



**KEANEKARAGAMAN SPESIES IKAN SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS PERAIRAN DI SUNGAI
KALIGARANG KOTA SEMARANG**

Skripsi
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi

oleh
Ela Puji Aprilliyani
4411415013

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Keanekaragaman Spesies Ikan sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang”** disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 24 Januari 2020



Ela Puji Aprilliyani

4411415013

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Keanekaragaman Spesies Ikan sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di
Sungai Kaligarang Kota Semarang

disusun oleh

Ela Puji Aprilliyani

4411415013

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas
Matematikan dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada
tanggal 24 Januari 2020.

Panitia Ujian



Dr. Suhanto, M.Si.
NIP. 196102191993031001

Sekretaris



Dr. dr. Nugrahaningsih WH, M.Kes.
NIP. 196907091998032001

Penguji I



Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si.
NIP. 196603161993102001

Penguji II



Ir. Nur Rahayu Utami, M.Si.
NIP. 196210281988032002

Penguji III/ Pembimbing



Dr. Margareta Rahayuningsih, S.Si, M.Si.
NIP. 197001221997032003

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Penelitian keanekaragaman hayati perlu dilakukan monitoring secara berkala dan berkelanjutan.

PERSEMBAHAN

Untuk kedua orang tua tercinta, Solekan
dan Puji Sayekti, serta Jurusan Biologi
FMIPA UNNES

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Keanekaragaman Spesies Ikan sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi, namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Margareta Rahyuningsih, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si. dan Ir. Nur Rahyu Utami, M.Si selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan masukan atas skripsi yang penulis susun.
6. Seluruh Dosen dan Pegawai Laboratorium Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang kiranya telah banyak memberikan pengetahuan pada penulis, selama menimba ilmu di Jurusan Biologi ini.
7. Bapak Bagong, Bapak Albet, dan Bapak Mulyanto yang telah membantu mengarahkan dan melakukan penelitian di lapangan.
8. Adik tercinta Aldi Bachtiar Pamungkas dan seluruh keluarga besar penulis, terima kasih telah memberikan dukungan, dorongan doa, motivasi, nasihat dan pengorbanan materilnya selama penulis menempuh

studi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

9. Teman-teman penulis yaitu Geovani Ayu, Sri Wahyuni dan lainnya yang telah membantu dan saling mendukung dalam pelaksanaan penelitian ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan naskah skripsi ini.

Rasa hormat dan terima kasih bagi semua pihak atas segala dukungan dan doanya semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah mereka berikan kepada penulis. Aamiin.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan. Aamiin. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Semarang, 15 Januari 2020

Ela Puji Aprilliyani

ABSTRAK

Aprilliyani, Ela Puji. 2020. Keanekaragaman Spesies Ikan Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dr. Margareta Rahayunsih, S.Si, M.Si.

Kata kunci: *Bioindikator, keanekaragaman spesies ikan, kualitas perairan, Sungai Kaligarang*

Keanekaragaman spesies ikan dalam ekosistem sungai dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan sungai. Keanekaragaman spesies tinggi mengindikasikan keadaan sungai belum tercemar dan sebaliknya. Sungai Kaligarang Kota Semarang merupakan salah satu sungai dengan beragam aktivitas disekitarnya. Tujuan penelitian adalah mengetahui kualitas perairan Sungai Kaligarang dan keanekaragaman spesies ikan sebagai bioindikator di Sungai Kaligarang Kota Semarang. Jenis penelitian merupakan penelitian eksplorasi. Penelitian dilakukan bulan Januari 2019 - Februari 2020 dengan lokasi stasiun Tinjomoyo, Pertemuan Kripik Kreo, Tugu Soeharto, Belakang PDAM dan sebelum Bendungan Pleret. Pengambilan sampel ikan dengan menggunakan jala tebar dan alat pancing. Ikan yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi jenis serta dihitung jumlah tiap jenisnya. Kualitas perairan Kaligarang dilakukan dengan pengujian parameter suhu, pH, DO, COD, kecepatan arus, substrat dasar dan kondisi fisik sungai. Data yang diperoleh dianalisis dengan indeks Kekayaan Jenis Margalef (D_{mg}), keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H'), indeks pemerataan (E) dan indeks dominansi Simpson (C). Pengukuran kualitas perairan dilakukan bersama saat pengambilan sampel. Hasil penelitian menunjukkan ikan yang tertangkap ada lima spesies yaitu *Oreochromis niloticus* (nila), *Cichlasoma labiatus* (red devil), *Barbodes schwanenfeldii* (bader), *Rasbora agryrateaenia* (wader), *Pterygolicthys pardalis* (sapu-sapu). Indeks keanekaragaman spesies ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang dibawah 3,5 ($H' < 3,5$) dan terdapat spesies yang mendominasi yaitu *Oreochromis niloticus* (nila) diseluruh stasiun pengamatan. Hasil kualitas perairan Sungai Kaligarang Kota Semarang berada dalam ambang batas aman untuk parameter suhu dan pH, sedangkan dibawah ambang batas pada parameter DO dan COD.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB	
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Penegasan Istilah	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Keanekaragaman Spesies Ikan sebagai Bioindikator	7
2.2 Kualitas Perairan	10
2.3 Sungai Kaligarang	13
2.4 Kerangka Berpikir	17
3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.2 Populasi dan Sampel	18
3.3 Rancangan Penelitian	18
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.5 Prosedur Penelitian	20
3.6 Pengumpulan Data	22
3.7 Analisis Data	22
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Keanekaragaman Spesies Ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang	26

4.2	Kualitas Perairan dan Keanekaragaman Spesies Ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang	33
5	PENUTUP	40
5.1	Simpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta Wilayah Administrasi DAS Garang	14
2.2 Kerangka Berpikir	17
3.1 Peta Titik Pengambilan Sampel Ikan dan Kualitas Perairan	19
4.1 <i>Oreochromis niloticus</i>	26
4.1 <i>Cichlasoma labiatum</i>	27
4.3 <i>Rasbora argyrotaenia</i>	28
4.4 <i>Barbodes schwanenfeldii</i>	28
4.5 <i>Pterygolicthys pardalis</i>	29
4.6 Dendogram Indeks Similaritas (IS) pada 5 Stasiun Sungai Kaligarang Kota Semarang	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Alat dan Bahan dalam Pengambilan Sampel	20
4.1 Kekayaan Spesies Ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang	26
4.2 Jumlah Spesies, Famili, Individu, Indeks Keanekaragaman, Indeks Kemerataan, Indeks Kekayaan Jenis dan Indeks Dominansi Spesies Ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang	31
4.3 Indeks Similaritas (IS) Spesies Ikan Antar Stasiun di Sungai Kaligarang Kota Semarang	32
4.4 Nilai Parameter Kualitas Perairan Sungai Kaligarang Kota Semarang	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Keanekaragaman Spesies Ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang	47
2. Data Hasil Pengukuran Kualitas Perairan Sungai Kaligarang Kota Semarang Per Periode Pengambilan	48
3. Dokumentasi Lokasi Penelitian	49
4. Dokumentasi Penelitian	50
5. Dokumentasi Foto Spesies Ikan Hasil Penelitian	51
6. Hasil Pengujian DO dan COD di Laboratorium Kesehatan Semarang	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Semarang merupakan Ibukota Provinsi Jawa Tengah yang merupakan pusat pemerintahan, perdagangan, industri, pendidikan dan pariwisata. Kota Semarang terletak di daerah pesisir, antara 109°35'-110°50' BT dan 6°50'-7°10' LS, dibatasi sebelah barat dengan Kabupaten Kendal, sebelah timur dengan Kabupaten Demak, sebelah selatan dengan Kabupaten Semarang, dan sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai meliputi 13,6 km (BPS Kota Semarang, 2017). Sebagai kawasan pesisir, Semarang memiliki komponen yang mengisi ruang wilayah (permukiman, sumberdaya manusia beserta kegiatannya, sumberdaya alam, sarana dan prasarana) yang saling berinteraksi dalam suatu bentuk saling ketergantungan untuk mencapai tujuan (Asyiwati & Akliyah, 2012).

