal hingga dasar perairan, kemudian menjepit sedimen dan mengangkatnya perlahan. Sedimen disaring menggunakan saringan sieve net berukuran 0,5 mm untuk memisahkan organisme, lalu residu yang mengandung makrozoobenthos diawetkan dalam alkohol 70% untuk analisis laboratorium.

Analisis dan Interpretasi Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode *Purposive sampling*, pengambilan sampel perairan menggunakan *Purposive sampling*. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer penelitian ini meliputi; data pengukuran parameter fisika, kimia, biologis (makrozoobentos) dan data hasil wawancara. Data sekunder penelitian ini meliputi; data kondisi umum sungai, dan data demografi. Pengolahan data kandungan nitrat dan

fosfat diperoleh dari hasil laboratorium. Kemudian data yang dianalisis disajikan dalam bentuk tabel dan narasi untuk membahas mengenai hasil penelitian. Data hasil laboratorium mengenai kadar nitrat dan fosfat pada setiap sampel dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji laboratorium parameter fisika dan kimia perairan sungai Tapak kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 01. **Kondisi Fisika Perairan Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang**

Parameter	Stasiun			
	I	II	III	IV
Suhu (oC)	24-25,5°C	25-26,1°C	24-25,3°C	26-28°C
Kecepatan Arus (m/s)	0,50– 1,55	0,61-1,52	0,61-1,52	0,44-1,50
Kekeruhan (NTU)	41,9 – 42,5	37 – 46,2	45,7- 47,1	45-46,3
Jenis Substrat	Batu Lumpur Tanah liat	Batu Lumpur Tanah liat	Batu Lumpur Tanah liat	Batu Lumpur Tanah liat

Tabel 02. **Hasil Pengukuran Parameter Kimia Sungai Tapak**

Parameter	Stasiun			
	I	II	III	IV
pH	7-7,5	6,5-7,8	6-7,3	6,4-7,5
Nitrat (m/l)	28,18 - 36,28	2,38 - 3,62	2,59 - 4,83	12,87 - 20,31
Phosphat (m/l)	2,47 - 2,74	1,70 - 3,04	1,56 - 1,79	2,05 - 2,66

Tabel 03. **Jumlah Spesies per stasiun di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang**

No	Nama Spesies	Stasiun			
		I	II	III	IV
1	<i>Peratbelphusa convexa</i>	2	-	1	1
2	<i>Pilla polita</i>	-	4	3	2
3	<i>Progonomphus</i> sp.	3	5	2	3
4	<i>Filopaludina javanica</i>	1	-	-	2
5	<i>Melanoides tuberculata</i>	2	6	3	2
6	<i>Lymnaea rubiginosa</i>	1	-	-	1
7	<i>Penaes merguensis</i>	-	5	5	11
Jumlah		9	20	14	22

Tabel 04. **Indeks keanekaragaman (H') Indeks Keseragaman, dan Indeks Dominasi Komunitas Makrozoobentos di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang**

No	Stasiun	Indeks		
		Keanekaragaman (H')	Kemerataan	Dominasi
1	Stasiun 1	0,333	0,942	0,87
2	Stasiun 2	0,032	0,990	0,79
3	Stasiun 3	0,187	0,945	0,82
4	Stasiun 4	0,270	0,968	0,89

Kualitas Perairan Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang

Sungai Tapak Kota Semarang berada di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu Kota Semarang. Memiliki lebar 18 M dan panjang 2979 M, sungai Tapak Semarang memiliki aliran sungai yang langsung bermuara laut Jawa, dengan berkembangnya beberapa industri di daerah tambakaji, yang merupakan hulu dari daerah aliran sungai (DAS) Tapak, serta belum optimalnya pengelolaan pembuangan limbah industri dan limbah rumah tangga, mengakibatkan penurunan kualitas air sungai Tapak. Pencemaran tersebut secara tidak langsung dapat mempengaruhi kualitas perairan sungai Tapak bagi warga sekitar yang tempat tinggalnya berada di pinggiran sungai Tapak Semarang. Kondisi pencemaran perairan sungai Tapak ini juga berdampak ke petani tambak yang terdapat di bagian muara sungai, yang selanjutnya akan mempengaruhi kualitas biota yang berada di dalam maupun di luar tambak (Martuti, Dkk., 2018).

Kondisi Fisika dan Kimia di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang

Kehidupan makrozoobentos dipengaruhi oleh kondisi kimia fisika perairan, baik fisika maupun kimia

perairan. Faktor fisika kimia sangat mempengaruhi kehidupan dan perkembangan makrozoobentos dalam suatu perairan. Kualitas perairan dikatakan baik apabila makrozoobentos tersebut dapat melakukan pertumbuhan dan perkembangan dengan baik. Faktor fisika kimia tersebut antara lain suhu, intensitas cahaya, pH, kecepatan arus, jenis substrat, Nitrat dan Phospat. Untuk lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut:

