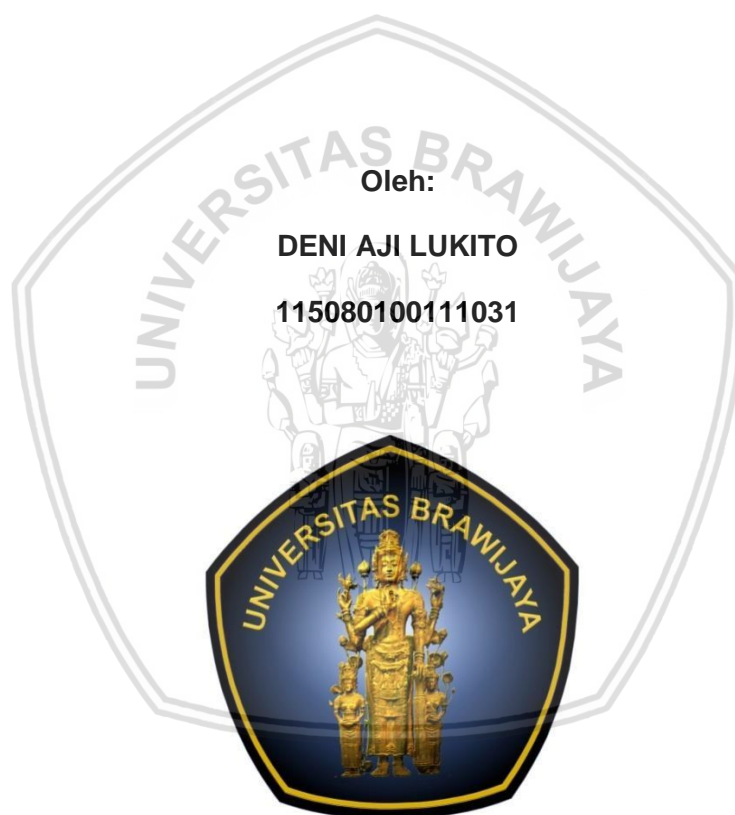


**PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH
(ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI
JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN



Oleh:

DENI AJI LUKITO

115080100111031

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

**PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH
(ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI
JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

DENI AJI LUKITO

115080100111031



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

JUDUL : PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH (ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR

PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH (ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR


Nama Mahasiswa : Deni Aji Lukito

Oleh :
DENI AJI LUKITO
NIM. 115080100111031

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 22 Mei 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

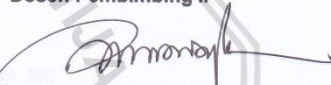
Dosen Pembimbing I

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II


Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS

NIP. 19591230 198503 2 002

Tanggal : 05 JUN 2018


Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi., MP

NIP. 19720529 20032 1 001

Tanggal : 05 JUN 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan MSP


Dr. H. M. Firdaus, MP

NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal :

05 JUN 2018

JUDUL : PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH (ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Deni Aji Lukito

NIM : 115080100111031

Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati., MS

Pembimbing 2 : Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi., MP

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

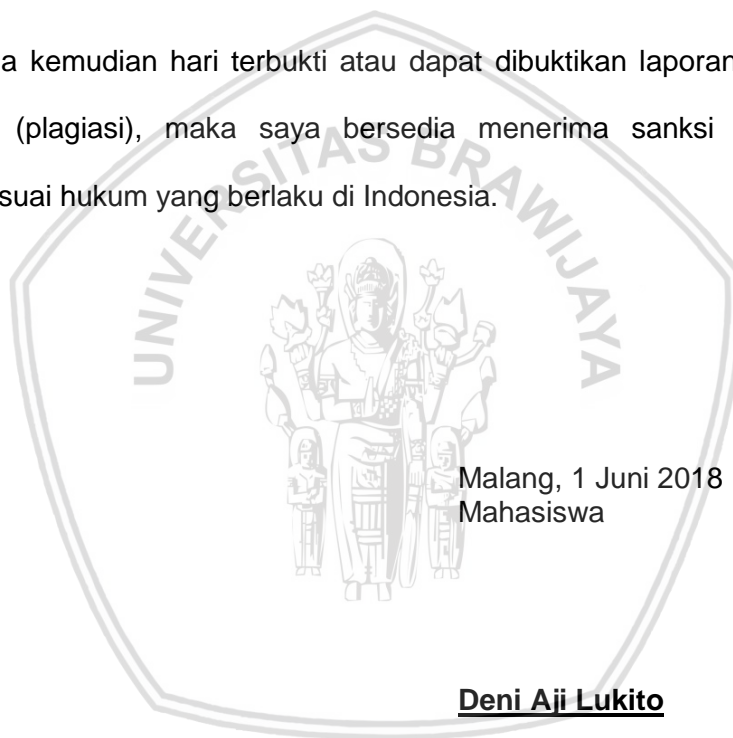
Dosen Penguji 2 : Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc

Tanggal Ujian 22 Mei 2018

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 1 Juni 2018
Mahasiswa

Deni Aji Lukito

NIM. 115080100111031

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya Laporan Skripsi ini dengan judul “PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH (ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya sebagai rasa syukur kepada berbagai pihak, diantaranya :

1. Orang tua tercinta Pak Ibnu Adji Pamungkas, Djuliani atas segala cinta yang teramat besar, doa yang tidak pernah terputus, nasehat yang tidak pernah salah, dukungan yang selalu menguatkan, serta kesabaran yang luar biasa.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati., MS dan bpk. Dr. Asus Maizar S.H., S.Pi., MP selaku dosen pembimbing Skripsi atas ketersediaan waktunya, memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberikan masukan demi terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan/ti FPIK UB, atas bantuan dan kerjasamanya dalam memfasilitasi penulis untuk menempuh pendidikan Strata 1 nya dengan sebaik-baiknya;
4. Rekan-rekan sejawat di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, baik seputar kampus, organisasi, sosial, politik, kemasyarakatan dan banyak hal lainnya;
5. Rekan-rekan sejawat di Program Studi MSP angkatan 2011 FPIK UB, *ARM Eleven*, yang telah berkenan menjadikan penulis menjadi bagian dari “keluarga kecil”-nya, semoga silaturahmi ini akan terus terjaga sampai kapanpun, *special thanks* to Defina, Dilla, Ragil, Dwi Badeg, M. Luthfi, Arif .

RINGKASAN

DENI AJI Lukito. PROFIL HEMATOLOGI DAN MIKRONUCLEI PADA SEL DARAH MERAH (ERITROSIT) IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DARI SUNGAI KALI JAGIR KOTA SURABAYA JAWA TIMUR. (Dibawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS** dan **Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP.**)

Sungai Kali Jagir terletak di Kota Surabaya, Propinsi Jawa Timur. Dampak dari aktivitas penduduk sekitar sungai tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sungai dan diduga berpengaruh pula pada darah ikan tawes dari sungai tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mikronuklei pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang tertangkap di Sungai Kali Jagir, yang dilihat dari jumlah eritrosit, leukosit, konsentrasi hemoglobin, nilai hematokrit dan jumlah mikronuklei. Disamping itu juga diamati kualitas perairan Sungai Kali Jagir meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, BOD, COD, TSS dan kadar logam berat Hg. Penelitian dilaksanakan dalam metode survei. Stasiun 1 (dekat hulu), stasiun 2 merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dari aktifitas manusia dan stasiun 3 merupakan daerah dekat persawahan. Sampel ikan tawes diambil dari tiga stasiun tersebut, masing-masing stasiun diambil 10 ekor ikan, sehingga total ikan seluruhnya berjumlah 30 ekor. Mikronuklei terbaik diperoleh di stasiun 1 sebesar 6 sel/1000 (eritrosit rata-rata 1.384.000 sel/mm³, leucosit 198.977,5 sel/mm³, hemoglobin 7,14 % dan hematokrit 29,5 %). Selanjutnya pada daerah pembuangan limbah domestik (stasiun 2) Nilai mikronuklei makin meningkat 11,5 sel/1000 (eritrosit rata-rata 438.000 sel/mm³, leucosit 643.287,5 sel/mm³, hemoglobin 2,49 % dan hematokrit 14,2 %). Menuju ke arah stasiun 3 yang merupakan wilayah persawahan dan menuju ke arah muara nilai mikronuklei membaik menjadi 9,6 sel/1000 yang menunjukkan adanya recovery dari ekosistem sungai Kali Jagir tersebut (eritrosit rata-rata 642.000 sel/mm³, leucosit 556.507,5 sel/mm³, hemoglobin 4,79 % dan hematokrit 19,5 %). Kualitas air sungai Kali Jagir masih memenuhi persyaratan mutu air kelas III. Perairan Sungai Kali Jagir terbaik di peroleh di bagian dekat hulu kemudian menurun mutunya di wilayah pembuangan limbah domestik (stasiun 2) dan mengalami perbaikan mutu (recovery) di dekat persawahan (stasiun 3). Dengan demikian diperlukan pengawasan dan penegakan hukum agar warga sekitar sungai dapat mentaati aturan pemanfaatan sungai yang berlaku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada saya sehingga saya berhasil menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Karakteristik Mikronuclei Pada Sel Darah Merah (Eritrosit) Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) di Sungai Surabaya dan Kali Jagir Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur”. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi kondisi kesehatan ikan berdasarkan gambaran hematologi yang tertangkap di Sungai Kali Jagir, Surabaya dan kualitas perairan di sungai tersebut.

Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini tentunya tidak sedikit hambatan yang dihadapi. Namun Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu Penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun supaya Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Malang, April 2018

Deni Aji Lukito

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kegunaan Penelitian	5
1.5 Tempat dan Waktu	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi Sungai	7
2.2 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Sepat	8
2.3 Hematologi Sel Darah Ikan.....	9
2.3.1 Sel Darah Merah (Eritrosit).....	10
2.3.2 Sel Darah Putih (Leukosit)	12
2.3.3 Hemoglobin.....	13
2.3.4 Hematokrit	13
2.4 Mikronuclei	14
2.5 Bahan Pencemar dan Pencemaran Air.....	15
2.6 Mekanisme Penyerapan Bahan Pencemar Oleh Darah.....	17
2.7 Parameter Kualitas Air.....	18
2.7.1 Suhu	18
2.7.2 Derajat Keasaman (pH).....	19
2.7.3 Oksigen Terlarut.....	19
2.7.4 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	20

2.7.5 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	21
2.7.6 Total Suspended Solid (TSS)	22
BAB 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Materi Penelitian.....	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Metode Penelitian.....	23
3.3.1 Teknik Pengumpulan Data	23
3.3.2 Penetapan Stasiun Pengamatan.....	24
3.3.3 Teknik Pengambilan Ikan	25
3.4 Metode Pemeriksaan Darah	25
3.4.1 Metode Pengambilan Darah Ikan	25
3.4.2 Metode Pengamatan Sel Darah Ikan	26
3.4.3 Pengamatan Jumlah Sel Darah Merah	26
3.4.4 Pengamatan Jumlah Sel Darah Putih	27
3.4.5 Perhitungan Konsentrasi Hemoglobin	27
3.4.6 Perhitungan Nilai Hematokrit.....	28
3.4.7 Pengamatan Mikronuclei Pada Sel Darah Ikan	28
3.5 Metode Pengukuran Kualitas Air Parameter Fisika dan Kimia	29
3.5.1 Suhu	29
3.5.2 Pengukuran DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	29
3.5.3 Derajat Keasaman (pH)	30
3.5.4 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	30
3.5.5 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	31
3.5.6 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	34
3.5.7 Logam Berat Merkuri (Hg).....	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	38
4.1.1 Stasiun 1	38
4.1.2 Stasiun 2.....	39
4.1.3 Stasiun 3.....	39
4.2 Analisa Morfologi Ikan Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>).....	40
4.3 Parameter Kualitas Air.....	40