Data BPS Kota Semarang (2017) dalam kurun waktu 5 tahun (2011-2016), kepadatan penduduk Kota Semarang cenderung naik seiring dengan kenaikan jumlah penduduk. Kawasan padat penduduk disertai aktivitas masyarakat kota yang cukup tinggi menyebabkan tingginya ancaman terhadap perairan pesisir. Salah satu ancaman yang berasal dari aktivitas penduduk adalah dihasilkannya limbah domestik yang di buang ke lingkungan perairan. Limbah domestik selama ini merupakan sumber limbah yang cukup tinggi dan sangat berpotensi menyebabkan penurunan kualitas suatu perairan pesisir (Azizah, 2017).

Lingkungan perairan di Kota Semarang yaitu Perairan Sungai. Sungai adalah salah satu sumber daya alam yang bersifat mengalir (*flowing resource*), sehingga pemanfaatan dari hulu hingga hilir dapat menurunkan kualitas air dan pencemaran (Azwir, 2006). Seperti umumnya kota besar di Indonesia, Semarang mendapat ancaman terhadap kualitas air dan daya dukung lingkungan. Hal ini di sebabkan oleh banyaknya kegiatan yang berpotensi menurunkan kualitas air dan lingkungan, seperti limbah industri, limbah domestik, dan kegiatan lain yang terjadi disekitar DAS pada sungai yang melintasi kota pesisir tersebut. Kota

Semarang memiliki beberapa sungai, diantaranya yaitu Sungai Babon, Kripik, Kreo, Banjir Kanal Timur, dan Kaligarang. Sungai Kaligarang merupakan salah satu sungai yang berasal dari Gunung Ungaran dan sistem sungai terbesar di Kota Semarang. Sungai Kaligarang berhulu di bagian selatan gunung Ungaran, alur sungainya memanjang ke arah Utara hingga mencapai Tugu Soeharto, bertemu dengan aliran Sungai Kreo dan Sungai Kripik yang selanjutnya mengalir menuju Laut Jawa (Peraturan Gubernur No. 156 Tahun 2010). Panjang aliran Sungai Kaligarang dari hulu sampai ke hilir kurang lebih 30 km (Windarto *et al.*, 2008).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang merupakan DAS lintas Kabupaten, yang meliputi Kabupaten Semarang, Kota Semarang, dan sebagian kecil Kabupaten Kendal Provinsi Jawa Tengah. DAS Garang terbagi menjadi 4 (empat) Sub DAS. Pertama, sub DAS Kaligarang Hulu yang dilintasi oleh perhuluhan Sungai Kaligarang dimulai dari Kabupaten Semarang hingga Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang. Kedua, sub DAS Kripik yang dilintasi oleh Sungai Kripik. Ketiga, sub DAS Kreo yang dilintasi Sungai Kreo, dan keempat sub DAS hilir Kaligarang dan Kanal Banjir Barat (BPDAS Pemali Jratun, 2011).

Aliran sungai Kaligarang yang melewati Kota Semarang lebih luas dibandingkan aliran sungai yang melewati Kabupaten Semarang. Selain itu, aliran Sungai Kaligarang khususnya Kota Semarang juga banyak melewati sungai kecil atau sub daerah aliran sungai yaitu Sub DAS Kreo dan Sub DAS Kripik (Windarto *et al.*, 2008). Setiap daerah yang dilewati aliran sungai Kaligarang memiliki karakteristik daerah yang berbeda-beda begitu pula aktivitas sekitarnya mulai dari aktivitas permukiman hingga aktivitas industri. Industri besar dan sedang di Kota Semarang mencapai 364 buah yang merupakan industri industri manufaktur dan berorientasi ekspor (BPS Kota Semarang, 2017). Selain industri dan permukiman, aktivitas di Kota Semarang yaitu hotel dan rumah sakit (Nisa, 2014).

Berdasarkan hasil observasi peneliti selama satu bulan di sepanjang Sungai Kaligarang, aktivitas sekitar daerah Sungai Kaligarang beragam, mulai dari aktivitas pemukiman hingga aktivitas industri. Beberapa pabrik memanfaatkan sungai di sekitarnya sebagai tempat buangan, yang pada akhirnya memberikan pengaruh terhadap kualitas perairan sungai hingga pantai Semarang. Salah satu

industri yang membuang limbahnya ke Kaligarang yaitu industri rumahan seperti pabrik tahu di daerah aliran Tinjomoyo. Pabrik di sekitar Tinjomoyo belum dilengkapi fasilitas pengolahan limbah yang memadai sehingga limbah dibuang di sungai pada jam-jam tertentu.

Priyambada *et al.* (2008) mengatakan perubahan tata guna lahan yang ditandai dengan meningkatnya aktivitas domestik, pertanian dan industri akan mempengaruhi dan memberikan dampak terhadap kondisi kualitas air sungai terutama aktivitas domestik. Berdasarkan hasil observasi selama satu bulan di sekitar Kaligarang, peningkatan aktivitas domestik sungai Kaligarang ditandai dengan adanya sampah – sampah mencemari perairan sungai Kaligarang seperti sampah plastik. Adanya pencemaran domestik tersebut mengindikasikan bahwa diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana kualitas air sungai Kaligarang. Tidak hanya air sungai, ekosistem sungai juga perlu diteliti lebih lanjut.

Selain komponen abiotik, perairan sungai juga terdiri dari komponen biotik yang saling berinteraksi melalui arus energi dan daur hara (Ferianita *et al.*, 2008). Salah satu komponen biotik Sungai Kaligarang adalah ikan. Ikan adalah organisme yang mempunyai fungsi ekologis di sungai dan keberadaannya dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan perairan sehingga dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan. Sugianto (2004) menyebutkan bahwa kriteria ikan yang dapat digunakan sebagai bioindikator meliputi ikan yang dapat hidup pada iklim yang sesuai, sensitif terhadap perubahan kondisi perairan, relatif mudah didapat serta murah harganya.

Keanekaragaman spesies ikan dapat menunjukkan tingkat kompleksitas dan kestabilan dari komunitas ikan tersebut. Indeks keanekaragaman biasa digunakan untuk mengukur kondisi suatu ekosistem. Indeks keanekaragaman merupakan nilai untuk mengetahui keanekaragaman kehidupan yang berkaitan erat dengan jumlah spesies dalam komunitas (Kottelat *et al.*, 1993).