Suhu

Hasil penelitian parameter suhu pada setiap masing-masing stasiun terlihat penyebaran suhu yang hampir sama dari tabel 2. Terlihat sebaran suhu tertinggi pada setiap stasiun. Stasiun dengan suhu tertinggi yaitu berada di stasiun 4 yaitu 26-28°C sedangkan sebaran suhu terendah terjadi pada stasiun satu dan tiga yang berkisar antara 24 °C. Suhu dipengaruhi oleh faktor penyinaran sinar matahari dan proses dekomposisi yang terjadi pada setiap stasiun. Berdasarkan hasil pengukuran suhu air permukaan selama pengamatan yang dilakukan, suhu permukaan air sungai pada stasiun 4 yaitu berkisar antara 26- 28°C. Suhu terendah terletak pada stasiun 1 dan 3. Sedangkan suhu tertinggi terletak pada stasiun 4 titik ke 2. Tingginya intensitas penyinaran

matahari, menyebabkan tingginya tingkat penyerapan panas kedalam perairan. Kondisi kisaran suhu perairan pada stasiun 4 sudah melebihi baku mutu batas normal bagi kehidupan organisme perairan. Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam proses kehidupan dan penyebaran organisme, (Wijayanti, 2015). Kaidah umum menyebutkan bahwa reaksi kimia dan biologi air akan meningkat 2 kali lipat pada kenaikan temperatur 10 °C selain itu suhu juga berpengaruh terhadap penyebaran dan komposisi organisme. Kisaran suhu yang baik bagi kehidupan organisme perairan adalah antara 18 – 30 °C. Apabila dibandingkan dengan baku mutu peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001, pada pengamatan stasiun 1 - 4 sesuai dengan baku mutu sehingga perairan ini sesuai untuk pengairan tanaman dan budidaya perikanan. B. Kecepatan arus Dari hasil penelitian kecepatan arus pada sungai Tapak kecamatan Tugurejo Kota semrang di peroleh kecepatan arus yang berbeda dari masing – masing stasiun kecepatan arus pada setiap stasiun sangat di pengaruhi oleh angin dan pergerakan pasang air sungai dan juga susbtrat dasar atau kemiringan tanah di sekitaran sungai kecepatan arus yang di peroleh

pada stasiun 1 yaitu 0,50-1,55 m/s. Pada stasiun 1 berada pada sekitaran pemukiman warga atau biasanya tempat warga beraktifitas yang kecepatan arusnya relatif cepat. Pada stasiun 2 didapat kecepatan arus 0,61-1,52 m/s pada stasiun 2 kecepatan arus relatif sama dengan stasiun 1, pada stasiun 3 kecepatan arusnya yaitu 0,61- 5,52 m/s dimana pada stasiun 3 terdapat perahu para nelayan yang di parkirkan sekitaran sungai dan pada stasiun 3 ini kecepatan arusnya tidak sederas di stasiun 1 dan 2 di karenakan kecepatan arus terganggu oleh adanya perahu pera nelayan. Pada stasiun 4 berada pada hilir sungai atau langsung bermuara ke laut kecepatan arus pada stasiun 4 yaitu 0,44 – 1,50 m/s. Arus yang diperoleh dari hasil penelitian memiliki kecepatan yang berbeda- beda. Arus sangat diperlukan bagi perairan sungai karena sebagai suplai oksigen untuk oragnisme di perairan juga dapat mendatangkan makanan seperti fitoplankton, di samping itu juga untuk membersihkan endapan – endapan seperti limbah-limbah rumah tangga dan limbah pabrik.

Substrat dasar

Substrat dasar berkaitan erat dengan fraksi butiran sedimen. Stasiun 1 dan II lebih didominasi oleh substrat

berupa lumpur dan tanah liat dengan persentase lumpur dan tanah liat 70 % - 80 %. Sedangkan pada stasiun 3 berupa pasir berlumpur dengan persentase sedimen pasir sebanyak 65 % dan fraksi lumpur berkisar antara 20 % dan pada stasiun 4 berupa pasir dan tanah liat dengan persentase pasir sebanyak 70 % dan batu – batuan kecil sebesar 35 %. Secara keseluruhan (visual) tekstur sedimen di perairan sungai Tapak kota semarang selama penelitian digolongkan ke dalam jenis lumpur berlempung dan berbatu. Selama proses penelitian, kecepatan arus di perairan sungai Tapak Semarang memiliki kecepatan arus sedang hingga lambat, sehingga sebagian besar daerah di sekitar perairan sungai Tapak Semarang didominasi oleh substrat berlumpur. Hal ini diperkuat oleh pendapat Nybakken (1982) bahwa pada muara dengan arus yang lemah jenis substratnya adalah lumpur dan tanah liat. Apabila arusnya kuat akan banyak ditemui substrat berpasir karena hanya dengan partikel yang berukuran besar lebih cepat mengendap dari pada partikel yang berukuran lebih kecil.

Kekeruhan

Tingginya nilai kekeruhan dan warna perairan yang hitam dapat mengganggu kehidupan biota perairan, misalnya mengganggu penetrasi cahaya

matahari ke dalam perairan, sehingga menyebabkan terganggunya proses fotosintesis yang berperan dalam penyediaan oksigen di perairan. Kekeruhan juga dapat mengganggu pengelihan biota dalam mencari makanan, menutup saluran pernapasan sehingga biota air sulit bernapas kemudian dapat menyebabkan kematian (Aryo Sarjono, 2017). Hasil pengukuran nilai kekeruhan Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Tapak Semarang dapat di lihat pada gambar 3 yaitu pada stasiun pertama yaitu 41,9 – 42,5 NTU dan pada stasiun kedua 37 – 46,2 NTU. Pada stasiun ketiga 45,7 – 47,1 NTU. Dan pada stasiun ke empat 45-46,3, pengukuran dapat di lihat pada gambar 3. Berdasarkan hasil pengukuran kekeruhan air selama pengamatan yang di lakukan, kekeruhan perairan sungai Tapak Kota Semarang berkisar antara 37 – 47,1 NTU. Nilai kekeruhan terendah 37 NTU pada stasiun 2 sedangkan untuk nilai kekeruhan tertinggi berada pada stasiun 3 dengan nilai 47,1 NTU. Baku mutu kadar kekeruhan untuk kualitas air kelas 1 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomer 82 Tahun 2001 (Pemerintah Republik Indonesia 2001) adalah sebesar < 50 NTU. Kandungan kekeruhan di sungai Tapak Kecamatan