4.3.1 Suhu	41
4.3.2 Derajat Keasaman (pH)	41
4.3.3 Oksigen Terlarut (DO).....	42
4.3.4 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	43
4.3.5 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	44
4.3.6 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	44
4.3.7 Logam Berat Hg (Merkuri).....	45
4.4 Kondisi Hematologi Ikan Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	46
4.4.1 Jumlah Sel Darah Merah (Eritrosit)	46
4.4.2 Jumlah Sel Darah Putih (Leukosit).....	48
4.4.3 Konsentrasi Hemoglobin	51
4.4.4 Nilai Hematokrit.....	53
4.5 Jumlah Mikronuclei.....	55
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	58
1.1 Kesimpulan.....	58
1.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Pengukuran Kualitas Air Di Sungai Kali Jagir.....	40
2. Jumlah Eritrosit Ikan Tawes Pada Tiga Stasiun	46
3. Jumlah Leukosit Ikan Tawes Pada Tiga Stasiun	49
4. Konsentrasi Hemoglobin Ikan Tawes Pada Tiga Stasiun	51
5. Nilai Hematokrit Ikan Tawes Pada Tiga Stasiun.....	53
6. Jumlah Mikroneclei Ikan Tawes Pada Tiga Stasiun	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Rumusan Masalah	4
2. Ikan tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	8
3. Sel Darah Merah (Eritrosit)	11
4. Sel Darah Putih (Leukosit)	12
5. Mikronuclei Pada Ikan Nila.....	15
6. Lokasi Stasiun 1	38
7. Lokasi Stasiun 2	39
8. Lokasi Stasiun 3	39
9. Grafik Jumlah Total Eritrosit	48
10. Grafik Jumlah Total Leukosit.....	50
11. Grafik Konsentrasi Hemoglobin Ikan Tawes Pada Tiap Stasiun.....	52
12. Grafik Nilai Hematokrit Ikan Tawes Pada Tiap Stasiun	54
13. Grafik Jumlah Mikronuclei Ikan Tawes Pada Tiap Stasiun.....	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian	64
2. Alat dan Bahan	65
3. Data Hasil Pengamatan Hematologi	66
4. Contoh Perhitungan Jumlah Eritrosit dan Leukosit.....	67
5. Hasil Pengamatan Darah Ikan Tawes.....	68
5. Dokumentasi.....	69



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun (toksik) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran. Aktivitas kehidupan yang sangat tinggi yang dilakukan oleh manusia ternyata telah menimbulkan bermacam-macam efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan tatanan lingkungan hidup. Akibatnya terjadi pergeseran keseimbangan dalam tatanan lingkungan dari bentuk asal ke bentuk baru yang cenderung lebih buruk (Palar, 1994).

Beberapa pencemaran di sungai tentunya diakibatkan oleh kehidupan disekitarnya baik pada sungai itu sendiri maupun perilaku manusia sebagai pengguna. Pengaruh dominan terjadinya pencemaran yang sangat terlihat adalah kerusakan yang diakibatkan oleh manusia dalam kualitas tergantung dari pola kehidupannya. Setiap pinggiran sungai yang padat dengan pemukiman, dipastikan akan terlihat saluran-saluran buangan yang menuju ke badan sungai., sehingga apabila dikumulatitkan dari beberapa saluran buangan maka akan menjadi buangan yang cukup tinggi (Sukadi, 1999).

Menurut Fitriyah (2007), pencemaran air diklasifikasikan sebagai berikut: pencemaran organik, anorganik, radio aktif dan asam/basa. Saat ini hampir semua bahan pencemar telah dikenal manusia, dan hampir 100.000 zat kimia telah digunakan secara komersial, kebanyakan sisa zat dibuang ke badan air atau

air tanah. Seperti pestisida, deterjen, PCBBS (*polychlorinated phenols*). Lingkungan perairan yang tercemar akan mengalami tekanan (*stress*), yang cenderung mengarah pada penurunannya kualitas karena terganggu keseimbangan alami yang akan menimbulkan bahaya bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Henny, 2003 *dalam* Fua, 2012).

Ikan adalah salah satu organisme yang paling banyak hidup di lingkungan perairan dan menjadi rentan terhadap pencemaran lingkungan dapat mencerminkan sejauh mana efek biologis pencemaran lingkungan di perairan. Pemantauan parameter darah, baik seluler dan noncellular mungkin memiliki nilai diagnostik yang cukup dalam menilai tanda-tanda peringatan awal dari keracunan pestisida (Pant *et al.*, 1987). Menurut Setyawan (2009), ikan dapat digunakan sebagai bioindikator karena mempunyai kemampuan merespon adanya bahan pencemar. Ikan dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun terhadap adanya senyawa pencemar yang terlarut dalam batas konsentrasi tertentu.

Pemeriksaan darah mempunyai kegunaan dalam menentukan adanya gangguan fisiologis tertentu dari ikan. Menurut Purwanto (2006), pemeriksaan darah dilakukan untuk memantapkan diagnose suatu penyakit, karena terjadinya gangguan fisiologis ikan akan menyebabkan perubahan pada komponen-komponen darah yang selanjutnya akan dapat menentukan kondisi atau status kesehatan ikan. Perubahan komponen darah dapat terjadi secara kualitatif maupun kuantitatif baik dari segi gambaran sel maupun analisa bahan kimianya. Oleh karena itu penting mengetahui gambaran darah ikan untuk mengetahui kondisi kesehatannya.

Sel darah adalah indikator penting dari perubahan dalam lingkungan internal dan eksternal hewan. Pada ikan parameter tersebut lebih berkaitan dengan respon dari seluruh organisme, yaitu untuk efek pada kelangsungan

hidup ikan, reproduksi dan pertumbuhan. Ikan yang tinggal dan kontak dengan lingkungannya sangat rentang terhadap perubahan fisik dan kimia yang dapat tercermin dalam komponen darah mereka (Alkahemal-Balawi *et al.*, 2011).

Mikronuclei adalah nukleus kecil yang merupakan materi nucleus, ukurannya kecil apabila dibandingkan dengan nukleusnya. Menurut Fenech dan Marley (1985) *dalam* Lusiyanti dan Alatas (2011), mikronuclei merupakan materi nucleus (DNA) terlihat sebagai lingkaran kecil dalam sitoplasma di luar nukleus, dengan struktur dan intensitas warna serupa dengan nukleus. Mikronuclei terbentuk dari fragmen asentrik yang gagal bergabung dengan sel anak selama proses pembelahan sel. Dapat juga terbentuk dari sebuah kromosom yang tertinggal, atau tidak terbawa dalam proses mitosis, atau terjadi akibat konfigurasi kromosom yang kompleks, pada waktu proses anafase.

Secara teoritis mikronukleus merupakan kromatin sitoplasmik yang tampak sebagai inti kecil terbentuk dari patahan kromosom yang diasingkan dari inti (nukleus) pada tahap anaphase pembelahan sel. Setelah mencapai tahap telofase, elemen sentris menjadi inti sel anak, sedang fragmen kromosom yang tertinggal tetap berada pada sitoplasma membentuk inti kecil yang disebut mikronukleus/ mikronuclei (Sumpena *et al.*, 2009 *dalam* Rangkuti *et al.*, 2012).

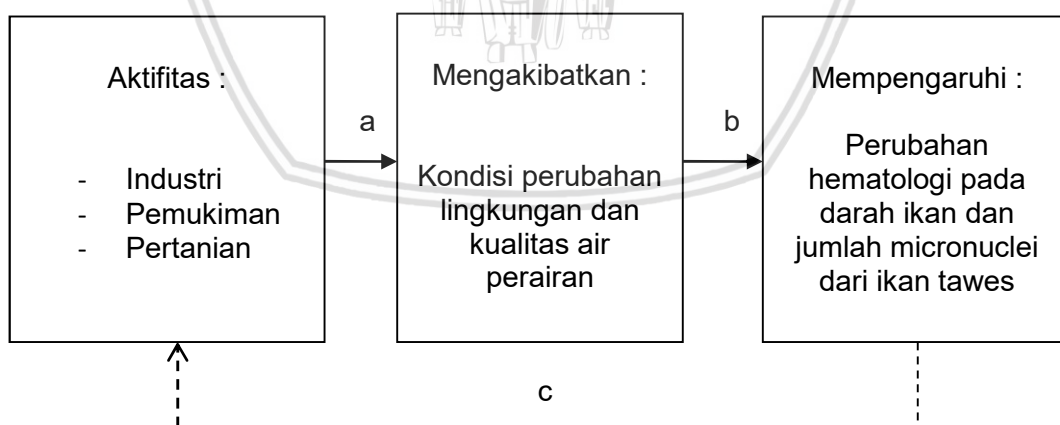
Mikronuclei terbentuk selama pembelahan sel, mencerminkan efek mutagenik oleh hilangnya kromosom fragmen atau seluruh kromosom yang tidak termasuk dalam anafase berikut inti utama. Uji mikronuclei pada ikan memiliki potensi untuk mendeteksi bahan pencemar dari efek lingkungan dalam media air. Karena eritrosit teleost yang bernukleus, mikronuclei telah menskoring eritrosit pada ikan sebagai ukuran aktivitas dari istirahat di kromosom, menyebabkan bagian dari kromosom yang dihapus, ditambahkan atau disusun kembali (Al-Sabti dan Metcalfe, 1995 *dalam* Guner dan Fulya, 2011).

Dari uraian sebelumnya diperlukan uji micronuclei pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) untuk menilai tingkat parameter kesehatan di Sungai Kali Jagir Kota Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Sungai Kali Jagir merupakan Badan air yang terletak di Kota Surabaya. Di sekitar dan sepanjang aliran sungai ini terdapat berbagai aktivitas manusia mulai dari industri, pemukiman, dan pertanian yang membuang limbah cairnya di badan air Sungai Kali Jagir.

Hal tersebut dapat memberikan beban masukan tersendiri bagi Sungai ini, sehingga memungkinkan dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan Sungai Kali Jagir. Pemeriksaan darah mempunyai kegunaan dalam menentukan adanya gangguan fisiologis tertentu dari ikan. Sel darah adalah indikator penting bagi perubahan lingkungan internal dan eksternal ikan, parameter ini berkaitan dengan respon ikan terhadap perubahan lingkungan fisika dan kimia yang tercermin dalam komponen darah (**Gambar 1**).



Gambar 1. Diagram Alir Rumusan Masalah

Keterangan

- a. Kegiatan manusia yang menghasilkan limbah seperti limbah pada industri, pertanian dan rumah tangga yang di buang ke sungai akan menyebabkan pencemaran.
- b. Masuknya limbah industri, pertanian dan rumah tangga yang berlebih akan mengakibatkan perubahan kualitas air.
- c. Perubahan kualitas air akan mempengaruhi kesehatan ikan. Pemeriksaan pada darah ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) akan memberikan informasi bagaimana pencemaran yang terjadi bagi kesehatan ikan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui kondisi perairan Sungai Kali Jagir melalui profil hematologi yang dilihat dari jumlah eritrosit, leukosit, konsentrasi hemoglobin, nilai hematocrit dan jumlah mikronuclei pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang tertangkap di Sungai Kali Jagir Kota Surabaya Jawa Timur.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pembaca mengenai uji micronuclei pada ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*). Selain itu juga dapat menambah pengetahuan, pengalaman kerja dan membandingkan teori yang didapatkan di bangku perkuliahan dengan kenyataan yang ada di lapang.

1.5 Tempat dan Waktu pelaksanaan

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Sungai Kali Jagir Kota Surabaya. Provinsi Jawa Timur dan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air dari lingkungan sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah sekitar sungai yang mensuplai air sungai dikenal dengan daerah tangkapan air atau daerah penyanggah. Kondisi suplai air dari daerah penyanggah dipengaruhi aktivitas dan perilaku penghuninya. Pada umumnya daerah hulu mempunyai kualitas air yang lebih baik dari pada daerah hilir. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu relative sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan kecil. Semakin kearah hilir keragaman pemanfaatan lahan meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair dari daerah hulu yang menuju daerah hilir pun menjadi meningkat. Pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang dimulai dari hulu (Wowiho, 2005 *dalam* Yuliasuti, 2011).

Menurut Bisri (2009) *dalam* Wibowo (2010) sungai adalah salah satu sumberdaya air yang terdapat di atas permukaan tanah yang mempunyai komponen badan sungai dan kawasannya, sungai merupakan tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Sungai mempunyai kawasan tampungan air yang akan masuk ke badan sungai tersebut, dan secara umum dinamakan Daerah Aliran Sungai (DAS).