Rifai *et al.* (1983) menyebutkan bahwa diantara komponen biotik, ikan merupakan salah satu organisme akuatik yang rentan terhadap perubahan lingkungan terutama yang diakibatkan oleh aktivitas, manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu kegiatan yang menyebabkan

perubahan lingkungan adalah pengolahan limbah industri. Limbah industri meningkatkan kandungan logam berat pada air sungai, yang pada akhirnya di akumulasi oleh ikan.

Ikan adalah salah satu spesies hewan yang sering digunakan sebagai bioindikator lingkungan untuk memantau tingkat pencemaran atau kualitas air lingkungan karena kepekaannya terhadap pencemaran. Ikan sering digunakan untuk mengetahui dampak berbagai jenis polutan organik (Sucman *et al.*, 2010). Ikan telah banyak digunakan sebagai bioindikator untuk monitoring pencemaran di ekosistem akuatik (Ismail & Yusof, 2011). Melalui penerapan bioindikator kita dapat memprediksi keadaan alami suatu wilayah tertentu atau tingkat kontaminasi (Khatri & Tyagi, 2015).

Telah banyak penelitian yang dilakukan di Kaligarang, khususnya pencemaran logam berat pada ikan. Setyawan *et al.* (2013) mengamati tingkat kerusakan mikroanatomi insang ikan yang terindikasi logam berat di Perairan Kaligarang kemudian dihubungkan dengan faktor lingkungan meliputi Suhu, pH, BOD, COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perairan Kaligarang berada dalam kondisi tercemar sedang sampai dengan cukup berat yang ditunjukkan dari tingkat kerusakan mikroanatomi insang ikan sebagai indikator. Hal tersebut sebagai akibat dari Perairan Kaligarang yang merupakan perairan yang sangat penting bagi kehidupan penduduk di Kota Semarang.

Dewi *et al.* (2014) mendapatkan hasil bahwa air Sungai Kaligarang terkontaminasi logam berat Cd, Pb, Hg dan ikan yang hidup di sungai tersebut telah mengakumulasi ketiga logam berat tadi. Adanya kontaminasi logam berat memungkinkan ikan di Sungai Kaligarang mengalami toksisitas sehingga berpengaruh terhadap keanekaragaman ikan sungai. Penelitian terbaru keanekaragaman ikan Sungai Kaligarang dilakukan oleh Astuti (2015) yang mengambil wilayah penelitian di Sungai Kreo aliran Kaligarang mendapatkan hasil indeks keanekaragaman dibawah 3,5 ($H^2=1,31$). Dari uraian diatas, perlu dilakukan penelitian lanjutan atau monitoring untuk mengetahui keanekaragaman spesies ikan sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah keanekaragaman spesies ikan sebagai bioindikator di sungai Kaligarang Kota Semarang?
- b. Bagaimanakah kualitas perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang?

1.3 Penegasan Istilah

a. Keanekaragaman Spesies Ikan

Keanekaragaman spesies adalah penggabungan dari jumlah spesies dan jumlah individu dari masing-masing spesies dalam suatu komunitas. Sedangkan pengertian lain keanekaragaman spesies adalah sebagai suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya. Keanekaragaman merupakan hubungan antara jumlah spesies dan jumlah individu masing-masing spesies dalam suatu komunitas (Kottelat *et al.*, 1993). Pada penelitian ini keanekaragaman spesies ikan di Sungai Kaligarang meliputi kekayaan jenis menggunakan indeks kekayaan jenis Margalef (D_{mg}), keanekaragaman jenis menggunakan indeks Shannon-Wiener (H'), kemerataan menggunakan indeks kemerataan (E) dan dominansi dengan menggunakan indeks Simpson (C) (Santoso *et al.*, 2008).

b. Sungai Kaligarang

Hulu Sungai Kaligarang yaitu Gunung Ungaran, sedangkan hilir berada di Kota Semarang. Sungai Kaligarang melewati 3 daerah yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Semarang dan Kota Semarang. Sungai Kaligarang di Kota Semarang memiliki aktivitas yang berbeda disetiap daerahnya. Cakupan daerah sungai yang dalam penelitian yaitu Sungai Kaligarang di wilayah Kota Semarang.

Stasiun pengamatan sebanyak 5 stasiun. Pengambilan titik stasiun berdasarkan aktivitas di sekitar sungai. Stasiun pertama berada di Tinjomoyo daerah pemukiman dan industri rumahan seperti produksi tahu, stasiun kedua yaitu pertemuan Sungai Kreo dan Sungai Kripik di daerah Kalialang, stasiun ketiga yaitu Tugu Soeharto padat pemukiman, stasiun keempat Belakang PDAM dan stasiun kelima yaitu sebelum Bendungan Pleret.

c. Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Kaligarang

Bioindikator merupakan organisme atau komunitas yang memberi informasi tentang kualitas suatu lingkungan. Bioindikator dalam penelitian yaitu

keanekaragaman spesies ikan. Kualitas air secara umum adalah keadaan atau kondisi serta mutu dari air tersebut, apakah kualitasnya baik atau buruk. Tingkat kualitas dari air dapat Kualitas air adalah mutu air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku (PP No. 82 Tahun 2001). Kualitas perairan di Sungai Kaligarang yang diukur dalam penelitian yaitu suhu, pH, oksigen terlarut (DO), kedalaman, COD (*Chemical Oxygen Demand*), kecepatan arus dan substrat dasar.

1.4 Tujuan

- a. Mengetahui keanekaragaman spesies ikan sebagai bioindikator di Sungai Kaligarang Kota Semarang.
- b. Mengetahui kualitas perairan di Sungai Kaligarang Kota Semarang.

1.5 Manfaat

- a. Manfaat Teoritis

Memberikan bukti empiris bahwa keanekaragaman spesies ikan dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai.

- b. Manfaat Aplikatif

Manfaat aplikatif dapat diambil dari beberapa pandangan yaitu:

- 1 Perusahaan Industri

Sebagai masukan atau saran mengenai pengolahan limbah yang sesuai aturan sehingga tidak menurunkan kualitas perairan yang menyebabkan rusaknya ekosistem sungai.

- 2 Program Studi S1 Biologi

Menambah referensi untuk mengembangkan ilmu biologi terkait dengan penelitian yang telah dilaksanakan.

- 3 Peneliti

Dapat mengetahui kualitas perairan dan keanekaragaman jenis ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang.

- 4 Masyarakat

Dapat mengenal jenis-jenis ikan sungai dan kualitas perairan Sungai Kaligarang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keanekaragaman Spesies Ikan Sebagai Bioindikator

Pengaruh kegiatan dari manusia atau faktor alami lain yang dapat mengubah kualitas dan kondisi perairan sungai akan berdampak pada kehidupan ikan. Perubahan kualitas air baik sifat fisika atau kimia dapat mempengaruhi keberadaan komunitas ikan. Keadaan ini mengakibatkan perubahan keanekaragaman spesies ikan yang terdapat pada komunitas ikan serta ekosistem di sungai dari waktu ke waktu (Reid & Miller, 1989). Keanekaragaman spesies suatu area dipengaruhi oleh faktor substrat yang tercemar, kelimpahan sumber makanan, kompetisi antarspesies, gangguan dan kondisi lingkungan sekitarnya sehingga spesies yang mempunyai daya toleransi tinggi akan bertambah dan sebaliknya spesies yang memiliki daya toleransi rendah jumlahnya akan semakin menurun (Rachmawaty, 2011).