Tugurejo Kota Semarang memenuhi baku mutu kualitas perairan.

pH

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasamaan atau kebasaan suatu perairan perairan dengan nilai pH 7 adalah netral, $\text{pH} < 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Terlihat pada Tabel 2 adanya perbedaan nilai pH perairan pada stasiun pertama dengan stasiun pengamatan lainnya. Pada stasiun pertama kondisi nilai pH perairannya sebesar 7,0 dan 7,5. Pada stasiun pengamatan kedua 6,5 dan 7,8 sedangkan stasiun ketiga 6,0 dan 7, dan pada stasiun keempat 6,4 dan 7,5 pada gambar 2. Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH perairan sungai Tapak Semarang menunjukkan nilai pH perairan kisaran 6 – 7,8. Nilai terendah terletak pada stasiun ketiga pada titik pertama yaitu 6 sedangkan pH yang tertinggi berada pada stasiun 1 dan 2. Hal ini menunjukkan bahwa perairan sungai Tapak Semarang cenderung bersifat asam. Hal ini disebabkan karena karena di sekitar sungai Tapak masih terdapat tambak ikan yang memiliki derajat

keasamaan yang cukup tinggi. Semakin kemuar sungai semakin banyak tambak daerah tambak ikan warga dan persawahan, sehingga air yang masuk dari anak sungai menuju sungai Tapak masih memiliki nilai derajat keasamaan yang cukup tinggi. Secara umum berdasarkan pengukuran pada setiap pengamatan dan berdasarkan perhitungan nilai derajat keasamannya maka perairan sungai Tapak Semarang tergolong kedalam kategori layak, baik bagi organisme perairan di dalamnya maupun untuk kegiatan sektor ikan lainnya. Berdasarkan kisaran tersebut dapat disimpulkan bahwa, kondisi perairan sungai Tapak Kota Kecamatan Tugurejo Kota Semarang berdasarkan peraturan pemerintah Nomer 82 Tahun 2001 (Pemerintah Republik Indonesia, 2001) adalah sebesar 6 -7,8 kandungan pH di sungai Tapak Kecamatan Tugurejo Kota Semarang Memenuhi baku mutu.

Nitrat

Penentuan kualitas perairan sungai Tapak kecamatan Tugurejo kota Semarang dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, yaitu peraturan pemerintah No 82 Tahun 2001, tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian

pencemaran air, nilai baku mutu yang digunakan adalah kelas 1 yang diharapkan sungai Tapak kecamatan Tugurejo kota Semarang bagian hulu atau bagian yang berada pada stasiun pertama dapat digunakan sebagai sumber air minum, sedangkan untuk bagian hilir sungai pada stasiun keempat diharapkan mendekati baku mutu kelas 3 yang dapat digunakan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan air untuk mengairi persawahan. Nilai baku mutu Nitrat pada kelas 1 yaitu 10 mg/l dan untuk kelas 3 yaitu 20 mg/l. Nilai Nitrat pada perairan sungai Tapak Semarang melampaui baku mutu yang telah ditentukan. Konsentrasi nitrat rata-rata perairan sungai Tapak Semarang yaitu 2,38 – 28,18 mg/l. Sumber pencemaran hampir dari semua stasiun yang diamati adalah limbah domestik warga sekitar, dimana limbah domestik ini mengandung nitrogen yang berpengaruh dalam pembentukan nitrat. Sumber utama nitrogen dalam air adalah buangan domestik, air limbah industri kotoran hewan (ternak burung, mamalia dan ikan), pertanian dan emisi perahu para nelayan. Senyawa yang mengandung nitrogen berperan sebagai nutrisi dalam sungai, selain pengaruh dari limbah domestik dan juga limbah

industri. Konsentrasi nitrat pada perairan juga oleh perubahan iklim yang disertai perubahan suhu, kuantitas, dan distribusi hujan (Rao dkk, 2017). Nitrat merupakan elemen kunci dalam siklus nitrogen karena hubungan antara proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Korostyka *et al* 2012). Tingkat nitrat dalam air berfluktuasi menurut musim dan tingkat yang lebih tinggi juga terjadi setelah hujan lebat. Dampak utama dari nitrat pada badan air tawar adalah pemupukan tanaman dan gulma yang dapat menyebabkan kadar oksigen terlarut menjadi rendah (Ismail, 2012). Merian (2016) menyatakan bahwa sebelum menjadi nitrat, bentuk nitrat pertama kali adalah ammonia yang dioksidasi menjadi nitrit, kemudian menjadi nitrat. Nitrit merupakan hasil oksidasi dari ammonia dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* dan Nitrat merupakan hasil dari oksidasi Nitrit dengan bantuan bakteri *Nitrobacter*. Bakteri tersebut akan optimal melakukan proses nitrifikasi pada pH 7,0 – 7,3. Aktivitas nitrifikasi di dalam sungai akan menguras kadar oksigen terlarut sehingga menciptakan kondisi anaerobik (Dike, 2010). Ketika kondisi air mengandung banyak oksigen tidak akan berbahaya karena akan terjadi proses denitrifikasi yang akan membuat

konsentrasi nitrat rendah. Konsentrasi nitrat rendah dikarenakan terjadinya proses denitrifikasi dimana nitrat melalui nitrit akan menghasilkan nitrogen bebas yang akhirnya kembali menjadi amoniak (Rahman, dkk, 2016).