2.2 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Klasifikasi ikan tawes menurut Nelson (2006), adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Cypriniformes
Superfamili	: Cyprinoidea
Famili	: Cyprinidae
Genus	: Barbonimus
Spesies	: <i>Barbonymus gonionotus</i>



Gambar 2. Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)
Sumber: (Dokumentasi Pribadi)

Ikan tawes merupakan salah satu ikan asli Indonesia terutama pulau Jawa. Hal ini juga menyebabkan tawes memiliki nama ilmiah *Puntius javanicus*. Namun, berubah menjadi *Puntius gonionotus*, dan terakhir berubah menjadi *Barbonymus gonionotus*. Ikan tawes memiliki nama local tawes (Indonesia), taweh atau tawas, lampam Jawa (Melayu). Di danau Sidendreng ikan tawes disebut bale kande (Amri dan Khairuman, 2008).

Ikan tawes termasuk ke dalam famili *Cyprinidae* seperti ikan mas dan ikan nilem. Bentuk badan agak panjang dan pipih dengan punggung meninggi, kepala kecil, moncong meruncing, mulut kecil terletak pada ujung hidung, sungut sangat kecil atau rudimenter. Di bawah garis rusuk terdapat sisik $5\frac{1}{2}$ buah dan $3-3\frac{1}{2}$ buah di antara garis rusuk dan permulaan sirip perut. Garis rusuknya sempurna berjumlah antara 29-31 buah. Badan berwarna keperakan agak gelap di bagian punggung. Pada moncong terdapat tonjolan-tonjolan yang sangat kecil. Sirip punggung dan siri ekor berwarna abu-abu atau kekuningan, dan sirip ekor bercagak dalam dengan lobus membulat, sirip dada berwarna kuning dan sirip dubur berwarna oranye terang. Sirip dubur mempunyai $6\frac{1}{2}$ jari-jari bercabang (Kottelat *et al.*, 1993).

2.3 Hematologi Sel Darah Ikan

Hematologi adalah ilmu yang mempelajari komponen sel darah serta kelainan fungsional dari sel tersebut. Analisa karakteristik sel darah dapat memberikan beberapa petunjuk mengenai keberadaan penyakit yang ditemukan dalam tubuh organisme (Anderson dan Swiwicki, 1995 dalam Andayani *et al.*, 2014). Sedangkan menurut Royan *et al.*, (2014), profil darah yang digunakan untuk mengevaluasi respon fisiologis pada ikan dapat dilihat dari perubahan kadar hormon kortisol, glukosa darah, hemoglobin, dan hematokrit. Dalam kondisi stress terjadi perubahan jumlah eritrosit, nilai hematokrit dan kadar hemoglobin, sedangkan jumlah leukosit cenderung meningkat.

Darah adalah cairan tubuh, yang berfungsi mengangkut oksigen ke seluruh jaringan agar semua sel dapat berjalan sesuai fungsinya. Menurut Purwanto, (2006), darah juga mengangkut makanan dari saluran pencernaan dan hormon dari kelenjar ke seluruh tubuh. Darah juga berperan membawa agen penyakit ke

seluruh sel atau jaringan sehingga menyebabkan organisme tersebut sakit. Menurut Affandi *et al.*, (2005), bahwa komposisi darah ikan diantaranya air yang mencakup 91 – 92 %, protein sekitar 8 – 9 % yang terdiri dari serum globin dan fibrinogen, garam anorganik dalam bentuk ion sekitar 0,9 % seperti : Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{4-} , L dan kation : Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} . Subtansi organik terdiri dari: non protein nitrogen, misalnya lipid, karbohidrat, glukosa, garam ammonium, urea, asam urat dan gas terlarut dalam plasma. Berbagai sustansi lain seperti hormon, enzim dan anti toksin. Sel darah ikan memiliki inti yang menonjol dengan jumlah ± 2 juta mm^3 dan memiliki ukuran yang cukup konsisten yaitu umumnya sekitar $12 \times 3 \mu$ dan memiliki sitoplasma yang kecil. Menurut Johnny *et al.*, (2003) dalam Affandi *et al.*, (2005), berdasarkan warnanya sel darah dibagi menjadi dua yaitu sel darah merah dan sel darah putih. Darah mengandung sel – sel yang dirancang untuk mencegah infeksi, menghentikan pendarahan dan mengangkut hormon.

Darah ikan tersusun dari sel-sel yang tersuspensi dalam plasma dan diedarkan ke seluruh jaringan tubuh melalui sistem sirkulasi tertutup. Menurut Takashima dan Hibiya (1995) dalam Maswan (2009), darah tersusun atas cairan darah (plasma darah) dan elemen-elemen seluler (sel-sel darah). Plasma darah terdiri dari air, protein (yakni albumin, globulin dan faktor-faktor koagulasi), lipid dan ion, adapun sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit).

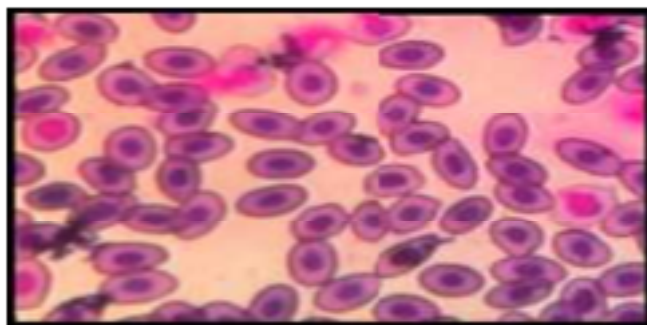
2.3.1 Sel Darah Merah (Eritrosit)

Sel darah merah (eritrosit) ikan mempunyai inti, umumnya berbentuk bulat dan oval tergantung pada jenis ikannya. Inti sel eritrosit terletak sentral dengan sitoplasma terlihat jernih kebiruan dengan pewarnaan giemsa (Chinabut *et al.* 1991). Jumlah eritrosit berbeda-beda pada berbagai spesies dan juga sangat

dipengaruhi oleh suhu, namun umumnya berkisar antara 1 - 3 juta sel/mm³ (Takashima dan Hibiya 1995 *dalam* Maswan 2009).

Jumlah eritrosit bervariasi pada tiap spesies dan biasanya dipengaruhi oleh stres dan suhu lingkungan. Jumlah eritrosit pada teleostei berkisar antara 1,05 x 10⁶ sel/mm³ dan 3,0 x 10⁶ sel/mm³ (Roberts, 2001). Sedangkan menurut Chinabut *et al.*, (1991) *dalam* Sukenda *et al.*, (2008) melaporkan bahwa eritrosit yang matang berbentuk oval sampai bundar dengan inti yang kecil dan sitoplasma dalam jumlah yang besar. Eritrosit dan retikulosit dibuat di organ ginjal terutama ginjal anterior (*pronephros*) dan limpa. Inti sel akan berwarna ungu dan dikelilingi oleh plasma berwarna biru tua dengan pewarnaan Giemsa.

Menurut Komariah (2009), fungsi utama dari sel – sel darah merah atau eritrosit yaitu sebagai pengangkut hemoglobin dan sebagai pengangkut oksigen dari paru paru. Selain mengangkut hemoglobin, eritrosit juga mempunyai fungsi lain seperti mengkatalis reaksi antara karbon dioksida dan air, sehingga meningkatkan kecepatan reaksi bolak – balik ini beberapa ribu kali lipat. Cepatnya reaksi ini membuat air dalam darah bereaksi dengan banyak sekali karbon dioksida dan dengan demikian mengangkutnya dari jaringan menuju paru – paru dalam bentuk ion bikarbonat (HCO₃⁻). Gambar sel darah merah dapat dilihat pada **Gambar 3**.

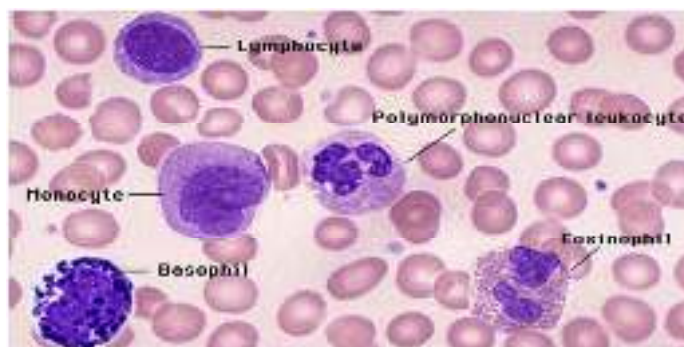


Gambar 3. Eritrosit pada ikan bandeng (*Chanos chanos*)
Sumber : (Utami, 2015)

2.3.2 Sel Darah Putih (Leukosit)

Menurut Effendi (2003). Leukosit adalah sel darah yang mengandung inti, disebut juga sel darah putih. Dilihat dalam mikroskop cahaya maka sel darah putih mempunyai granula spesifik (granulosit), yang dalam keadaan hidup berupa tetesan setengah cair, dalam sitoplasmanya dan mempunyai bentuk inti yang bervariasi, yang tidak mempunyai granula, sitoplasmanya homogen dengan inti bentuk bulat atau bentuk ginjal. Terdapat dua jenis leukosit agranuler: limfosit sel kecil, sitoplasma sedikit; monosit sel agak besar mengandung sitoplasma lebih banyak. Terdapat tiga jenis leukosit granuler: Neutrofil, Basofil, dan Asidofil (atau eosinofil) yang dapat dibedakan dengan afinitas granula terhadap zat warna netral basa dan asam. Leukosit mempunyai peranan dalam pertahanan seluler dan humoral organisme terhadap zat-zat asing. Leukosit dapat melakukan gerakan amuboid dan melalui proses diapedesis leukosit dapat meninggalkan kapiler dengan menerobos antara sel-sel endotel dan menembus ke dalam jaringan penyambung.

Menurut Mahawati *et al.*, (2006). Peningkatan jumlah leukosit melebihi jumlah maksimal didefinisikan sebagai *leukositosis*, biasanya sebagai respon fisiologis untuk melindungi tubuh dari serangan mikroorganisme. Gambar sel darah putih dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Sel darah putih Leukosit)
(Anjasari, 2012)

2.3.3 Hemoglobin

Lagler *et al.* (1977) *dalam* Anderson (1990), mengatakan bahwa kadar Hemoglobin (Hb) dalam darah ikan berkaitan dengan jumlah eritrosit. Hemoglobin mengangkut oksigen dalam ikatan dengan Fe (besi) dari darah. Kadar hematokrit yang abnormal dapat dijadikan petunjuk mengenai rendahnya kandungan protein pakan atau ikan mendapat infeksi (Blaxhall 1972 *dalam* Anderson 1990).

Menurut Santoso (1998) *dalam* Safitri *et al* (2013) keadaan stres dapat mempengaruhi aktivitas fisiologis dan kadar hemoglobin pada ikan. Keadaan fisiologis darah ikan sangat bervariasi, tergantung pada kondisi lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan pH (Adelbert, 2008 *dalam* Safitri *et al.*, 2013). Sedangkan Menurut Svobodova dan Vyukusova (1991) *dalam* Maswan (2009), penentuan kadar hemoglobin dalam cairan darah berguna untuk melihat kesehatan ikan serta hubungan antara darah dan hormon pada ikan. Kadar hemoglobin adalah banyaknya hemoglobin gram/100 ml darah.

Menurut Salasia *et al* (2001), kadar hemoglobin normal pada ikan nila berkisar (5,05-8,33) gram/100 ml darah. Rendahnya kadar hemoglobin berdampak pada jumlah oksigen yang rendah pula didalam darah. Banyak faktor yang mempengaruhi rendahnya kadar hemoglobin menurut Dellman and Brown (1989) *dalam* Salasia *et al* (2001) mengatakan kadar hemoglobin dibawah kisaran normal mengindikasikan rendahnya kandungan protein pakan, defisiensi vitamin dan kualitas air buruk atau ikan mendapat infeksi.

2.3.4 Hematokrit

Hematokrit adalah parameter yang berpengaruh terhadap pengukuran volume sel darah merah. Menurut Sukenda *et al* (2008), kadar hematokrit adalah persentase volume sel darah merah dalam darah yang diperoleh dari sampel

darah total yang ada di tabung kapiler. Seiring meningkatnya jumlah eritrosit maka nilai hematokrit ikut meningkat pula.