Kepunahan ikan di suatu daerah dalam jumlah besar disebabkan oleh kerusakan/hilangnya habitat (35%), introduksi spesies eksotik (30%) dan eksploitasi spesies yang berlebihan (4%). Kerusakan habitat diantaranya berkaitan dengan peningkatan jumlah penduduk, ketidakpastian tataguna dan pengelolaan lahan, kebijakan ekonomi dalam pembangunan, tingkat kemiskinan yang tinggi, dan kegiatan industri. Hilangnya keanekaragaman hayati mengancam cadanganmakanan, peluang eko-wisata, sumberdaya hutan, biofarma dan energi (Reid & Miller, 1989).

Konsep keanekaragaman spesies melibatkan dua komponen: jumlah spesies atau kekayaan dan distribusi individu di antara spesies (Williamson, 1973). Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener mempertimbangkan kekayaan dan proporsi masing-masing spesies, sementara indeks kemerataan dan dominan mewakili jumlah relatif individu dalam sampel dan fraksi spesies umum masing-masing (Hossain *et al.*, 2012). Hasil penelitian Hossain *et al.* (2012) perbedaan yang terjadi dalam indeks keanekaragaman hayati dapat disebabkan adanya variasi musim, arus udara atmosfer dan kondisi lingkungan serta migrasi ikan

musiman. Periode musiman bertanggung jawab untuk fluktuasi parameter hidrologi dan meteorologi dan dengan demikian mempengaruhi kumpulan ikan (Whitfield, 1989).

Keanekaragaman ikan juga ditentukan oleh karakteristik habitat perairan. Karakteristik habitat di sungai sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran sungai (Ross, 1997). Tingkat keanekaragaman ikan yang tinggi menunjukkan kualitas ekosistem perairan yang tinggi, sehingga tingkat keanekaragaman ikan dapat digunakan sebagai indikator untuk memperkirakan kualitas air dan tingkat pencemaran yang ada di perairan (Ngodhe *et al.*, 2013). Berdasarkan pernyataan NCDENR (2006) bahwa sungai yang dihuni oleh ≤ 16 spesies ikan membuktikan bahwa sungai tersebut memiliki kekayaan spesies yang sedang. Semakin kecil jumlah spesies ikan dan variasi jumlah individu tiap spesies maka tingkat keanekaragaman ikan dalam suatu ekosistem perairan juga akan semakin kecil (Sriwidodo *et al.*, 2013).

Kottelat *et al.* (1993) menyebutkan bahwa tingkat keanekaragaman jenis ikan di sepanjang sungai mengalami perubahan dari hulu ke hilir, yaitu semakin ke hilir umumnya akan terjadi peningkatan jumlah jenis ikan seiring dengan bertambahnya ukuran sungai. Pada prinsipnya sungai merupakan perairan terbuka yang dapat dilihat dari empat dimensi menurut Huer & Lamberti (2007) yaitu secara longitudinal, lateral, vertikal, dan temporal. Secara longitudinal, Vannote *et al.* (1988) menyatakan bahwa pada ekosistem sungai akan terjadi transfer material organik dan nutrien dari lingkungan sekitarnya ke dalam badan air yang menyebabkan terjadinya proses perubahan dari hulu ke arah hilir dan berlanjut sampai muara/estuarin. Perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap tiga elemen sungai, yaitu faktor fisik, kimia, dan biologi.

Keanekaragaman spesies ikan dalam ekosistem sungai dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan sungai. Keanekaragaman spesies yang tinggi mengindikasikan keadaan sungai dalam kondisi stabil dan sebaliknya, jika keanekaragaman jenis dalam ekosistem sungai rendah mengindikasikan bahwa sungai dalam keadaan yang tidak stabil (Hossain *et al.*, 2012). Satu lingkungan dapat dikatakan stabil apabila kondisinya seimbang dan mengandung kehidupan yang beranekaragam tanpa ada suatu spesies yang dominan (Odum, 1996).

Keanekaragaman spesies ikan dapat menunjukkan tingkat kompleksitas dan kestabilan dari komunitas ikan tersebut. Indeks keanekaragaman biasa digunakan untuk mengukur kondisi suatu ekosistem. Indeks keanekaragaman merupakan nilai untuk mengetahui keanekaragaman kehidupan yang berkaitan erat dengan jumlah spesies dalam komunitas (Kottelat *et al.*, 1993).

Awheda *et al.* (2015) mengartikan bioindikator sebagai organisme atau komunitas yang memberi informasi tentang kualitas suatu lingkungan. Ada tiga kegunaan dari bioindikator ini yaitu: untuk memonitor perubahan fisik atau kimia lingkungan (*environmental indicator*); untuk memonitor proses ekologi (*ecological indicator*); dan untuk memonitor biodiversitas (*biodiversity indicator*).

Holt & Miller (2011) memaparkan beberapa kriteria sebagai bioindikator yaitu:

- 1 Memberikan respon yang terukur (sensitif terhadap gangguan atau stress lingkungan),
- 2 Responnya merefleksikan keseluruhan populasi/komunitas/ ekosistem
- 3 Menghasilkan respon yang berbeda terhadap berbagai tingkat kontaminasi.
- 4 Merupakan spesies lokal dengan jumlah yang cukup
- 5 Mudah dijumpai di area kajian
- 6 Relatif stabil terhadap perubahan iklim dan variabilitas faktor lingkungan
- 7 Ekologi, sejarah dan taksonominya telah dipelajari dengan baik
- 8 Mudah dan murah untuk diperoleh

Ikan telah banyak digunakan sebagai bioindikator untuk monitoring pencemaran di ekosistem akuatik (Ismail & Yusof, 2011). Ikan memperoleh unsur mineral yang ada di air baik secara langsung melalui insang, maupun tidak langsung melalui makanan (Sow *et al.*, 2012). Ikan umumnya merupakan konsumen terakhir dalam rantai makanan akuatik yang mampu mengakumulasi logam dan mempengaruhi manusia melalui makanan (Authman *et al.*, 2015). Penggunaan ikan sebagai bioindikator sudah lama dikembangkan (Zulkifli *et al.*, 2012, Ismail & Yusof, 2011) karena ikan dapat terpengaruh oleh elemen – elemen perairan secara langsung melalui air yang masuk melalui insang atau secara tidak langsung melalui makanan di saluran pencernaan (Sow *et al.*, 2012).

2.2 Kualitas Perairan

Perairan sungai merupakan suatu perairan yang didalamnya dicirikan dengan adanya aliran air yang cukup kuat, sehingga digolongkan ke dalam perairan mengalir (perairan lotik). Sungai dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang, sungai sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim dan pola aliran air. Kecepatan arus, erosi dan sedimentasi merupakan fenomena yang umum terjadi di sungai sehingga kehidupan flora dan fauna pada sungai sangat dipengaruhi oleh ketiga variabel tersebut (Effendi, 2003).