Phospat

Konsentrasi fosfat rata-rata di perairan sungai Tapak Kecamatan Tugurejo Kota Semarang berada pada rentang 1,56 – 3,04 mg/l. Jika dibandingkan dengan baku mutu PP RI No. 82 Tahun 2001. Jika di lihat konsentrasi fosfat dari stasiun 1 sampai dengan stasiun 4 cenderung meningkat. Fosfat dapat ditemukan sebagai ion bebas dalam sistem air. Fosfat dapat berbentuk organik (fosfor yang terikat secara organik). Atau berbentuk anorganik (termasuk ortofosfat). Salah satu faktor yang dapat menyebabkan kadar fosfat tinggi di perairan adalah karena adanya limbah domestik yang mengandung deterjen. Deterjen dapat meningkatkan kadar fosfat karena ion fosfat merupakan salah satu komposisi penyusun deterjen (Tungka dkk, 2016). Masukan bahan pencemar deterjen ke dalam perairan, dapat menyebabkan pencemaran dalam perairan. Hal ini dapat dilihat melalui penelitian Dubinzy (2004) yang menyebutkan deterjen anionik yang mengandung

Linear Alkylbenzen Sulfonat (LAS) seperti *Sodium Dodecyl Sulfat* (SDS) menyebabkan perairan sungai Tapak mengalami penurunan kemampuan filtrasi, serta menurunkan kemampuan alga dalam melakukan fotosintesis. Keberadaan deterjen di perairan, walaupun dalam jumlah kecil dampak memberikan dampak negatife bagi ikan dan mikroorganisme perairan (Satrawijaya, 2009). Kandungan fosfat dalam perairan tidak berdampak langsung kepada manusia ataupun hewan, tetapi jika dikonsumsi terus menerus akan berdampak kepada masalah pencernaan (Ismail, 2011). Jika dilihat pada Tabel 2, di setiap titik pengambilan sampel terdapat sumber pencemar domestik. Limbah domestik pada umumnya mengandung detergen karena pada setiap rumah terdapat kegiatan mencuci. Setiap senyawa fosfat dalam air terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Fosfat terlarut adalah salah satu bahan nutrisi yang memicu pertumbuhan yang sangat luar biasa pada alga dan rumput-rumputan dalam danau, estuaria, dan sungai berair tenang (Utomo dkk, 2018). Peningkatan konsentrasi fosfat dalam perairan telah dikaitkan dengan peningkatan laju pertumbuhan tanaman,

perubahan komposisi biota air dan kandungan alga planktonik dalam perairan menghasilkan naungan tumbuhan yang lebih tinggi (Chapman, 1996). Dalam penelitian ini bahwa kadar Fosfat di sungai Tapak kecamatan Tugurejo Kota Semarang cenderung lebih normal dibandingkan dengan Nitrat yang mengalami kepekatan tinggi hal ini dikarenakan perilaku phospat di perairan dangkal. Phospat dapat cepat larut teradsorpsi di permukaan lumpur dan masuk kembali kedalam perairan (Onwugubuta, 2015).

Kualitas air dan makrozoobentos di Sungai Tapak Semarang

Stasiun 1

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada stasiun 1 (Tabel 3). Ditemukan makrozoobentos 5 yaitu *Peratelpuspa convexa*, *Progonophus* sp., *Filopaludina javanica*, *Melanoides tuberculata*, *Lymnae rubiginosa*. Jumlah total individu stasiun 1 sebanyak 9 individu, dari 5 spesies yang berbeda. Pada stasiun 1 terdiri 2 spesies kelas *Crustacea*, 3 spesies dari kelas *Insecta*, 2 spesies dari kelas *Gastropoda*. Pada stasiun paling banyak dijumpai dari kelas *Insecta* karena pada kelas *Insecta* memiliki daya adaptasi yang sangat baik di berbagai substrat dibandingkan kelas lain. *Insecta* memiliki penyebaran yang luas pada

berbagai tempat dan memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengakumulasi bahan-bahan tercemar tanpa mati terbunuh (Fitriani, 2006). Kelas *Insecta* juga suka hinggap pada tanaman alga yang ada di dalam perairan dan sering di jumpai pada air yang berlumpur atau mempunyai air yang hijau agak kekeruhan. Nilai Indeks Keanekaragaman pada stasiun 1 (Tabel 4), merupakan nilai yang tertinggi dibandingkan stasiun lainnya. Nilai tersebut menandakan bahwa kualitas air pada stasiun 1 tergolong tercemar (Sulistyo, 2008). Nilai indeks keanekaragaman yang berkisar 1,5 – 2,0 menandakan kualitas perairan tergolong kedalam perairan tercemar. Ditemukannya spesies makrozoobentos jenis *Melanoides tuberculata* menandakan bahwa suatu perairan sudah mengalami pencemaran. Pada stasiun 1 (Tabel 4) masih dalam keadaan tercemar ringan. Kelas *Insecta* merupakan kelompok makrozoobentos hanya dijumpai pada perairan yang keruh dan tercemar ringan (Zulkifli, 2013).