Hematokrit adalah angka yang menunjukkan persentase zat padat dalam darah terhadap cairan darah. Hematokrit digunakan mengukur perbandingan antara eritrosit dengan plasma, sehingga hematokrit memberikan rasio total eritrosit dengan total volume darah dalam tubuh. Nilai hematokrit dipengaruhi oleh ukuran dan jumlah eritrosit (Ganong, 1995 *dalam* Dosim *et al.*, 2013).

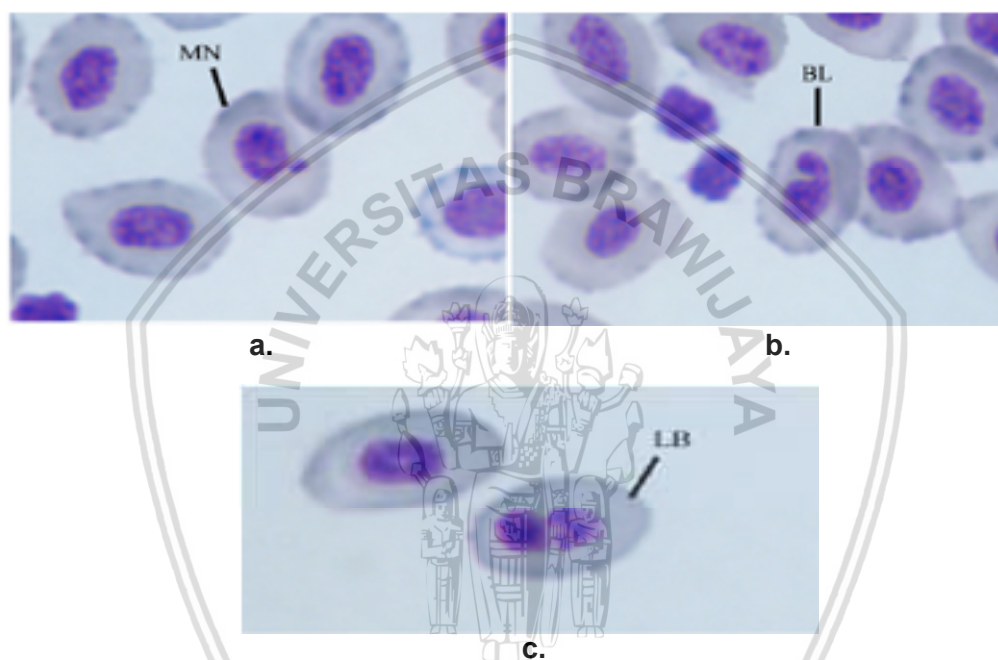
Menurut Svobodova & Vyukusova (1991) *dalam* Maswan (2009). Penentuan kadar hematokrit dalam cairan darah berguna untuk melihat kesehatan ikan serta hubungan antara darah dan hormon pada ikan. Kadar hematokrit yaitu persentase volume sel darah merah pada ikan mas berkisar antara (28 – 40) % Sedangkan menurut Bond (1979) *dalam* Royan *et al* (2014) nilai hematokrit pada ikan teleostei berkisar antara (20-30) %, dan pada beberapa spesies ikan laut sekitar 42 %.

2.4 Mikronuclei

Mikronuclei adalah sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom acentrik atau kromosom tertinggal selama anafase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Karena kerusakan genetik yang menghasilkan kelainan kromosom sehingga menyebabkan pembentukan mikronukleus, kejadian mikronuclei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Dari penyimpangan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan (Ali *et al.*, 2008).

Menurut Lusiyanti dan Alatas (2011), mikronuclei terbentuk dari fragmen acentrik yang gagal bergabung dengan sel anak selama proses pembelahan sel. Dapat juga terbentuk dari sebuah kromosom yang tertinggal, atau tidak terbawa

dalam proses mitosis, atau terjadi akibat konfigurasi kromosom yang kompleks, pada waktu proses anafase. Kriteria mikronuclei di antaranya yaitu diameter kurang dari seperlima diameter nukleus ($10\mu\text{m}$), terletak dalam sitoplasma dan di luar nukleus, tidak ada kontak dengan nucleus. Mikronuclei terbentuk akibat kerusakan struktur dari kromosom yang terjadi pada fase G₀-G₁ dari siklus sel, sehingga mikronukleus muncul setelah sel mengalami pembelahan inti. Gambar mikronuclei dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. a. Mikronuclei pada ikan nila yang terkena dampak nuklir b. Blebbed nuclei c. Lobed nuclei (Kosai *et al.*, 2011).

2.5 Bahan Pencemar dan Pencemaran Air

Bahan pencemar (polutan) adalah bahan – bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi 2, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik. Polutan alamiah adalah polutan yang memasuki suatu lingkungan (badan air) secara alami, contohnya akibat tanah

longsor, letusan gunung berapi, banjir dan fenomena alam yang lain. Polutan antropogenik adalah polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, contohnya kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan) maupun kegiatan industri (Effendi, 2003).

Pencemaran air adalah penyimpangan sifat – sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam semesta ini tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, namun bukan berarti bahwa semua air sudah tercemar. Air permukaan dan air sumur pada umumnya mengandung bahan – bahan metal terlarut, seperti Na, Mg, Ca dan Fe. Air yang mengandung komponen – komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah. Adanya benda – benda asing yang mengakibatkan air tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya secara normal disebut dengan pencemaran air (Kristanto, 2002).

Beberapa pencemaran di sungai tentunya diakibatkan oleh kehidupan disekitarnya baik pada sungai itu sendiri maupun perilaku manusia sebagai pengguna. Pengaruh dominan terjadinya pencemaran yang sangat terlihat adalah kerusakan yang diakibatkan oleh manusia dalam kuantitas tergantung dari pola kehidupannya. Setiap pinggiran sungai yang padat dengan pemukiman, dipastikan akan terlihat saluran – saluran buangan yang menuju ke badan sungai. Sehingga apabila dikumulatikan dari beberapa saluran buangan maka akan menjadikan buangan yang cukup tinggi (Sukadi, 1999).

Berdasarkan sumbernya (Mudarisin, 2004), jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu :

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang berasal dari pemukiman, tempat-tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat-tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang

kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas $\pm 70\%$ zat organik (terutama protein, karbohidrat, dan lemak) serta sisanya 30% zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam-garam dan logam.

2. Limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat berasal dari air bekas pencuci, bahan pelarut ataupun pendingin dari industri-industri tersebut. Pada umumnya limbah cair industri lebih sulit dalam pengolahannya, hal ini disebabkan karena zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain yang bersifat toksik.

3. Limbah pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida, dan pupuk kimia yang berlebihan.

4. Infiltration/inflow yaitu limbah cair yang berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

2.6 Mekanisme Penyerapan Bahan Pencemar Oleh Darah

Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami tiga macam proses akumulasi yaitu fisik, kimia dan biologis. Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota untuk menimbun logam bahan pencemar mengakibatkan bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia lalu mengendap di dasar laut. Melalui rantai makanan terjadi metabolisme bahan berbahaya secara biologis dan akhirnya akan mempengaruhi kesehatan manusia. Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut dengan bioakumulasi (Hutagalung, 1984).

Bahan Pencemar (racun) masuk ke dalam tubuh organisme atau ikan melalui proses absorpsi. Absorpsi merupakan proses perpindahan racun dari

tempat absorpsinya ke dalam sirkulasi darah. Absorpsi, distribusi dan ekskresi bahan pencemar tidak dapat berlangsung dengan 2 cara : transport pasif (yaitu melalui proses difusi) dan transport aktif (yaitu dengan sistem transport khusus, dalam hal ini zat lazimnya terikat pada molekul pembawa). Bahan pencemar dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi permukaan kulit (Hutagalung, 1984).

Kerusakan jaringan oleh logam terdapat pada beberapa lokasi baik tempat masuknya maupun tempat penimbunannya. Akibat yang ditimbulkan dari toksisitas logam dapat berupa kerusakan fisik (erosi, degenerasi) dan dapat berupa gangguan fisiologik (gangguan fungsi enzim dan gangguan metabolisme). Adanya gangguan tersebut, sel akan mengalami kerusakan yang tingkatannya berbeda-beda untuk jenis sel yang berbeda, meskipun penyebabnya sama. Kerusakan sel ini akan diikuti oleh dua kemungkinan, yang pertama adalah mengalami survival, namun akan tetap mengurangi umur sel dan yang kedua, sel akan mengalami kematian, meskipun kelihatan normal morfologinya (Fitriyah, 2007).

2.7 Parameter Kualitas Air

2.7.1 Suhu

Suhu di perairan menurut Effendi (2003), bahwa panas dinginnya suatu perairan yang di pengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut serta aliran dan kedalaman badan air. Perubahan suhu akan mempengaruhi kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu bagi pertumbuhannya. Suhu lingkungan berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana semakin tinggi intensitas matahari dan semakin optimum kondisi fotosintesis, maka akan semakin nyata hasil fotosintesisnya (Lee, *et al.*, 1999 dalam Sirajudin, 2009).

Menurut Sastrawijaya (2010), kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktivitas biologis dan fisiologis di dalam ekosistem sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelarutan oksigen di dalam air, apabila suhu air naik maka kelarutan oksigen di dalam air menurun. Bersamaan dengan peningkatan suhu juga akan mengakibatkan peningkatan aktivitas metabolisme akuatik, sehingga kebutuhan akan oksigen juga meningkat. Variasi suhu dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu antara lain tingkat intensitas cahaya yang tiba dipermukaan perairan, keadaan cuaca, awan dan proses pengadukan serta radiasi matahari.

2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran tentang besarnya konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan apakah air itu bersifat asam atau basah dalam reaksinya (Utojo *et al.*, 2006). Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap organisme perairan sehingga dipergunakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan masih tergantung pada faktor-faktor lain.

Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem. Fotosintesis memerlukan karbon dioksida, yang oleh komponen autotrof akan dirubah menjadi monosakarida. Penurunan karbon dioksida dalam ekosistem akan meningkatkan pH perairan. Sebaliknya, proses respirasi oleh semua komponen ekosistem akan meningkatkan jumlah karbon dioksida, sehingga pH perairan menurun (Wetzel, 1983).

2.7.3 Oksigen Terlarut (DO)

DO (Dissolved Oxygen) adalah oksigen yang terlarut di dalam suatu perairan. Sumber oksigen dapat berasal dari proses fotosintesis oleh organisme berklorofil dan difusi oksigen dari udara. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor

yang sangat penting di dalam ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Umumnya kelarutan oksigen di dalam air sangat terbatas. Dibandingkan dengan kadar oksigen di udara yang mempunyai konsentrasi sebanyak 21 % volume, air hanya mampu menyerap oksigen sebanyak 1 % volume saja (Barus, 2004).

Kadar oksigen terlarut dalam air sering dipakai untuk menentukan kualitas air bersih. Jika suatu perairan mengandung zat pencemar, maka nilai oksigen yang terlarut akan turun sebab oksigen yang terlarut dipakai oleh bakteri untuk menguraikan zat pencemar tersebut. Tingkat pencemaran air terbagi atas 3 bagian, yaitu tercemar ringan bila kadar DO = 5 mg/L, tercemar sedang bila kadar DO-nya antara 2 – 5 mg/L dan tercemar berat bila kadar DO-nya antara 0,1 – 2 mg/L (Supardi 1984).

2.7.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wardhana, 2004). Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah sumber ion chrom. Jika di perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya tannin, fenol, polisakarida dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD dari pada BOD (Yuliasuti, 2011).

Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh oksidator oksidator kalium dikromat untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah menjadi karbondioksida dan uap air. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat tidak dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan

berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Bakteri dapat mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Kalium dikromat dapat mengoksidasi lebih banyak lagi, sehingga menghasilkan nilai COD yang lebih tinggi dari BOD air yang sama (Sastrawijaya, 2000 *dalam* Pujiastuti *et al.*, 2013).

Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/liter, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/liter dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/liter (UNESCO/WHO/UNEP, 1992 *dalam* Effendi, 2003).

2.7.5 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological oxygen demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis dan Cornwell, 1991 *dalam* Effendi, 2003). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu sekitar 20 °C selama lima hari, dalam keadaan tanpa cahaya (Boyd, 1988 *dalam* Effendi, 2003).