Ikan merupakan salah satu keanekaragaman hayati yang menyusun ekosistem sungai. Keanekaragaman hayati berperan sebagai kestabilan ekosistem, sumber plasma nutfah dan sumber ekonomi. Hilang atau punahnya salah satu keanekaragaman hayati dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem (Ngodhe *et al.*, 2013). Sampai awal pertengahan abad ke- 20 telah tercatat 187 jenis ikan yang ditemukan di Sungai Ciliwung dan 135 jenis di Sungai Cisadane (Wowor *et al.*, 2010).

Ikan merupakan salah satu organisme air yang rentan terhadap perubahan lingkungan. Setiap spesies ikan memiliki karakter habitat yang berbeda agar dapat hidup dan berkembangbiak. Struktur komunitas ikan akan mengalami perubahan atau gangguan jika kualitas air terganggu. Adanya perubahan pada keanekaragaman ikan dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran (Azmi *et al.*, 2015).

Lowe-McConnell (1987) dalam Muslih (2014) mengatakan ikan perairan tawar di Asia tropika didominasi oleh famili Cyprinidae dan Siluridae sebagian besar dari jenis ikan yang ditemu kan sungai ini memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat setempat. Hasil penelitian Hamidah (2014) diketahui terdapat 28 jenis ikan yang sebagian besar termasuk ke dalam famili Cyprinidae dengan jumlah anggota sebanyak 14 jenis.

Menurunnya kualitas perairan, menunjukkan bahwa habitat ikan di perairan mulai terancam. Penurunan kualitas habitat terutama berasal dari kegiatan manusia (antropogenik), diantaranya penggundulan hutan, pencemaran, dan fragmentasi habitat. Oleh karena itu tingkat kelangkaan dan kerawanpunahan

sumberdaya ikan terus meningkat. Setidaknya telah tercatat 146 jenis ikan air tawar di Indonesia yang masuk dalam daftar merah (IUCN, 2016).

Adanya gangguan fungsi sensorik akibat pencemaran dapat berpengaruh terhadap pola makan ikan, seperti ketidakmampuan ikan untuk mengenali bahwa di area sekitar terdapat makanan sehingga ikan mengalami penurunan berat badan bahkan sampai pada kematian (Pratiwi, 2010). Secara umum, informasi sensorik lewat alat pembau pada ikan sangat menentukan perilaku ikan terutama dalam mendapatkan pangan, mengenali predator, serta mengenali lawan jenis pada saat musim kawin. Pencemaran dari suatu limbah di suatu perairan akan mempengaruhi ketersediaan pakan untuk ikan sehingga berpengaruh terhadap kematian (Alkassabeh *et al.*, 2009).

Setiap jenis ikan agar dapat hidup dan berkembang biak dengan baik harus dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan di mana ikan tersebut hidup. Komposisi dan distribusi ikan sangat dipengaruhi oleh perubahan fisik, kimia, dan biologi (Sriwidodo *et al.*, 2013). Faktor lingkungan perairan yang mempengaruhi kehidupan ikan adalah: suhu, derajat keasaman (pH), kecepatan arus, kadar oksigen terlarut, kedalaman, BOD, COD dan substrat dasar.

1. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang sering kali beroperasi sebagai faktor pembatas. Suhu juga mempengaruhi termoregulasi tubuh ikan dalam lingkungan yang berbeda. Suhu juga mempengaruhi aktivitas reproduksi ikan dalam pembentukan gonad. Organisme perairan seperti ikan maupun udang mampu hidup baik pada kisaran suhu 20-30°C. Perubahan suhu di bawah 20°C atau di atas 30°C menyebabkan ikan mengalami stres yang biasanya diikuti oleh menurunnya daya cerna (Ardiyana, 2010).

Suhu air memainkan peran kunci dalam distribusi spesies juga oleh tingkat ekstrim dan variasi harian atau musiman. Sifat-sifat air yang dipengaruhi oleh suhu dan yang penting untuk kualitasnya adalah: kepadatan dan viskositas, dua faktor yang mengontrol kecepatan endapan sedimen dan pembentukan stratifikasi alami (Morhit & Mouhir, 2014).

2. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan nilai untuk mengetahui tingkat keasamaan atau kebasaan suatu perairan. Nilai pH yang baik digunakan untuk kehidupan organisme berkisar antara 6-9. Kondisi pH yang terlalu rendah akan dapat mematikan organisme dan meningkatkan kelarutan logam berat di perairan (Kenconoajati *et al.*, 2016). Derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, yang bersifat toksik bagi organisme air. Sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air (Tatangindatu *et al.*, 2013). Kondisi perairan yang sangat asam atau basa dapat menyebabkan terganggunya metabolisme dan respirasi sehingga secara tidak langsung dapat mempengaruhi keanekaragaman jenis ikan di sungai tersebut (Sastrawijaya, 1991; Gunawan & Jumadi 2016).

3. Kadar oksigen terlarut

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* =DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Salmin, 2005). Menurut Menurut Barus (2004) nilai oksigen terlarut di oksigen sebaiknya berkisar antara 6-8 mg/l, makin rendah nilai DO (*Dissolved Oxygen*) maka makin tinggi tingkat pencemaran ekosistem tersebut. Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas dan pergerakan massa air (arus dan gelombang).

Oksigen terlarut merupakan parameter yang sangat berguna untuk air dan merupakan indikator kualitas yang sangat baik. Oksigen terlarut adalah salah satu faktor fundamental kehidupan. Keberadaannya di air permukaan memainkan peran kunci dalam pemurnian diri dan pemeliharaan kehidupan akuatik, namun kehadirannya di perkotaan dianggap menyulitkan karena kemungkinan terjadinya korosi pada distributor logam (MC Bride & Rutherford 1983; Morhit & Mouhir 2014).

4. Kedalaman

Kedalaman air akan membatasi masuknya cahaya ke dalam suatu perairan secara tidak langsung dan mempengaruhi jumlah serta jenis biota perairan (Odum 1993). Setiap kedalaman memiliki jenis ikan yang berbeda-beda dan memiliki

komunitas yang berbeda pula. Menurut Nisbet & Verneau (1970); Morhit & Mouhir (2014) salah satu faktor mengendalikan lingkungan akuatik adalah kedalaman, selain pencahayaan dan suhu.

5. BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Salmin, 2005).

6. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . COD dinyatakan dalam $\text{mg O}_2/\text{l}$. Nilai COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Tingginya nilai COD mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air sehingga berpengaruh terhadap kehidupan ikan. Dengan mengukur COD akan diperoleh nilai yang menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi terhadap total senyawa organik baik yang mudah diuraikan secara biologis maupun terhadap yang sukar atau tidak bisa diuraikan secara biologis (Salmin, 2005).

7. Kecepatan arus

Kecepatan arus pada suatu perairan sangat mempengaruhi faktor abiotik yang lainnya. Menurut Sriwidodo *et al.* (2013) perairan yang memiliki kecepatan arus tinggi, keadaan suhu dan DO perairan baik siang maupun malam hari relatif konstan atau tidak berubah, sementara pada perairan yang memiliki kecepatan arus rendah kondisi suhu dan DO perairan pada malam hari cenderung rendah dan pada siang hari cenderung tinggi.