Indeks Keanekaragaman stasiun 1 yakni 0,333 merupakan tertinggi dibandingkan stasiun lainnya. Jumlah spesies dan jumlah individu stasiun 1 lebih sedikit dibandingkan 2,3 dan 4. Keanekaragaman jenis menyatakan

suatu ukuran yang menggambarkan variasi jenis dari suatu komunitas yang dipengaruhi oleh jumlah spesies. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman spesies yang tinggi apabila terdapat banyak terdapat spesies dengan jumlah individu relatif merata (Odum,1993). Nilai Indeks Kemerataan stasiun 1 (Tabel 4), sebesar 0,942 menunjukkan bahwa keseragaman makrozoobentos pada stasiun 1 termasuk masih dalam kategori rendah karena masih berkisar $0,6 \geq K \leq 1,0$ (Taqwa, 2014). Suatu jenis makrozoobentos mempunyai jenis keseragaman yang rendah apabila suatu jenis memiliki tingkat kesetabilan yang tinggi mempunyai kesetabilan yang rendah, untuk mempertahankan kelestariannya. Semakin tinggi indeks keseragaman maka keanekaragaman jenis dalam suatu komunitas akan terpengaruhi dari tingkat keanekaragaman semakin rendah (Odum,1993). Nilai Indeks dominasi (Tabel 4), pada stasiun 1 yakni 0,87 menunjukkan bahwa makrozoobentos pada stasiun 1 termasuk ke dalam kategori rendah, dan persebaran makrozoobentosnya tidak merata karena tidak ada spesies yang mendominasi (Purba et al, 2015).

Stasiun 2

Pada Stasiun 2 (Tabel 3), ditemukan spesies makrozoobentos terdiri dari *Pilla polita*, *Progympbus sp*, *Melanodites tubercata*, dan *Penaeus marguensis* jumlah total individu yang terdapat pada stasiun 2 yaitu 20 spesies dari 4 spesies yang berbeda. Terdiri dari 9 kelas *Insecta*, 6 kelas *Gastropoda*, dan 5 kelas dari *Crustacea*. Pada stasiun 2 kelas terbanyak di dominasi oleh kelas *Insecta* karena pada kelas *Insecta* memiliki kemampuan yang tinggi dalam daya adaptasi yang baik dalam berbagai substrat dibandingkan kelas lain. Kelas *Insecta* memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengakumulasi bahan-bahan tercemar tanpa mati terbunuh (Isnainingsih, 2011). Selain kelas *Insecta* kelas *Gastropoda* juga mendominasi karena kelas *Gastropoda* memiliki daya toleransi yang tinggi terhadap lingkungan dan memiliki kisaran hidup yang luas dari habitat yang berlumpur dan tercemar sampai habitat air yang bersih (Dwi,2011). Indeks Keanekaragaman stasiun 2 relatif tinggi dibandingkan stasiun 1 dan 3, dilihat dari jumlah spesies dan jumlah total stasiun 2 merupakan yang tertinggi setelah stasiun 4. Menurut Odum (1993), menyatakan keanekaragaman jenis dipengaruhi oleh pembagian atau penyebaran individu dalam setiap

spesiesnya, karena pada suatu komunitas walaupun banyak jenisnya tetapi bila penyebarannya individunya tidak merata maka komunitas tersebut mempunyai keanekaragaman yang rendah. Indeks Keanekaragaman Shanon-Winner (H') Stasiun 2 (Tabel 4), yaitu 0,032 hal ini menunjukkan bahwa kualitas perairan di stasiun 2 tergolong perairan yang tercemar ringan. Menurut Facrul (2007), nilai indeks dari keanekaragaman yang berkisar 1,5 – 2,0 kualitas suatu perairan tergolong kedalam perairan yang tercemar secara ringan. Pada stasiun 2 banyak ditemukan makrozoobentos yaitu jenis *Melanodites tubercata* dan *Progamphus* sp. Spesies ini menandakan bahwa bahwa perairan ini tergolong ke dalam perairan yang tercemar limbah rumah tangga dan limbah pertanian (Odum, 1993). Rendahnya nilai dari keanekaragaman pada stasiun 2 disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan dan hal ini menandakan bahwa di stasiun 2 tekanan ekosistemnya cukup stabil. Selain itu hal ini dipengaruhi oleh sumber makanan. Kompetisi antar dan intra antar spesies, dan juga gangguan kondisi dari lingkungan, membuat spesies yang mempunyai daya toleransi yang tinggi yang mampu bertahan hidup

sedangkan yang tak mampu untuk bertahan hidup jumlahnya akan menurun (Fitriani, 2009). Rendahnya indeks dari keanekaragaman disebabkan adanya perubahan kondisi lingkungan dan menandakan bahwa lokasi tersebut mempunyai tekanan ekologi yang tinggi dan perairan di sekitar stasiun 2 ekosistemnya tidak stabil. Indeks Kemerataan pada stasiun 2 (Tabel 4), yaitu 0,990 merupakan kepadatan yang hampir sama dengan stasiun lainya, jika indeks keseragaman $0,4 \leq K \leq 0,6$ maka ekosistem tersebut dalam keadaan kurang stabil dan juga memiliki pemerataan yang sedang (Zulkifli, 2005). Spesies yang mendominasi yaitu *Melanodites tubercata*. Indeks dominasi stasiun 2 (Tabel 4), yaitu 0,79 menunjukkan bahwa Indeks Dominasi pada stasiun 2 termasuk kedalam Indeks Dominasi yang tinggi di bandingkan stasiun 1 dan juga stasiun 3 karena adanya spesies yang mendominasi pada stasiun 2 yaitu *Melanodites tubercata*, *Progamphus* sp. dan *Penaeus merguensis*. Kondisi lingkungan pada perairan stasiun 2 mendukung karena terdapatnya kandungan substrat organik, substrat ini membuat *Melanoides tubercata*, *Progamphus* sp., dan *Penaeus merguensis* dapat berkembang biak secara maksimal.