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik ini diartikan bahwa bahan organik ini digunakan sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi. Makin banyak bahan organik yang didegradasi makin berkurang kadar oksigen yang tersisa, sehingga akhirnya habis. Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan (Salmin 2005 *dalam* Fua, 2012). Perairan dengan nilai BOD₅ tinggi mengindikasikan bahwa bahan pencemar yang ada dalam perairan tersebut juga tinggi, yang

menunjukkan semakin besarnya bahan organik yang terdekomposisi menggunakan sejumlah oksigen di perairan (Pujiastuti *et al.*, 2013).

2.7.6 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) suatu contoh air adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, dengan satuan mg perliter Sastrawijaya (2000) dalam Pujiastuti *et al* (2013). Padatan tersuspensi terdiri dari komponen terendapkan, bahan melayang dan komponen tersuspensi koloid. Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik antara lain berupa liat dan butiran pasir, sedangkan bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dan padatan biologi lainnya seperti sel alga, bakteri dan sebagainya (Marganof (2007) dalam Pujiastuti *et al* (2013), dapat pula berasal dari kotoran hewan, kotoran manusia, lumpur dan limbah industri (Sastrawijaya, 2000 dalam Pujiastuti *et al.*, 2013).

Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) adalah bahanbahan tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh erosi tanah yang terbawa ke badan air. Bahan-bahan terlarut dan tersuspensi pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan, terutama TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis (Effendi, 2003).

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah darah ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang ditemukan dari Sungai Kali Jagir Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Parameter kualitas air yang diukur antara lain suhu, pH, Oksigen terlarut, COD, BOD, TSS dan Logam Berat Hg (Merkuri). Peta lokasi pengambilan ikan dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian pada prosedur hematologi, mikronuclei, dan pengukuran kualitas air (suhu, DO, pH, COD, BOD, TSS) terlampir pada **lampiran 2**.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode survei, kemudian untuk hasilnya dijelaskan secara deskriptif observasional. Sampel ikan tawes diambil pada stasiun yang sudah ditentukan dengan mengikuti nelayan dan pemancing penangkap ikan pada tiap-tiap stasiun. Menurut Nasution (1998) dalam Sugiyono (2005), dengan observasi, peneliti dapat melihat hal – hal yang kurang atau tidak diamati orang lain, khususnya orang yang berada dalam lingkungan itu, karena telah dianggap biasa dan karena itu tidak akan terungkap dalam wawancara.

3.3.1 Teknik Pengumpulan Data

a) Data Primer

Menurut Suryabrata (1987), data primer yaitu data yang langsung dikumpulkan oleh peneliti (atau petugas – petugasnya) dari sumber pertamanya.

Menurut Azwar (2010), data primer atau data tangan pertama adalah data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian dengan mengenakan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada subjek sebagai sumber informasi yang dicari.

Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi parameter utama yaitu pengambilan darah ikan dari Sungai Kali Jagir yang dilakukan pada 3 stasiun. Masing-masing stasiun diambil sebanyak 10, sehingga jumlah ikan yang diambil untuk keseluruhan sebanyak 30 ekor. Dan parameter kualitas air yaitu parameter fisika (suhu) dan parameter kimia yaitu (pH, Oksigen terlarut, COD, BOD, TSS dan Logam Berat Hg).

b) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bukan diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti misalnya dari buku, keterangan-keterangan atau publikasi lainya (Marzuki, 1983). Data sekunder biasanya berwujud dokumentasi atau data laporan yang telah tersedia. Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari jurnal, majalah, internet, buku – buku serta instansi pemerintahan yang terkait guna menunjang keberhasilan penelitian.

3.3.2 Penetapan Stasiun Pengamatan

Penetapan stasiun pengamatan dengan melihat lokasi agar memudahkan mekanisme pengambilan sampel. Lokasi pengambilan sampel terletak di 3 stasiun yang berada di sepanjang Sungai Kali Jagir. Penentuan stasiun didasarkan pada sebelum dan sesudah lokasi pembuangan limbah pabrik keramik, limbah domestik, dan limbah rumah tangga serta memperhatikan medan untuk menjangkau lokasi pengambilan sampel. Berdasarkan pertimbangan tersebut dan hasil pengamatan di lapangan, stasiun yang ditentukan yakni :

Stasiun I : setelah atau dekat dengan pembuangan limbah pabrik

Stasiun II : setelah pembuangan limbah domestik, pemukiman penduduk

Stasiun III : daerah dekat dengan pertanian luas dan persawahan

3.3.3 Teknik Pengambilan Ikan

Pengambilan ikan dilakukan dengan menggunakan Pancing dan Jaring. Sampel ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) diambil di Sungai Kali Jagir Kota Surabaya, Jawa Timur. Pengambilan ikan dilakukan pada tiap-tiap stasiun yang sudah ditentukan (3 Stasiun) dan dilakukan pengukuran kualitas air (Suhu, pH, DO, COD, BOD, TSS dan Logam Berat Hg). Masing-masing stasiun diambil 10 ekor ikan tawes, jadi jumlah keseluruhan ikan pada 3 stasiun sebanyak 30 ekor. Pengambilan sampel darah ikan menggunakan spuit yang selanjutnya akan dibuat preparat dan diamati jumlah eritrosit, leukosit dan micronuclei serta konsentrasi hemoglobin di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

3.4 Metode Pemeriksaan Darah

3.4.1 Metode Pengambilan Darah Ikan

Metode Pengambilan Darah Ikan Menurut Bijanti (2005), adalah sebagai berikut :

1. Membius ikan menggunakan larutan anastesi, dengan cara menyuntikannya melalui pembuluh darah
2. Menyiapkan mikro spuit lengkap dengan jarumnya, mengambil larutan antikoagulan dengan jarum syringe sampai memenuhi seluruh dinding jarum syringe
3. Mengeluarkan larutan antikoagulan (untuk mencegah menggumpalnya darah) dari spuit, disisakan larutan tersebut sebanyak $\pm 50 \mu\text{l}$ dalam spuit.
4. Menusukkan jarum/spuit yang telah berisi larutan antikoagulan pada garis tengah tubuh di belakang sirip anal di daerah *Linea Laeralis*.

5. Memasukkan jarum kedalam *musculus* sampai mencapai tulang belakang (*columna spinalis*).
6. Memastikan tidak ada gelembung air yang masuk kedalam spuit, kemudian ditarik perlahan-lahan sampai darah masuk kedalam spuit
7. Setelah didapatkan, kemudian memasukkan darah ke dalam tabung ependof.

3.4.2 Metode Pengamatan Sel Darah Ikan

Setelah dilakukan pembuatan preparat ulas selanjutnya dilakukan persiapan pengamatan darah ikan dengan prosedur menurut Bijanti (2005), sebagai berikut :

1. Mengambil contoh darah satu tetes, diletakkan di atas objek glass dan dibuat hapusan darah ditunggu hingga kering kemudian diberi methanol.
2. Hapusan darah yang telah kering kemudian diberi pewarna giemsa sebanyak 1 tetes kemudian dibuat hapusan dan dibiarkan selama ± 20 menit agar warna terserap.
3. Setelah 20 menit, kemudian dicuci dengan menggunakan air mengalir dan kemudian dikeringkan.
4. Preparat diamati di bawah mikroskop.

3.4.3 Pengamatan Jumlah Sel Darah Merah (Eritrosit)

Peralatan yang digunakan adalah pipet eritrosit ukuran 11 μL , cover glass, kamar hitung Neubauer, Mikroskop Cahaya, Counter. Bahan yang digunakan adalah sampel darah ikan, Natrium Sitrat 3,8% (anti koagulan) dan larutan hayem.

Prosedur kerja : darah ikan yang telah dicampur dengan anti koagulan di ambil dengan pipet eritrosit sebanyak 0,5 μL kemudian diencerkan dengan larutan hayem dalam pipet eritrosit sampai menunjukkan angka 11 μL . Setelah

itu darah yang telah tercampur dikocok hingga homogeny dalam pipet tersebut kemudian campuran tersebut diambil sedikit (20µL) dan dimasukkan dalam kamar hitung improved neubauer dan ditutup dengan cover glass, sebelum memasukkan kedalam improved neubauer terlebih dahulu dibuang 2 tetes dimaksudkan agar larutan yang diambil benar – benar yang telah homogen. Dengan menggunakan mikroskop cahaya banyaknya dihitung jumlah eritrosit pada semua kotak eritrosit.

Mikroskop diletakkan pada meja yang datar, lensa kondensor diturunkan atau diafragma dikecilkan, focus diatur dahulu dengan memakai lensa obyektif 10X, diatur sehingga gambaran kamar hitung bujur sangkar dengan jelas batasnya serta distribusi sel darah merah tampak jelas. Selanjutnya lensa obyektif di ubah 45X dengan hati – hati dan sel darah merah dihitung pada kotak bujur sangkar kecil (warna merah), sel yang menyinggung garis batas sebelah kiri atau garis atas haruslah dihitung, sedangkan sel yang menyinggung garis batas sebelah kanan atau garis bawah tidak boleh dihitung (Bijanti, 2005). Jumlah eritrosit dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah eritrosit (sel/mm}^3\text{)} = N \times \frac{1}{5 \text{ area} \times \frac{1}{250} \text{ (volume)}} \times 200 \text{ (pengenceran)}$$

Keterangan:

N : Jumlah Eritrosit Terhitung

3.4.4 Pengamatan Sel Darah Putih (Leukosit)

Darah ikan yang telah tercampur dengan anti koagulan diambil dengan pipet leukosit sebanyak 0,5 µL, kemudian diencerkan dengan larutan Turk dalam pipet leukosit sampai menunjukkan angka 11 µL. Setelah itu darah yang telah tercampur dikocok hingga homogen dalam pipet tersebut. Kemudian campuran tersebut diambil 2 tetes dan dimasukkan dalam kamar hitung Haemocytometer dan ditutup dengan cover glass, sebelum memasukkan ke dalam

Haemocytometer terlebih dahulu dibuang 2 tetes dimaksudkan agar larutan yang diambil benar – benar yang telah homogen. Dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 40x dan dihitung banyaknya jumlah leukosit.

Mikroskop diletakkan pada meja yang datar, lensa kondensor diturunkan atau diafragma dikecilkan, kamar hitung dengan bidang bergarisnya diletakkan dibawah lensa obyektif dan fokus mikroskop diarahkan pada garis – garis tersebut. Leukosit dihitung pada keempat bidang besar (kotak warna hijau). Perhitungan dimulai dari sudut kiri atas, terus ke kanan, kemudian turun ke bawah dan dari kanan ke kiri. Cara seperti ini dilakukan pada keempat bidang besar. Penghitungan dilakukan dengan catatan sel yang menyinggung garis batas sebelah kiri atau garis batas sebelah kanan atau garis bawah tidak boleh dihitung (Bijanti, 2005). Jumlah Leukosit dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah Leukosit (sel/mm}^3\text{)} = N \times \frac{1}{4 \text{ area} \times 0,1(\text{volume})} \times 20 \text{ (pengenceran)}$$

Keterangan:

N : Jumlah Leukosit Terhitung
(Bijanti, 2005).

3.4.5 Perhitungan Konsentrasi Hemoglobin

Pengukuran hemoglobin menurut (wedemeyer dan Yasutake, 1977 *dalam* Wahjuningrum *et al.*, 2008) Pengukuran kadar hemoglobin dilakukan dengan metode sahlinometer. Prinsip metode ini adalah mengkonversikan hemoglobin dalam darah ke dalam bentuk asam hemotin oleh asam klorida. Darah dihisab menggunakan pipet sahli sampai skala 20 mm³ dan dipindahkan ke dalam tabung hemoglobin yang berisi HCL 0,1 N sampai skala 10 (warna kuning), didalamnya 3-5 menit agar hemoglobin bereaksi dengan HCL membentuk asam hemotin. Kemudian diaduk dan ditambahkan akuades sedikit demi sedikit hingga warnanya sama dengan warna standar. Pembacaan skala lajur gram/100 ml yang berarti banyaknya hemoglobin dalam gram per 100 ml darah.