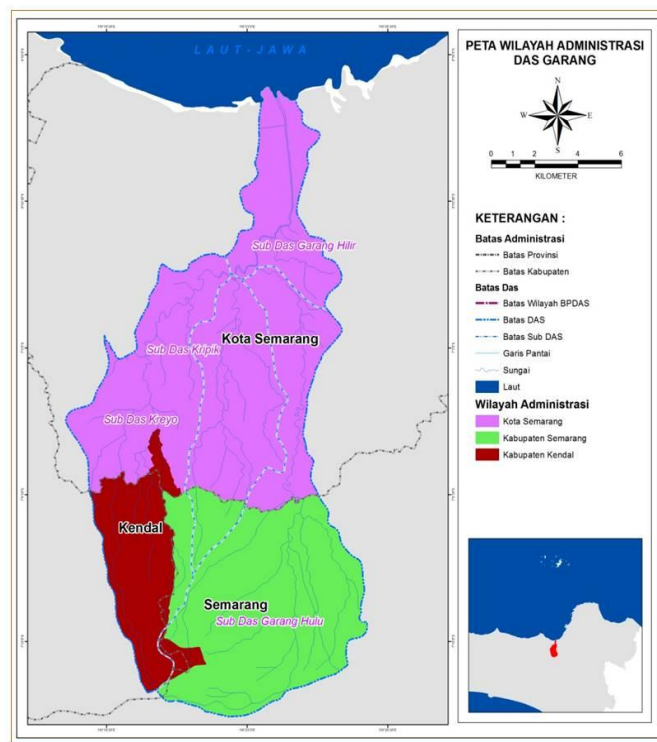
8. Substrat dasar

Substrat dasar merupakan salah satu parameter fisika karakteristik suatu perairan (Samuel & Adjie, 2008). Perbedaan substrat dasar akan membedakan pula jenis ikan yang ada di suatu sungai.

2.3 Sungai Kaligarang

Sungai Kaligarang merupakan salah satu sungai besar yang melintasi dan memiliki peran penting bagi Kota Semarang. Sungai Kaligarang berhulu di bagian selatan Gunung Ungaran. Alur sungai memanjang ke arah Utara hingga mencapai Tugu Soeharto, bertemu dengan aliran Sungai Kreo dan Sungai Kripik yang selanjutnya mengalir menuju Laut Jawa (Peraturan Gubernur No. 156 Tahun 2010).

Sungai Kaligarang merupakan sungai utama dari DAS Kaligarang yang meliputi dua wilayah administratif, yakni Kabupaten Kendal dan Kabupaten Semarang di bagian hulu serta Kota Semarang di bagian tengah hingga hilir. DAS Sungai Kaligarang terdiri dari empat sub-DAS yang memiliki nama sesuai dengan sungai-sungai utamanya. Pertama, Sub DAS Kaligarang Hulu yang dilintasi oleh perhuluan Sungai Kaligarang dimulai dari Kabupaten Semarang hingga Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang. Kedua, Sub DAS Kripik yang dilintasi oleh Sungai Kripik. Ketiga, Sub DAS Kreo yang dilintasi Sungai Kreo, dan Keempat Sub DAS Garang Hilir, yakni hilir Kaligarang dan Kanal Banjir Barat (BPDAS Pemali Jratun, 2011).



Gambar 2.1 Peta Wilayah Administrasi DAS Garang
Sumber : BPDAS Pemali Jratun, 2011

Sungai Kaligarang merupakan sungai terbesar di Kota Semarang dan masuk dalam kategori kelas I yang dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum. Sungai ini merupakan bagian dari tiga sungai utama di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang yang terdiri dari Sungai Kaligarang, Sungai Kripik dan Sungai Kreo. Aliran anak Sungai Kaligarang masih mendapatkan beban pencemaran yang terus berlanjut dari aktivitas domestik, industri maupun pertanian. Seluruh beban pencemaran ini pada akhirnya terakumulasi di sungai utama, yakni Sungai Kaligarang (Dewi, 2016).

Penelitian sebelumnya oleh Rusydi *et al.* (2013) mendapatkan hasil status mutu dengan metode perhitungan Storet, di bagian hulu sampai tengah Kaligarang adalah tercemar ringan, sedangkan pada bagian hilir Kaligarang kualitas air memburuk menjadi tercemar sedang. Baku mutu yang digunakan yaitu PP No.82 Tahun 2001 Pencemar utama di sepanjang Kaligarang berasal dari unsur fisika. Hasil penelitian Rusydi *et al.* (2013) bagian hulu hingga hilir pencemaran Kaligarang berasal dari parameter TDS dan TSS. *Total Dissolve Solid* (TDS) dan TSS dapat berasal dari sumber alami, sampah, air limpasan perkotaan dan pertanian, serta limbah cair industri (Murphy, 2007 dan WHO 1996 dalam Rusydi *et al.*, 2013).

Cakupan penelitian di Sungai Kaligarang yaitu wilayah Kota Semarang. Penentuan lokasi di dasarkan pada berbagai latar belakang yang berbeda. Stasiun daerah Tinjomoyo merupakan stasiun dengan keadaan menjadi tempat buangan industri tahu yang berjarak kurang lebih 500 meter. Limbah tahu mengandung senyawa organik yang dapat menurunkan nilai pH sehingga air sungai akan bersifat asam. Selain bersifat asam, rendahnya nilai pH ini akan menurunkan kadar oksigen terlarut dalam perairan yang akan mengakibatkan kematian pada biota yang ada di perairan tersebut (Sepriani *et al.*, 2016).

Stasiun pertemuan Kali Kreo dan Kali Kripik memiliki aktivitas sekitar sungai yang beragam. Daerah Kali Kreo terdapat TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Jatibarang sehingga air dari timbunan sampah (air lindi) mengalir ke sungai. Lindi (*leachate*) adalah cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah (Damanhuri, 2010).

Stasiun daerah Tugu Soeharto merupakan aliran Sungai Kaligarang yang padat akan pemukiman penduduk di sekitar pinggir sungai. Aliran dari Tugu Soeharto selanjutnya menuju ke daerah PDAM. Air Sungai Kaligarang masih dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum yaitu oleh perusahaan air minum di Kota Semarang dengan melalui beberapa tahapan pengolahan. Stasiun penelitian terakhir yaitu sebelum Bendungan Pleret. Daerah Bendungan dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk menyalurkan hobi memancing dan menjala ikan, yang hasilnya bisa di jual maupun dikonsumsi pribadi.

2.4 Kerangka Berpikir



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian di sepanjang Sungai Kaligarang Kota Semarang ditemukan 5 spesies ikan yang terdiri dari 3 famili yaitu Cichlidae, Cyprinidae dan Loricariidae. Keanekaragaman spesies ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang ($H' = 0,43$).
2. Kualitas perairan Sungai Kaligarang Kota Semarang dibawah ambang batas menurut PP No.82 Tahun 2001 pada parameter DO dan COD dan ambang batas aman untuk parameter suhu dan pH.