Stasiun 3

Spesies makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 3 (Tabel 4), sebanyak 5 spesies dengan jumlah 14 individu, spesies yang di temukan pada stasiun 3 yaitu *Parathelphusa convexa*, *Pilla polita*, *Progamphus* sp., *Melanoides tuberculata*, dan *Penaeus merguensis*. Pada stasiun 3 (Tabel 3), kelas *Crustacea* yang lebih banyak mendominasi dibandingkan kelas lainya, banyaknya kelas *Crustacea* ini karena kondisi lingkungan yang mendukung pada stasiun 3, hal ini membuat kelas *Crustacea* dapat hidup dan berkembangbiak dengan cukup baik. Menurut Huctison (2016), *Crustacea* merupakan hewan yang dapat hidup dan berkembang biak dengan baik pada berbagai jenis substrat yang mempunyai ketersediaan makanan yang melimpah, selain *Penaeus merguensis* spesies yang cukup mendominasi pada stasiun 3 adalah *Pilla polita* dan *Melanoides tuberculata* hal ini membuktikan bahwa pada stasiun 3 spesies tersebut mempunyai kisaran toleransi yang cukup luas terhadap perubahan lingkungan. Pada stasiun 3 (Tabel 3) tidak ditemukan spesies makrozoobentos jenis *Progamphus* sp., hal ini menandakan spesies tersebut termasuk bentos dengan jenis intoleran,

atau memiliki kisaran toleransi yang sempit terhadap pencemaran. Setiawan (2010), menyatakan adanya perbedaan jumlah spesies ini dapat disebabkan karena perbedaan pengaruh bahan organik dan adanya perubahan kondisi lingkungan. Faktor yang mempengaruhi komposisi *Parathelphusa convexa* dalam jumlah sedikit karena spesies ini memiliki pergerakan atau mobilitasnya yang tinggi, hal ini sesuai dengan pernyataan Taqwa *et al* (2015) yang menyebutkan sebagian besar anggota *Crustacea* memiliki pergerakan atau mobilitas yang tinggi untuk menyembunyi diri dari lubang maupun bebatuan.

Nilai Indeks Keanekaragaman stasiun 3 yakni 0.187 termasuk tinggi dan kondisi perairan tergolong tercemar ringan. Menurut Lee *et al* (1975) dalam Fachrul (2008), nilai Indeks Keanekaragaman berkisar 1,5-2,0 menandakan kualitas perairan tergolong kedalam perairan yang tercemar. Adanya makrozoobentos jenis *Melanoides tuberculata*, *Penaeus merguensis*, dan *Pilla polita* menandakan suatu perairan sudah mulai tercemar oleh limbah perairan. Menurut Zulkifli dan Doni (2013), adanya makrozoobentos jenis *Melanoides tuberculata*, *Penaeus merguensis*, dan *Pilla polita* menandakan

suatu perairan telah tercemar dan dipengaruhi oleh limbah pertanian dan limbah pabrik dan limbah rumah tangga di sekitar yang mengalir di sungai Tapak. Faktor-faktor yang mempengaruhi keanekaragaman diantaranya adalah substansi dasar, Fosfat dan Nitrat yang meningkat pada stasiun 3, kandungan nitrat yang meningkat pada stasiun 3. Menurut Afif *et al* (2015), keanekaragaman dipengaruhi kondisi lingkungan, yang erat dengan pencemaran karena masuknya limbah pertanian dan sisa bahan bakar perahu para nelayan pada stasiun 3 (Afif, 2015). Keanekaragaman dipengaruhi kondisi lingkungan terutama kandungan Fosfat dan Nitrat serta keberadaan sumber pencemar. Nilai Indeks Kemerataan stasiun 3 (Tabel 4) yaitu 0,945 menunjukkan keseragaman makrozoobentos pada stasiun 3 tinggi karena masih berkisar $0,6 \leq (K) \leq 1,0$ (Taqwa, 2015). Nilai Indeks Keseragaman berkisar antara 0-1 yang mana mendekati 0 menunjukkan adanya jumlah individu yang terkonsentrasi pada suatu atau beberapa spesies. Indeks yang mendekati 1 menggambarkan suatu keadaan dimana semua jenis spesies cukup melimpah. Nilai Indeks Dominasi Stasiun 3 (Tabel 4) yaitu 0,82 dimana termasuk ke dalam

Indeks Dominasi yang sedang dimana jumlah individu relatif sama tidak ada yang mendominasi, meskipun dijumpai jumlah individu tertentu yang lebih banyak seperti *Penaeus merguensis*. Dominasi tergantung pola penyebaran makrozoobentos, menurut Permana *et al* (2015), adanya indeks dominasi yang berbeda menunjukkan bahwa tidak semua makrozoobentos memiliki daya adaptasi dan kemampuan hidup yang sama pada suatu tempat, bergantung pada sifat fisika kimia suatu lingkungan seperti suhu, kecepatan arus, Oksigen, pH dan faktor pendukung lainnya. Bergantung faktor dispersal artinya suatu tempat mudah didatangi atau tidak ada rintangan/hambatan untuk mencapainya, adanya seleksi habitat, kompetisi, dan predasi.