3.4.6 Perhitungan Nilai Hematokrit

Perhitungan kadar hematokrit dinyatakan Menurut Anderson (1993) dalam Royan (2014) yaitu sampel darah dihisap dengan tabung mikrohematokrit hingga mencapai $\frac{3}{4}$ bagian tabung. Ujung tabung ditutup dengan *crytoseal* sedalam kira-kira 1 cm, sehingga terbentuk sumbat *crytoseal*. Tabung mikrohematokrit yang telah berisi darah disentrifuge dengan kecepatan 3500 rpm selama 15 menit. Pengukuran nilai kadar hematokrit dilakukan dengan membandingkan volume padatan sel darah merah dengan volume total darah dengan skala hematokrit, dimana ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\text{panjang volume sel darah merah yang mengendap}}{\text{panjang total volume darah dalam tabung}} \times 100\%$$

3.4.7 Pengamatan Mikronuclei Pada Sel Darah Ikan

Sampel darah perifer diperoleh dari vena caudal dari sampel ikan dan dioleskan pada slide yang bersih. Setelah difiksasi dalam etanol murni selama 20 menit, slide dibiarkan kering udara dan kemudian dilanjutkan dengan pewarnaan Giemsa 10% selama 25 menit. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop Olympus BH2. Lima slide dibuat dari masing – masing ikan 1.000 eritrosit dilakukan skoring dari setiap slide diamati di bawah perbesaran 1000 X untuk menentukan frekuensi inti berlekuk, inti lobed, pemula, memecah-belah dan juga sel micronuclei, yang dihitung seperti sel per 1000 (‰) (Guner dan Muranh, 2011).

Diamati tiap sel dan dihitung frekuensi mikronuclei dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Frekuensi Mikronuclei} = \frac{\sum \text{micronuclei} \times (1000)}{\text{Total sel yang dihitung}}$$

(Betancur *et al*, 2009)

3.5 Metode Pengukuran Kualitas Air Parameter Fisika dan Kimia

3.5.1 Suhu

Menurut (Bloom, 1998), Pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu thermometer Hg. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara :

- Memasukkan thermometer ke dalam perairan sekitar 10 cm dan ditunggu sekitar 2 menit sampai air raksa dalam skala thermometer menunjuk atau berhenti pada skala tertentu
- Mencatat dalam skala °C
- Membaca skala pada thermometer pada saat masih dalam air dan jangan sampai tangan menyentuh thermometer.

3.5.2 Pengukuran Oksigen Terlarut (DO)

Menurut (Bloom, 1998), Pengukuran DO dengan menggunakan alat yaitu DO meter dengan merk lutron PDO-519 :

- Mengkalibrasi secara ganda yaitu standarisasi dengan udara bebas (20,8 – 21 ppm) dan pada kondisi jenuh (100 ppm).
- Mengambil air sampel dengan menggunakan botol sampel
- Mencilupkan elektroda ke dalam air sampai batas yang telah ditentukan
- Menunggu hingga angka digit tidak berubah lagi
- Membaca angka atau skala yang ditunjukkan jarum

3.5.3 Derajat Keasaman (pH)

Menurut (Bloom, 1998), Pengukuran pH dengan menggunakan pH *paper* menggunakan merk Macherey-Nagel :

1. Mencilupkan pH *paper* kedalam perairan selama 2-3 menit
2. Kemudian dikibaskan dan ditunggu 3-5 menit
3. Cocokkan dengan kotak standard pH

4. Dilihat dan dicatat kisaran nilai pH yang sesuai dengan kotak standard pH.

3.5.4 Kadar Bahan Organik COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*) dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup dan alat UV – Visible Spektrofotometer 1601 dengan rentang pengukuran COD 2,5 – 85 mg O₂/L dalam contoh uji air.

➤ Pelaksanaan contoh uji air :

- Melakukan analisa contoh uji air dengan sesegera mungkin, mengocok dengan kuat terutama yang mengandung suspensi tinggi.
- Memasukkan pipet contoh uji air sebanyak 2,5 ml ke dalam tabung mikro COD dan menambahkan 1,5 ml larutan K₂Cr₂O₇ – HgSO₄ ± 0,02 N dan 3,5 ml H₂SO_{4(p)} – Ag₂ SO₄ kocok.
- Memanaskan pada reactor COD ± 150 °C dan tunggu ± 2 jam.
- Mendinginkan sampai suhu kamar dan mengukur konsentrasinya pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 444 nm.
- Melakukan analisa blanko dan dilanjutkan dengan analisa larutan standar dengan langkah – langkah yang mengacu pada Prosedur Metode Analisa dan Validasi Metode (QP/LKA/15).
- Mencatat hasil analisa.
- Melakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

Apabila konsentrasi tinggi maka dapat melakukan pengenceran dengan perhitungan:

$$C = A \times F$$

Dimana :

C : konsentrasi COD (mg/l)

A : konsentrasi hasil pengukuran pada spektrofotometer (mg/l)

F : faktor pengenceran.

3.5.5 Kadar Bahan Organik BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Analisa BOD (*Biological Oxygen Demand*) dilakukan dengan metode 5 (Lima) hari dalam contoh uji air dengan waktu inkubasi selama lima hari pada suhu 20 °C.

➤ Persiapan Verifikasi

- Verifikasi DO Meter

Sebelum dilakukan analisa BOD, terlebih dahulu DO Meter harus diverifikasi, dimana cara verifikasi DO Meter mengacu pada Instruksi Kerja Pengoperasian dan Pemeliharaan Alat DO Meter HACH Sens ION6 No. Dok. QI/LKA/39.

➤ Pelaksanaan Analisa

- Analisa Standar BOD
 - Memasukkan sejumlah volume standar ke dalam gelas ukur 250 ml (volume standar tergantung dari pengencerannya).
 - Menambahkan air pengencer sampai 150 ml.
 - Mengaduk hingga homogen, kemudian menuangkan ke dalam botol inkubasi yang bervolume ± 100 ml sampai penuh.
 - Menganalisa konsentrasi DO 0 hari contoh uji air dengan DO Meter, kemudian mencatat hasil pembacaannya.
 - Menambahkan contoh uji air yang telah diencerkan hingga penuh (meluber) kemudian menutupnya dengan hati – hati supaya tidak terjadi gelembung udara (di dalam botol inkubasi tidak boleh ada gelembung udara).
 - Memasukkan botol inkubasi ke dalam incubator pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.

- Mengeluarkan botol inkubasi setelah 5 hari dari incubator kemudian dibiarkan hingga mencapai suhu kamar.
- Menganalisa konsentrasi DO 5 hari dengan DO Meter, kemudian mencatat hasil pembacaannya.
- Menghitung kadar BOD sesuai dengan rumus.

- Analisa contoh uji

➤ Tanpa Pengenceran :

- Mengkocok contoh uji air dan memasukkan contoh uji air ke dalam botol inkubasi.
- Menganalisa DO 0 hari contoh uji air dengan DO Meter, kemudian mencatat hasil pembacaannya.
- Menambahkan contoh uji air yang telah diencerkan hingga penuh (meluber) kemudian menutupnya dengan hati – hati supaya tidak terjadi gelembung udara (di dalam botol inkubasi tidak boleh ada gelembung udara).
- Memasukkan botol inkubasi ke dalam incubator pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.
- Mengeluarkan botol inkubasi setelah 5 hari dari incubator kemudian dibiarkan hingga mencapai suhu kamar.
- Menganalisa konsentrasi DO 5 hari dengan DO Meter, kemudian mencatat hasil pembacaannya.
- Menghitung kadar BOD sesuai dengan rumus.

➤ Menggunakan pengenceran

- Memasukkan sejumlah contoh uji air ke dalam gelas ukur 250 ml (volume contoh uji tergantung dari pengencerannya).
- Menambahkan air pengencer sampai 150 ml.

- Mengaduk hingga homogeny dan menuangkan ke dalam botol inkubasi yang bervolume ± 100 ml sampai penuh.
- Menganalisa konsentrasi DO 0 hari contoh uji air dengan DO Meter, kemudian mencatat hasil pembacaannya.
- Menambahkan contoh uji air yang telah diencerkan hingga penuh (meluber) kemudian menutup dengan hati – hati.
- Menganalisa sama dengan poin 1 s/d 1f
- Menghitung kadar BOD sesuai dengan rumus.

Perhitungan :

- Menghitung kadar BOD dengan rumus sebagai berikut :

- Contoh uji yang diencerkan (tanpa seed)

$$BOD \text{ mg/l} = \frac{DO_0 - DO_5}{P}$$

- Contoh uji yang diencerkan (mengandung seed)

$$BOD \text{ mg/l} = \frac{(DO_0 - DO_5) - ((DO_{0 \text{ Blk}} - DO_{5 \text{ Blk}})f)}{P}$$

- Rumus factor (f) :

$$f = \frac{(150 - (150 : pengenceran))}{\frac{1000}{150}}$$

Keterangan:

- DO₀ : DO contoh sebelum diinkubasi, mg/l,
 DO₅ : DO Contoh setelah diinkubasi 5 hari 20 °C, mg/l,
 DO_{0Blk} : DO blanko sebelum diinkubasi, mg/l,
 DO_{5Blk} : DO Contoh setelah diinkubasi 5 hari 20 °C, mg/l,
 P : Desimal factor pengencer ($\frac{1}{\text{pengenceran}}$)
 f : Perbandingan volume seed dalam contoh uji dengan volume seed dalam blanko

3.5.6 TSS (*Total Suspended Solid*)

Analisa TSS (*Total Suspended Solid*) dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri dengan berat residu kering antara 2,5 mg hingga 200 mg.

➤ Persiapan alat:

- Memasukkan kertas saring (Whatman 934 AH) ke dalam alat penyaring.
- Mengoperasikan alat penyaring dan membilas dengan air suling sebanyak 20 ml.
- Mengulangi pembilasan kertas saring dengan 20 ml air suling hingga bersih dari partikel halus.
- Mengeringkan kertas saring dalam oven (103 – 105) °C selama ± 1 jam.
- Apabila VSS dianalisa, maka muffle dapat dipindahkan dengan suhu (550 – 552) °C selama ± 15 menit.
- Mendinginkan dan menyimpan dalam desikator selama belum digunakan.
- Menimbang dengan timbangan analitik sesegera mungkin sebelum digunakan.

➤ Persiapan Cawan

- Mencuci cawan dengan air kran dan bilas dengan air suling.
- Mengeringkan cawan berkapasitas 50 ml (untuk TSS) dalam oven (103 – 105) °C selama ± 1 jam dan dipindahkan dalam muffle (550 – 552) °C selama ± 15 menit (Jika analisa VSS dilakukan).
- Mendinginkan di dalam desikator.
- Menimbang dengan timbangan analitik sesegera mungkin sebelum digunakan.

➤ Analisa contoh uji air untuk zat padat tersuspensi (TSS / Total Suspended Solid) adalah sebagai berikut:

- Meletakkan kertas saring yang sudah diketahui beratnya pada alat penyaring.
- Mongocok contoh uji air dalam botol, kemudian memasukkan sejumlah volume contoh uji air ke dalam alat penyaring. Contoh uji yang disaring diperkirakan memiliki konsentrasi residu kering tertimbang antara $\pm 2,5$ s/d 200 mg (dilihat dari kondisi contoh uji dalam botol contoh uji, jernih, keruh, kental dll).
- Menyaring contoh uji (mengoperasikan alat penyaring).
- Mengambil kertas saring dan diletakkan diatas cawan yang sudah diketahui berat tetapnya.
- Mengeringkan kertas saring dan cawan tersebut dalam oven pada suhu 103 - 105 °C selama minimal 1 jam.
- Mendinginkan kertas saring dan cawan dalam desikator hingga suhu ruang.
- Menimbang dengan timbangan analitik.
- Mengulangi (minimal 1x) langkah pengeringan, pendinginan dan penimbangan (e s/d g) hingga diperoleh berat tetap (selisih berat tidak lebih dari 4 % atau 0,5 mg).
- Mencatat beratnya dan menghitung jumlah zat padat tersuspensi.

Perhitungan:

$$\bullet \text{ Jumlah Zat Padat Tersuspensi} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol. Contoh Uji (L)}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)$$

dimana:

A = Berat cawan, kertas saring dan residu (g)

B = Berat kertas saring dan cawan kosong (g)

3.5.7 Logam Berat Merkuri (Hg)

Analisa logam berat Hg (merkuri) dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom Shimadzu type AA – 6800 secara Generator Hibrida.