5.2 Saran

1. Penelitian perlu dilakukan pada dua musim yaitu saat musim kemarau dan musim penghujan, sehingga terlihat perbedaan dan hasilnya dapat dibandingkan.
2. Perlu dilakukan pengelolaan perairan Sungai Kaligarang yang lebih lanjut oleh Pemerintah mengingat air Sungai Kaligarang digunakan sebagai bahan baku air minum oleh PDAM Kota Semarang, sekaligus menjaga kelestarian ikan di Sungai Kaligarang Kota Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, T., W. Lestari., & A. Nuryanto. 2014. Distribusi Longitudinal dan Struktur Populasi *Rasbora* spp. di Sungai Banjaran Kabupaten Banyumas. *Scripta Biologica*, 1(2): 167–172
- Armbruster, J.W. 2004. Phylogenetic Relationships of the Suckermouth Armoured Catfishes (Loricariidae) With Emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141: 1-80.
- Astuti, C.R. 2015. Keanekaragaman Spesies dan Distribusi Longitudinal Ikan di Sungai Kreo Semarang Sehubungan dengan Air Lindi TPA Jatibarang Semarang. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Asyiwati, Y & L.S Akliyah. 2011. Identifikasi Dampak Perubahan Fungsi Ekosistem Pesisir Terhadap Lingkungan Di Wilayah Pesisir Kecamatan Muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 14 (1)
- Awheda, I., A. Y. Ahmed & M. A. S. Fahej. 2015. Fish as Bioindicator of Heavy Metal Pollution in Marine Environment. *Indian Journal of Applied Research*: 379-384
- Azizah, Diana. 2017 Kajian Kualitas Lingkungan Perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Dinamika Maritim*, 6 (1).
- Azmi, N., Yunashfi., dan A. Muhtadi. 2015. Struktur Komunitas Nekton di Danau Pondok Lapan Desa Naman Jahe Kecamatan Salapian Kabupaten Langkat. *Skripsi*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Azwir. 2006. Degradasi Lingkungan Pesisir. *Prosiding Hasil Workshop : Deteksi, Mitigasi dan Pencegahan Degradasi Lingkungan Pesisir dan Laut di Indonesia*. IndoRepro
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2017. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. Semarang.
- Barus, T.A. 2004. *Metode Ekologi Untuk Menilai Kualitas Perairan Lotik*. Jurusan Biologi USU FMIPA-USU. Medan.
- BPDAS Pemali Jratun. 2011. *Rencana Tindak Pengelolaan DAS Garang* disampaikan pada Workshop Pengelolaan DAS Garang tahun 2011 yang diselenggarakan pada tanggal 1 Desember 2011.
- Damanhuri, E. 2010. *Diktat Pengelolaan Sampah*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung
- Dewi, N.K., R. Prabowo & N.K. Trimartuti. 2014. Analisis Kualitas Fisiko Kimia dan Kadar Logam Berat pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Perairan Kaligarang Semarang. *Biosaintifika*,

Journal of Biology & Biology Education, 6(2): 108-116.

Dewi, K. 2016. *Identifikasi Logam Berat pada Air Sungai Kaligarang Menggunakan Metode Analisis Aktivasi Neutron dengan Penambahan HNO₃*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang

Djasmani, S. S & Djumanto. 2014. Komposisi Ikan Hasil Tangkapan Jaring Insang pada Berbagai Shortening di Waduk Sermo. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, XVI (1): 35-42

Efendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius

Elfidasari, D., F.D. Qoyyimah., M.R. Fahmi & R.L. Puspitasari. 2016. Variasi Ikan Sapu Sapu (*Loricariidae*) Berdasarkan Karakter Morfologi Di Perairan Ciliwung. *Jurnal AL AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 3(4)

Fachrul, M.F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: PT. Bumi Aksara..

Gunawan, E. H & Jumadi. 2016. Keanekaragaman Jenis dan Sebaran Ikan yang Dilindungi, Dilarang dan Invasif di Kawasan Konservasi Rawadanau Banten. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 6 (1): 67–73.

Habibie, S.A., Djumanto & Murwantoko. Polikromatik, dimorfisme seksual, dan redeskripsi spesies ikan *red devil*, *Amphilophus amarillo* [Stauffer & McKaye, 2002] di Waduk Sermo Yogyakarta. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(1): 69-86

Hadiaty, R. 2011. Diversitas Dan Hilangnya Jenis-Jenisikan Di Sungai Ciliwung Dan Sungai Cisadane. *Jurnal Berita Biologi* 10(4).

Hamidah. 2014. Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 4 (2): 51-55

Haryono, G. O., M. Yusuf. & Hariadi. 2014. Studi Sebaran Parameter Fisika Kimia di Perairan Porong Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Oseanografi*, 3 (4): 628-634

Hayati, I., N. Tiantono., M.F. Mirza., I.D.S. Putra., M.M. Abdizen., A.R. Seta., B.M. Solikha., M.H. Fu'adil., T.W.C. Putranto., M. Affandi., & Rosmanida. 2017. Water Quality and Fish Diversity in the Brantas River, East Java, Indonesia. *Journal Of Biological Researches*, 22 (2).

Holt, E. A. and S. W. Miller. 2011. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge*, 2(2):8

Hossain, M.A., M. Akter & M.M. Iqbal. 2012. Diversity of Fish Fauna in Kusiara River (Fenchungonj Upazilla), Northeast Bangladesh. *Journal of Aqua Trop*, 32(1-2): 1-13.

- Husnayati, H., I.W. Arthana & J. Wiryatno. 2015. Struktur komunitas makrozoobenthos pada tiga muara sungai sebagai bioindikator kualitas perairan di pesisir pantai Ampenan dan pantai Tanjung Karang Kota Mataram Lombok. *Ecotropic*, 7(2), 116-125.
- Indriyanto. 2012. *Ekologi Hutan*. Jakarta. Bumi Aksara.
- Kamal, M. M., Supriadi., A. Wibowo., T. Kuhaja., R. Sudarsiman & A. Rojayati. 2011. Dampak Antropogenik dan Perubahan Iklim terhadap Biodiversitas Ikan Perairan Umum Di Pulau Sumatera. *Prosiding Seminar Nasional Ikan VI dan Kongres Masyarakat Iktiologi Indonesia III*. VI: 391-400.
- Kenconoajati, H., Suciyono., D.S. Budi., M.F. Ulkhaq & M.H. Azhar. 2016. Inventarisasi Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Bendo Desa Kampung Anyar Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Agroveteriner*, 5 (1).
- Khatri, N & S. Tyagi. 2015. Influences of Natural and Anthropogenic Factors on Surface and Groundwater Quality in Rural and Urban Areas. *Life Sci*, 8(1):23–39.
- Kottelat, M., S.N. Kartikasari., A.I. Whitten & S. Wirjoatmodjo. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*.
- Magurran A. 1987. *Ecological Diversity and Its Measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Majumder, S dan T.K. Dutta. 2014. Studies on seasonal variations in physico-chemical parameters in Bankura segment of the Dwarakeshwar River (W.B.). *International Journal of Advanced Research*, 2(3): 877–881
- Marlena, B. 2012. Kajian Pengelolaan DAS Garang Untuk Memenuhi Kualitas Air Sesuai dengan Peruntukannya. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Morhit, M.E & L. Mouhir. 2014. Study Of Physico-Chemical Parameters of Water in the Loukkos River Estuary (Larache, Morocco). *Environmental Systems Research*: 3(17)
- Muhtadi, A., O.R. Dhuha., D. Desrita., T. Siregar & M. Muammar. 2017. Kondisi Habitat dan Keragaman Nekton di Hulu Daerah Aliran Sungai Wampu, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6 (2): 90-99.
- Muslih, K. 2013. Pengaruh Penambangan Timah Terhadap Keanekaragaman Ikan Sungai Dan Kearifan Lokal Masyarakat Di Kabupaten Bangka. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Ngodhe SO., P.O. Raburu, & A. Achieng, 2013. The impact of water quality on species diversity and richness of macroinvertebrates in small water bodies in