Stasiun 4

Pada stasiun 4 (Tabel 3) ditemukan spesies makrozoobentos terdiri dari *Peratbelphuspa convexa*, *Pilla polita*, *Progumphus* sp., *Filopaludina javanica*, *Melanoides tuberculata*, *Lymnaea rubiginosa*, *Peneus marguensis*. Jumlah total individu stasiun 4 (Tabel 3) sebanyak 22 individu dari 7 spesies yang sama. Pada stasiun 4 terdiri dari 1 spesies *Peratbelphuspa convexa*, 2 spesies *Pilla polita*, 3 spesies *Progumphus* sp., 2 spesies *Filopaludina Javanica*, 2 spesies *Melanoides*

tuberculata. 1 spesies *Lymnaea rubiginosa*, dan 11 spesies *Penus marguensis*. Pada stasiun 4 jumlah spesies terbanyak di dominasi oleh spesies *Penus marguensis* dari kelas *Crustacea* karena pada kelas *Crustacea* memiliki daya adaptasi yang cukup baik di berbagai substrat di bandingkan kelas lain. Memiliki penyebaran yang luas pada substrat yang berbasir dan dasar bebatuan dan memiliki penyebaran yang luas pada berbagai tempat dan memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengakumulasi bahan-bahan yang tercemar tanpa harus mati terbunuh. Menurut Fitriani (2008), kelas *Crustacea* mempunyai kisaran hidup yang cukup luas dari habitat yang berlumpur sampai yang berpasir dari perairan bersih ke perairan yang keruh. Nilai Indeks Keanekaragaman stasiun 4 (Tabel 4), merupakan yang tertinggi dibandingkan stasiun lainnya, di lihat dari jumlah spesies dan jumlah total individu pada stasiun 4 merupakan tertinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Menurut Odum (1993), menyatakan keanekaragaman jenis di pengaruhi oleh pembagian atau penyebaran individu dalam tiap spesiesnya, karena suatu komunitas walaupun banyak jenisnya tetapi bila penyebaran individu tidak merata maka suatu komunitas tersebut

akan mempunyai keanekaragaman jenis yang rendah. Pada stasiun 4 (Tabel 4) Indeks Keanekaragaman Shanon-Winner (H') yaitu 0,270 hal ini menunjukkan bahwa kualitas perairan di stasiun 4 kedalam perairan yang tercemar ringan, menurut Fachrul (2008), tingginya nilai Indeks Keanekaragaman pada stasiun 4 menandakan pada stasiun 4 mempunyai cukup banyak kelimpahan sumber makanan, kompetisi antar intra spesies, dan gangguan kondisi lingkungan, sehingga hanya beberapa spesies yang mempunyai daya toleransi yang cukup tinggi yang akan mampu bertahan hidup sedangkan yang tak mampu bertahan hidup akan menurun jumlahnya. Menurut Fitriana (2008), rendah atau tingginya indeks keanekaragaman di pengaruhi perubahan kondisi lingkungan dan menandakan bahwa pada lokasi tersebut mempunyai tekanan ekologi yang tinggi dan suatu ekosistem tidak stabil. Nilai Indeks Kemerataan pada stasiun 4 (Tabel 4), merupakan yang tertinggi di bandingkan stasiun lainnya yaitu sebesar 0,968 termasuk ke dalam kepadatan yang tinggi (Toni, 2009), menyatakan jika Indeks Keseragaman 0,1 - 1,0 menandakan bahwa menandakan bahwa suatu ekosistem tersebut stabil

dan memiliki Indeks Keanekaragaman yang tinggi, adanya beberapa spesies yang mendominasi pada stasiun 4 yaitu *Peneus merguensis* kondisi lingkungan yang mendukung menyebabkan spesies ini paling banyak mendominasi pada stasiun 4. Nilai Indeks Dominasi pada stasiun 4 (Tabel 4), yaitu 0,89 dimana masuk ke dalam Indeks Dominasi yang tinggi dimana jumlah individu pada stasiun 4 relatif sama dan tidak ada yang mendominasi hampir dari 3 Class yang ada berada di stasiun 4 hal ini menunjukkan bahwa pada stasiun memiliki pencemaran air yang ringan yang menyebabkan dominasi setiap spesies berada pada stasiun 4.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hubungan antara parameter fisika dan kimia perairan sungai Tapak Tugurejo dengan baku mutu kualitas air berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 diperoleh hasil yang menyatakan bahwa perairan sungai Tapak Tugurejo Kota Semarang termasuk kedalam golongan kelas C dengan kondisi perairan yang tercemar sedang. Hasil analisis parameter biologis (makrozoobentos) menunjukkan perairan sungai Tapak Tugurejo mengalami pencemaran sedang, hal ini dibuktikan dengan adanya makrozoobentos jenis *Melanoides*

tuberculata, *Peneus merguensis* dan *Pilla Polita*.

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dengan kualitas perairan sungai Tapak ditinjau dari sifat fisika, Kimia dan Makrozoobentos terkait dengan perbandingan antara musim hujan dan musim kemarau apakah ada perbandingan terkait dengan daerah yang sudah tercemar dan belum, sehingga dapat dibandingkan dari kondisi perairan maupun keberadaan makrozoobentos di lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, Jamaludin, Sri Ngabekti, Tyas Agung Pribadi. 2014. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Ekosistem Mangrove Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Unnes journal of life Science*. 3(1):45-52.
- Ardi, 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Makalah Filsafat Sains. Progam Pasca Sarjana. Institut pertanian Bogor.
- Asmawi,S., 1986. Budidaya Perikanan dalam Keramba. Gramedia Jakarta.82 hal.
- Aziz, S. 1989. Sifat-sifat Fisik dan Kimiawi Perairan Estuari. *Pewarta Oseana*, 5 Dan 6 6; 4-7.
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar limnologi Studi Tentang Ekosistem Daratan*. Medan :USU press.
- Boyd, C E., 1982. *Water Quality*