➤ Pelaksanaan analisa logam berat Hg (Merkuri) yaitu dengan tahapan sebagai berikut:

- Menambahkan 1 ml KMNO_4 0,01 N pada setiap 10 ml contoh uji
- Memasukkan contoh uji ke dalam ASC sesuaikan nomor urutnya.
- Menghidupkan Graphite Furnance Atomizer (GFA), Atomic Absorbtion Spectrophotometer (AAS) Auto Sampler (ASC), blower.
- Menghidupkan komputer dan masuk ke perangkat lunak AA-wizard.
- Memilih menu pada perangkat lunak dan memasukkan kode contoh uji dan posisi kode contoh uji air yang sesuai nomor posisi yang ada di ASC (sesuaikan urutan kode contoh uji air pada perangkat lunak dengan posisi contoh uji pada alat pengambil contoh uji otomatis /ASC).
- Memasang slang untuk contoh uji, NaBH_4 , dan HCl 5M pada tempatnya.
- Membuka katup gas argon untuk analisa logam Hg (merkuri).
- Menghidupkan alat generator hibrida, atur skrup hingga larutan NaBH_4 , dan HCl 5M mengalir.
- Melalui menu parameter di komputer pilih edit parameter untuk menghidupkan lampu yang sesuai dengan logam yang dianalisa, kemudian lakukan line search sesuai dengan logam yang dianalisa, kemudian lakukan line search untuk penentuan panjang gelombang maksimum dan beam balance untuk pengaturan keseragaman intensitas sinar sehingga sinar tersebut tetap pada panjang gelombang maksimum yang telah

dicapai pada waktu line search. Tunggu sampai line search dan beam balance OK.

- Jika pada waktu line search dan beam balance belum menunjukkan OK, (lamp current low dan lamp high) maka range angka yang menunjukkan lamp current dirubah sampai line search dan beam balance OK.
- Melakukan pembuatan kurva dan mengkalibrasi dengan menggunakan beberapa konsentrasi larutan standar (jika belum ada kurva kalibrasi atau jika cek standart tidak memenuhi toleransi).
- Melakukan pengukuran larutan standart sebagai sample untuk cek standart, toleransi kesalahan untuk cek standart mengacu pada Prosedur Metode Analisa dan Validasi Metode No.Dok QP/LKA/15, jika cek standart sudah memenuhi toleransi, maka dapat dilakukan analisa duplo terhadap salah satu contoh uji.
- Hasil diterima jika: cek standart memenuhi toleransi, duplo memenuhi toleransi, dan hasil pengukuran di dalam range kurva kalibrasi; kemudian mencatat hasil analisa dan menyimpannya.
- Hasil pengukuran pada spektrofotometer serapan atom langsung dinyatakan sebagai hasil logam.

3.6 Analisa Data

Hematologi ikan tawes dari sungai Kali Jagir pada tiap stasiun di bandingkan sehingga dapat diketahui perbedaannya. Disamping itu diamati parameter kualitas air yang meliputi Suhu, Oksigen terlarut, Derajat keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan di tambahkan uji logam berat jenis Raksa (Hg).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Sungai Kali Jagir merupakan sungai yang terdapat di kota Surabaya yang mengalir sebagian besar kota Surabaya. Lokasi Sungai Kali Jagir berdekatan dan sejajar dengan Sungai Surabaya. Sungai Kali Jagir memiliki beberapa sumber pencemar diantaranya limbah domestik, limbah industri, serta buangan dari pertanian, ketiga jenis limbah tersebut secara tidak langsung akan berdampak pada sungai tersebut disamping itu juga berpengaruh pada perubahan kualitas air serta biota, khususnya ikan yang berada di sungai tersebut. Kondisi Sungai Kali Jagir di amati beberapa stasiun agar diperoleh gambaran yang utuh.

1.1.1 Stasiun 1

Stasiun 1 (**Gambar 6**) terletak pada area setelah pembuangan limbah industri pabrik keramik, dengan adanya pabrik ini memungkinkan memberikan kontribusi bahan pencemar berupa limbah industri dari pabrik keramik yang di alirkan ke badan sungai ini.



Gambar 6. Lokasi Stasiun 1

4.1.2 Stasiun 2

Stasiun 2 (**Gambar 7**) terletak di area pemukiman warga yang tergolong padat. Banyak sekali aktifitas manusia seperti pembuangan sampah dan limbah domestik dari rumah tangga dan MCK yang di alirkan ke badan sungai kali jagir. Semua bahan pencemar tersebut akan mempengaruhi ekosistem biota khususnya ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang ada di sungai ini.



Gambar 7. Lokasi stasiun 2

4.1.3 Stasiun 3

Stasiun 3 (**Gambar 8**) berada dekat di kawasan pertanian, terdapat juga beberapa rumah warga di lokasi ini. Pada stasiun 3 ini juga terdapat vegetasi tumbuhan berukuran besar dan kecil sehingga dapat memberikan kontribusi baik mutu air dan stabilitas di perairan ini. Perbedaan dari stasiun 1 dan 2 tidak adanya limbah domestik dan limbah industri yang mencemari stasiun ini.



Gambar 8. Lokasi stasiun 3

4.2 Analisa Morfologi Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang tertangkap di Kali Jagir Surabaya memiliki ciri morfologi antara lain warna tubuhnya abu-abu, kondisi badan ikan terlihat sehat, sisik mengkilat, pada kulit ikan tidak dijumpai gejala serabut, sehingga ikan tersebut tidak terinfeksi bakteri maupun jamur. Berat ikan antara 10,8-12,32 gram dan panjang tubuh berkisar antara 10-12 cm. Untuk menilai morfologi ikan secara umum yang dicontohkan pada ikan tawes yang terinfeksi penyakit menunjukkan tanda-tanda seperti rontok sirip, sirip kasar, pendarahan pada tubuh, hal tersebut di disebabkan oleh infeksi bakteri, serta gejala serabut pada kulit diagnosis penyakit yang disebabkan oleh jamur.

4.3 Parameter Kualitas Air

Parameter fisika yang di ukur dalam penelitian ini meliputi suhu. Sedangkan parameter kimia yang di ukur meliputi pH, Oksigen Terlarut (DO), BOD, COD dan TSS. Juga di tambahkan uji logam berat jenis Raksa (Hg). Data hasil pengukuran kualitas air di Kali Jagir Surabaya dapat di lihat pada **Tabel 1** berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Air Sungai

No	Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1	Suhu	28,6	29,2	31,7
2	pH	7	7	7
3	Do (mg/L)	10,1	9,6	10,2
4	COD (mg/L)	23,65	63,95	53,8
5	BOD (mg/L)	7,1	12,2	9,1
6	TSS (mg/L)	100,75	222,76	200,73
7	Hg (mg/L)	0,008	0,012	0,0097

4.3.1 Suhu

Nilai suhu pada sungai Kali jagir pada stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3 berkisar antara 28,6 – 31,7⁰C. Nilai suhu pada perairan sungai Kalijagir masih merupakan nilai suhu yang baik bagi perairan sebagai media hidup ikan. Menurut PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kisaran suhu tersebut masih memenuhi standar Baku Mutu Kualitas Air Kelas II.

Menurut Boy dan Lichtkoppler (1982) *dalam* Effendi (2003), suhu yang optimal bagi pertumbuhan ikan tropis berkisar antara (25 – 32) ⁰C. Semakin tinggi suhu semakin cepat perairan mengalami kejenuhan akan oksigen yang mendorong terjadinya difusi oksigen dari air ke udara, sehingga konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan semakin menurun. Sejalan dengan itu, konsumsi oksigen pada ikan menurun dan berakibat menurunnya metabolisme dan kebutuhan energi. Dahuri (1995), menyatakan bahwa suhu perairan dipengaruhi oleh adanya radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan, proses interaksi antara air dengan udara seperti kenaikan panas, penguapan dan hembusan angin. Menurut Santoso dan Wikatma (2001) *dalam* Prabandani (2005), suhu ideal untuk habitat ikan tawes berkisar antara 20-33⁰C. Suhu air selama penelitian ini masih dalam kisaran suhu optimum bagi pemeliharaan ikan tawes.

4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

pH yang didapat dari tiap-tiap stasiun di sungai Kalijagir menggunakan pH paper secara keseluruhan bernilai 7 (**Tabel 1**). Nilai pH ini masih merupakan nilai yang baik bagi lingkungan hidup organisme perairan. Derajat keasaman (pH) air merupakan suatu ukuran keasaman air yang dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan dan hewan perairan sehingga dapat digunakan untuk

menyatakan baik buruknya kondisi perairan sebagai lingkungan hidup (Odum, 1993).

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal kurang dari 7, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004). Nilai pH di Bendung Rolak Songo termasuk nilai pH yang cukup baik untuk kehidupan ikan tawes yaitu berkisar antara 7,5-8,5 (Kordi, 2012 *dalam* Nasichah, 2016)

4.3.3 Oksigen Terlarut (DO)

Nilai DO pada sungai Kali jagir stasiun 1 stasiun 2 dan stasiun 3 berkisar antara 9,6 – 10.2 mg/L. Nilai DO pada perairan ini terbilang tinggi sebagai media hidup organisme akuatik tetapi masih sesuai dengan kebutuhan hidup organisme tersebut. Menurut Utomo *et al*, 2010, Kandungan oksigen terlarut di perairan yang baik untuk organisme air adalah lebih dari 4 mg/k, sedangkan oksigen terlarut kurang dari 2 mg/l dapat menyebabkan kematian beberapa jenis ikan.

Oksigen dimanfaatkan organisme air untuk melakukan proses respirasi dan juga mempengaruhi berlangsungnya proses dekomposisi bahan organik. Kadar oksigen di perairan dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka kadar oksigen dalam perairan akan berkurang. Menurut Zooneveld *et al* (1991), bahwa oksigen diperlukan ikan sebagai energi dalam metabolisme tubuh untuk dapat menghasilkan aktivitas seperti berenang, pertumbuhan, dan reproduksi. Konsumsi oksigen bagi ikan akan menurun dengan penurunan kandungan

oksigen terlarut diperairan dimana kelarutan gas dalam air tergantung pada tekanan dan suhu.

Kebutuhan oksigen pada ikan mempunyai dua aspek penting, yaitu kebutuhan lingkungan bagi spesies tertentu dan kebutuhan konsumtif yang bergantung pada metabolisme ikan. Perbedaan kebutuhan oksigen dalam suatu lingkungan bagi ikan disebabkan karena adanya struktur molekul darah ikan, yang mempengaruhi hubungan antara nilai oksigen dalam air dan derajat kejenuhan oksigen dalam sel darah (Ghufron *et al.*, 2007).

4.3.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

Nilai BOD yang didapat dari penelitian di sungai Kali Jagir secara berurutan mulai dari stasiun 1 sampai stasiun 3 adalah 7,1mg/L, 12,2mg/L, 9,1mg/L. Berdasarkan data tersebut, sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku, yakni PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, nilai BOD di sungai ini melebihi baku mutu kelas II >4 mg/L.

Kadar BOD yang tinggi di Kali Jagir salah satunya disebabkan oleh banyaknya bahan organik yang bersumber dari buangan limbah industri, limbah domestik dan juga limbah pertanian. Kadar BOD yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam perairan tersebut tinggi, yang berarti dalam perairan tersebut telah terjadi defisit oksigen. Banyaknya mikroorganisme yang tumbuh di dalam air disebabkan banyaknya makanan yang tersedia (bahan organik), oleh karena itu secara tidak langsung BOD selalu dikaitkan dengan kadar bahan organik dalam air (Sukadi, 1999).

Pada perairan alami, yang berperan sebagai sumber bahan organik adalah pembusukan tanaman. Perairan alami memiliki nilai BOD antara 0,5-7,0

mg/l (Jeffreis dan Mills, 1996 *dalam* Effendi , 2003). Perairan yang memiliki nilai BOD lebih dari 10 mg/l dianggap telah mengalami pencemaran. Nilai BOD limbah industri dapat mencapai 25.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP, 1992 *dalam* Effendi, 2003).