- Lake Victoria Basin, Kenya. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 6(1): 32-41.
- Nisa, A. 2014. *Implementasi Program Kali Bersih di Kota Semarang dalam Menanggulangi Pencemaran Lingkungan*. Jurusan Administrasi Publik Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Diponegoro.
- Nurudin, Febrian Ahmad. 2013. *Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Sekonyer Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Pamungkas, M.T.O.A. 2016. Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter Bod5 dan Ph di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(2).
- Pasingi, N., N.T.M. Pratiwi., M. Krisanti. 2014. Kualitas perairan Sungai Cileungsi bagian hulu berdasarkan kondisi fisik-kimia. *Depik*, 3 (1): 56-64.
- Peraturan Gubernur Jawa Tengah No. 156 Tahun 2010 tentang Peruntukan Air dan Pengelolaan Kualitas Air Kali Garang
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air.
- Pratami, V.A., P. Setyono & Sunarto. 2018. Zonasi, Keanekaragaman, dan Pola Migrasi Ikan di Sungai Keyang, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1):78-85.
- Pratiwi, Yuli. 2010. *Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan Nutrition Value Coeficient Bioindikator*. Yogyakarta: Institut Saint & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Priyambada, I.B., O. Wiharyanto., R.P.E. Suprpto. 2008. Analisa Pengaruh Perbedaan Fungsi Tata Guna Lahan terhadap Beban Cemar BOD Sungai (Studi Kasus Sungai Serayu Jawa Tengah). *Jurnal Presipitasi*, 5 (2): 55-62.
- Puspitasari, R.L., D. Elfidasari., Y. S. Hidayat., F. D. Qoyyimah & Fatkhurokhim. 2017. Deteksi Bakteri Pencemar Lingkungan (*Coliform*) pada Ikan Sapu-Sapu Asal Sungai Ciliwung. *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 4(1).
- Rachmatika, I & G. Wahyudewantoro. 2006. Jenis-Jenis Ikan Introduksi Di Perairan Tawar Jawa Barat Dan Banten: Catatan Tentang Taksonomi Dan Distribusinya. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 6(2).
- Rahmawati, D. 2011. Pengaruh Kegiatan Industri terhadap Kualitas Air Sungai Diwak Di Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. *Tesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro. Semarang.

- Romdhon, S., Sumindar & H. Kusiani. 2015. Komposisi Jenis Ikan Hasil Tangkapan di Sungai Serayu Bagian Hilir, Jawa Tengah. *Balai Penelitian dan Pemulihan Konservasi Sumberdaya Ikan. BTL*, 13 (1): 31-35
- Rusydi, A. F., D. Suherman & M.R. Djuwansah. 2013. Pencemaran Domestik di Kaligarang dan Kaligawe Kota Semarang. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi*. Bandung: LIPI
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*, XXX (3): 21-26.
- Samuel & S. Adjie. 2008. Zonasi, Karakteristik Fisika - Kimia Air dan Jenis-Jenis Ikan yang Tertangkap di Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 15 (1): 41 – 48.
- Santosa, Y., E.P. Ramadhan., & D.A. Rahman. 2008. Studi Keanekaragaman Mamalia Pada Beberapa Tipe Habitat Di Stasiun Penelitian Pondok Ambung Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 13 (3): 1-7.
- Sepriani., J.A & H.S.J. Kolengan. 2016. Pengaruh Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Paal 4 Kecamatan Tikala Kota Manado. *Chem. Prog*, 9 (1).
- Setyawan, Nanang., N. Kariada & E. Peniati. 2013. Mikro Anatomi Insang Ikan sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang. *Unnes Journal of Life Science*, 2 (1).
- Shetty, A., M. Venkateshwarlu & M. Muralidharan. 2015. Effect of water quality on the composition of fish communities in three coastal rivers of Karnataka, India. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(1): 42-51
- Simanjuntak, C.P.H. 2012a. Keragaman dan Distribusi Spasio-Temporal Iktiofauna Sungai Asahan Bagian Hulu dan Anak Sungainya. *Prosiding Seminar Basional Ikan VII*, (43 – 60).
- Sow A. Y., A. Ismail, dan S. Z Zulkifli. 2012. Copper and Zinc Speciation in Soils from Paddy Cultivation Areas in Kelantan, Malaysia. *Acta Biologica Malaysiana*, 1(1): 26-35.
- Sriwidodo D.W.E., A. Budiharjo & Sugiyarto. 2013. Keanekaragaman Jenis Ikan di Kawasan Inlet dan Outlet Waduk Gajah Mungkur Wonogiri. *Bioteknologi*, 10 (2): 43-50.
- Sucman, E., M. Vávrová., H. Zlámlová dan M. Mahrová. 2010. Fish – Useful Bio Indicators For Evaluation Of Contamination In Water Ecosystems. *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*, 11 (3).

- Syafei, L.S & D. Sudinno. 2018. Ikan Asing Invasif, Tantangan Keberlanjutan Biodiversitas Perairan. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 12(3): 145-161
- Tatangindatu, F., O. Kalesaran, & R. Rompas. 2013. Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano. *Jurnal Budidaya Perairan*, 1 (2): 8-19.
- Umar, C., E. S. Kartamihardja & Aisyah. 2015. Dampak Invasif Ikan Red Devil (*Chiclasoma labiatum*) Terhadap Keanekaragaman Ikan di Perairan Umum Daratan di Indonesia. *J. Kebijak.Perikan.Ind*, 7(1): 55-61
- Welcomme, R.L. 1988. International introductions of inland aquatic species. *FAO Fisheries Technical Paper* (294): 318
- White, W.T., P.R. Last., Dharmadi., R. Faizah., U. Chodrijah., B.I. Prisantoso., J.J. Pogonoski., M. Puckridge., S.J.M. Blaber. 2013. *Market Fishes of Indonesia*. Australian Government: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Widiyanto, A.T., Pramonowibowo & I. Setiyanto. 2016. Pengaruh Perbedaan Ukuran *Mesh Size* dan *Hanging Ratio* Serta Lama Perendaman Jaring Insang (*Gill Net*) Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Red Devil (*Amphilophus Labiatus*) di Waduk Sermo, Kulonprogo. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 5 (2): 19 – 26
- Williamson, M., 1973. Species diversity in ecological communities. In: Bartlett, M.S., Horns, R.W. (Eds.), *The Mathematical Theory of The Dynamics of Biological Populations*. Academic, London: 325–336.
- Windarto, J., H. Pawitan., Suripin & M. Januar. 2008. Model Prediksi Tinggi Muka Air Sungai Kali Garang Semarang dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal TEKNIK*, 29 (3).
- Wowor, D., R.K. Hadiaty & Irvan. 2010. *Studi Biota Perairan dan Herpetofauna di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung dan Cisadane*: Kajian Hilangnya Keanekaragaman Hayati. Bogor: Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Yatim, E.M & Mukhlis. 2013. Pengaruh Lindi (*Leachate*) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7 (2).