- Management ind Pond for Aquature. Department Of Fisherries and Allied Aquacultures, Agriculture, Agricultural, Xperiment Station. Publishing Company inc. New York.550 PP.
- Effendi, H., 2003. Telaah kualitas Air bagi pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairaan. Kanisius Yogyakarta,190 hal.
- Efriyeldi, 2002. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Sekitar Budidaya perairan ikan kakap dalam keramba jaring apung. Berkala Perikanan Terumbuk 29(4);5-10.
- Fahrul, Melati Ferianita. 2007. Metode sampling Bioekologi. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Fitriana, Yulia Rahma. 2006. Keanekaragaman dan kemelimpahan Makrozoobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali, *Biodiversity* 7 (1):67-72.
- Hadiwigeno, 1990. Petunjuk Praktis pengelolaan perairan umum bagi pengembangan perikanan. Badan pengembangan Pertanian. Jakarta 80 hal. (tidak diterbitkan).
- Harahap. S., 1991. Tingkat Pencemaraan Perairaan Pelabuhan Tanjung Balai Karimun kepulauan Riau Di Tinjau Dari Komunitas Makrozoobenthos. Lembaga penelitian Universitas Riu, Pekanbaru.26 hal.
- Indriyanto, 2006. Ekologi Hutan. Jakarta : Bumi Akasara.
- Isnainingsih, N.R. ' dan Dwi A. Listiawan. 2010. Keong dan Kerang dari Sungai Sungai di Kawasan Karst Gunung Kidul. *Zoo Indonesia*. 20(1): 1-10.
- Jamaludin, Afif, Sri Ngabekti, Tyas Agung Pribadi. 2014. Keanekaragaman Makrobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Di Ekosistem Mangrove Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. Semarang : Universitas Diponegoro.1(1): 1-7.
- Kawuri, L. R., Mustofa, N. S., dan Suryanti. 2012. Kondisi Perairan Berdasarkan Bioindikator Makrobentos di Sungai Seketak Tembalang Kota Semarang. *Jurnal Of Management Of Aquatic Resource*. 1(1): 1-7.
- Khaeksi, Indraswari Putri., Haeruddin, dan Max Rudolf Muskananfolo. 2015. Status Pencemaran Sungai Plumbon Ditinjau dari Aspek Total Padatan Tersuspensi dan Struktur Komunitas Makrozoobentos. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 4 (3):1-10.
- Kinanti, T. E, Siti, R dan Frida, P. 2014. Kualitas Perairan Sungai Brengi Kabupaten Pekalongan Ditinjau Dari Faktor Fisika-Kimia Sedimen Dan Kelimpahan Hewan Makrobentos. *Diponegoro Journal Of Maquares* 3(1): 160-167.
- Mahida, U.N.1984. Pencemaraan air dan pemanfaatan limbah Industri. Diterjemahkan Oleh G.A Tiocoalu. Rajawali, Jakarta.
- Maryono, A. 2005. *Ecological Hydraulics of River Development*. Edisi Kedua. Yogyakarta : UGM
- MENLH., 2004. Keputusan Menteri Negara dan Lingkungan Hidup; Kep No 51/MENLH/2004. Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut. Kantor Negara Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta.10 hal.
- Michael, P. 1995. Metode Ekologi

- Untuk Penyelidikan Ladang dan Laboratorium. UI Press. Jakarta.
- Muharram, E., 2008. Struktur Komunitas Makrozoobenthos dan kaitanya dengan Sedimen perairan Muara Sungai Siak. Sekripsi, Fakultas Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru, 74 hal (tidak diterbitkan).
- Mulia, R.M. 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Mushthofa, Aqil, M. R. Muskonanfolo. 2014. Analisis Struktur Komunitas Makrozobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. Semarang : Univesits Diponegoro. *Jurnal of Management of Aquatic Resources*. Vol 3 (1) : 81-88.
- Nangin, S. R. Marnix L. Deidy Y. 2015. Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis Dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. Manado : FPMIPA UNSRAT. *Jurnal MIPA UNSRAT Online* 4(2)165-168.
- Nurdin, S., 1999. Kumpulan Bahan Pelatihan Sampling Kualitas Air Di Perairan Umum. Laboratorium Fisiologi Lingkungan, Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan. Universitas Riau, Pekanbaru 131 hal (tidak disebutkan).
- Nybakken, J. W., 1988. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan Oleh M. Eidaman, Koeseobiono, D.G Bangen., M Hutomo dan S. Sukardjo. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 2959 hal.
- Odum, E.P. 1993. Dasar-dasar Ekologi Umum. Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gajahmada university Press. Yogyakarta. 574 hal.
- Poernomo, M.A. dan Hanafi., 1982. Analisa Kualitas Air Untuk keperluan Perikanan An. Laboratorium Kimia Balai Penelitian Perikanan Darat, Bogor. 49 Hal (tidak diterbitkan)
- Purba, S. 2011. Kualitas Perairan dan Struktur Komunitas Plankton Di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Sekripsi, Fakultas perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru. 87 hal (tidak diketahui).
- Purnamasari, I., 2010. Kandungan Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada air, Sedimen, dan Udang Galah (*Macrobrachium*) di Perairan Sekitar Sungai Siak Sekitar Desa Teluk Masjid Kecamatan Sungai Apik Kabupaten Siak Provinsi Riu. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru. 87 hal (tidak diterbitkan).
- Saeni, M.S., 1989. Kimia Lingkungan. Departemen Pendidikan Kebudayaan. Direktur Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Hayat Institutt Pertanian Bogor. Bogor. 57 hal.
- Sumich, J.L. 1992. An Introduction to the Biology of Marine Life. Fifth Edition. WCB Wm.C. Brown Publishers. Dubuque. 607 PP.