4.3.5 Chemycal Oxygen Demand (COD)

Nilai COD yang didapat dari penelitian di sungai Kali Jagir secara berurutan mulai dari stasiun 1 sampai stasiun 3 adalah 23,65 mg/L, 63,95 mg/L, 53,8 mg/L. Tingginya nilai COD pada stasiun 2 dan stasiun 3 pada sungai Kalijagir kota Surabaya sudah melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran dengan nilai baku mutu bahan organik (*Chemical Oxygen Demand*) untuk kelas II adalah sebesar 25 mg/l (Nasichah *et al.*, 2016).

Tingginya nilai COD di stasiun penelitian 2 (dua) dapat disebabkan karena banyaknya bahan organik akibat buangan limbah industri dan limbah domestik yang berada di sekitar Kali Jagir, akumulasi bahan organik inilah yang menyebabkan nilai COD tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Barus (2002), yang menyebutkan bahwa nilai COD akan meningkat sejalan dengan meningkatnya nilai bahan organik di perairan. Tingginya nilai COD juga menunjukkan tebalnya lapisan bahan organik yang ada di perairan sehingga dapat menyebabkan rendahnya kadar oksigen terlarut di perairan yang dibutuhkan oleh organisme untuk melakukan respirasi.

4.3.6 ((Padatan TersuspensiTSS *Total Suspended Solid*))

Hasil pengukuran nilai padatan tersuspensi secara berurutan mulai dari stasiun 1 sampai stasiun 3 di sungai Kali jagir adalah 100,75 mg/L, 222,76mg/L, dan 200,73 mg/L. Dari data diatas dapat dilihat bahwa dari semua stasiun penelitian tidak ada satupun yang memenuhi standar Baku Mutu Air Kelas II.

Sesuai dengan apa yang dipersyaratkan dalam PP No. 82 Tahun 2011 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kadar TSS maksimal yang diperbolehkan hanya sebesar 50 mg/l.

Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik antara lain berupa liat dan butiran pasir, sedangkan bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dan padatan biologi lainnya seperti sel alga, bakteri dan sebagainya (Marganof (2007) dalam Pujiastuti *et al* (2013), padatan tersuspensi dapat pula berasal dari kotoran hewan, kotoran manusia, lumpur dan limbah industri (Sastrawijaya, 2000 dalam Pujiastuti *et al.*, 2013). Bahan tersuspensi yang berlebih dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan dan juga akan menurunkan kadar oksigen dalam perairan. Perairan ini berdasarkan PP No. 82 Tahun 2011 masuk dalam kelas II yaitu > sebesar 50 mg/L.

4.3.7 Logam Berat Jenis Merkuri (Hg)

Hasil pengukuran logam berat jenis merkuri secara berurutan mulai dari stasiun 1 sampai stasiun 3 di sungai Kali Jagir adalah 0,0080 mg/L, 0,0125 mg/L, dan 0,0097 mg/L. Kadar logam berat jenis raksa (Hg) semua stasiun tidak ada yang memenuhi standar baku mutu kelas II berkisar > 0,002 mg/L. Sesuai dengan perundangan yang berlaku, yakni PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, khususnya untuk Baku Mutu Air Kelas II, kadar logam berat jenis merkuri (Hg) yang diperbolehkan maksimal sebesar 0,002 mg/L.

Tingginya kandungan logam berat jenis raksa di perairan Kali Jagir di duga disebabkan salah satunya limbah industri dan limbah domestik. Hal ini sesuai dengan pendapat Sastrawijaya (2000), yang mengatakan bahwa industri

yang menggunakan bahan kimia dapat menghasilkan limbah yang mengandung unsur-unsur logam seperti: Merkuri/Air raksa (Hg), Cadmium (Cd), Arsen (As), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg) dan lain-lain jika limbah - limbah ini masuk ke dalam perairan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di perairan.

4.4 Kondisi Hematologi Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

4.4.1 Jumlah Sel Darah Merah (Eritosit)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Brawijaya, terhadap ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun yang berbeda. Data hasil pengamatan hematologi dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Data mengenai rata-rata jumlah sel darah merah (sel/mm^3) ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun dapat dilihat pada **Tabel 2**.

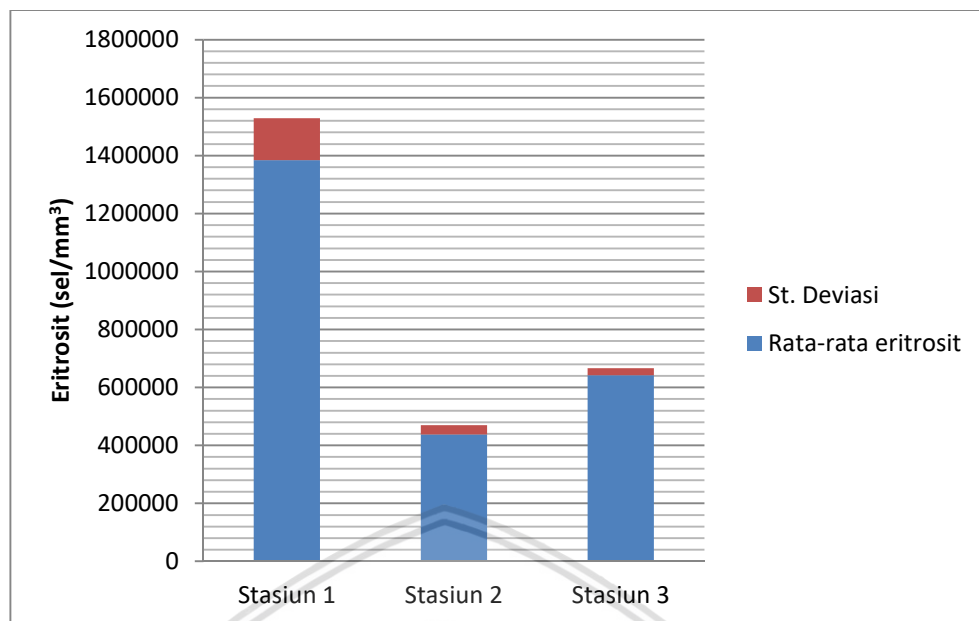
Tabel 2. Jumlah Eritrosit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada 3 stasiun

Ikan	Stasiun 1 sel/mm^3	Stasiun 2 sel/mm^3	Stasiun 3 sel/mm^3
1	1340000	490000	680000
2	1380000	410000	630000
3	1420000	420000	610000
4	1350000	490000	660000
5	1640000	410000	610000
6	1580000	420000	670000
7	1160000	440000	650000
8	1310000	410000	650000
9	1230000	430000	620000
10	1430000	460000	640000
Rata-rata	1384000	438000	642000
Stdev	145235,441	31552,42551	24404,00696

Berdasarkan data pada Tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata eritrosit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) terbanyak berada pada stasiun 1 (satu), yaitu dengan jumlah rata-rata sebesar 1.384.000 sel/mm³ atau berkisar antara 1.160.000 – 1.640.000 sel/mm³. Kemudian menurun untuk stasiun 3 (tiga) dengan jumlah rata-rata sebesar 642.000 sel/mm³ atau berkisar antara 610.000 – 680.000 sel/mm³. Selanjutnya untuk eritrosit terendah ditemukan berada pada stasiun 2 (dua) dengan jumlah rata-rata sebesar 438.000 sel/mm³ atau berkisar antara 410.000 – 490.000 sel/mm³ (**Gambar 9**).

Rendahnya jumlah eritrosit pada stasiun 2 disebabkan karena pada lokasi tersebut merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dari banyaknya pemukiman padat penduduk dan aktifitas manusia, sehingga menyebabkan jumlah eritrosit menjadi rendah. Menurut Sadikin (2002), kondisi sel darah merah perlu diketahui untuk menilai fisiologi tubuh. Eritrosit yang cukup ikut menjamin jumlah oksigen yang cukup untuk sel – sel di berbagai jaringan sehingga sel – sel tersebut dapat bekerja sebaik- baiknya. Sebaliknya apabila jumlah eritrosit berkurang maka keadaan tersebut ada indikasi masuknya benda asing atau toksik kedalam tubuh. Berdasarkan eritrositnya bahwa stasiun 1 menunjukkan dengan kondisi kualitas perairan yang baik karena semakin tinggi jumlah eritrosit menandakan ikan dalam kondisi yang sehat.

Waluga (1966), menyatakan bahwa penurunan eritrosit dan hemoglobin menunjukkan anemia. Anemia bisa terjadi karena menurunnya eritrosit dipicu oleh masuknya fenol kedalam eritrosit. Sehingga dari ketiga stasiun penelitian yang ada, hanya pada stasiun 1 (satu) yang berada pada kisaran normal atau ikan dalam keadaan sehat.



Gambar 9. Jumlah Eritrosit (sel/mm³)

Tingginya jumlah eritrosit pada stasiun 1 di duga karena ikan dalam keadaan sehat, disebabkan tingginya oksigen (O₂) yang tersedia untuk ikan. Menurut Affandi dan Tang (2002), stress bisa disebabkan oleh kondisi lingkungan yang buruk dan tidak nyaman lagi bagi kehidupan ikan, misalnya kondisi oksigen perairan yang kurang, kelebihan CO₂ di dalam air, pH ekstrim dan lain - lain. Apabila kondisi ini ditunjang dengan keberadaan mikroorganisme *pathogen* misalnya parasit, bakteri, virus maupun cendawan maka akan memudahkan terjadinya infeksi pada ikan. Ikan akan memberikan reaksi dalam tubuhnya untuk melawan benda asing.

4.4.2 Jumlah Sel Darah Putih (Leukosit)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Brawijaya, terhadap ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun yang berbeda. Data hasil pengamatan hematologi dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Data mengenai rata-rata

jumlah sel darah putih (sel/mm^3) ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun dapat dilihat pada **Tabel 3**.

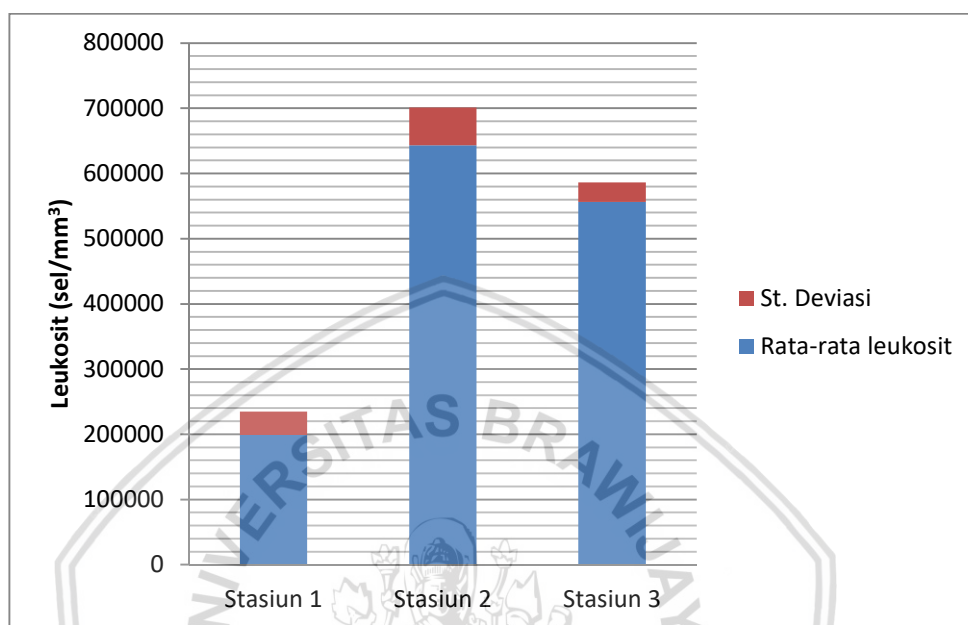
Tabel 3. Jumlah Leukosit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada 3 stasiun

Ikan	Stasiun 1 sel/mm^3	Stasiun 2 sel/mm^3	Stasiun 3 sel/mm^3
1	188540	703750	526000
2	196450	560250	550000
3	219560	548500	584250
4	189865	706750	558125
5	252125	657625	595875
6	237455	672375	593125
7	167380	657125	512650
8	176250	585375	523500
9	133500	655750	572250
10	228650	685375	549300
Rata-rata	198977,5	643287,5	556507,5
Stdev	35916,38888	57818,44339	29718,51053

Berdasarkan data pada Tabel 3 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata leukosit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) terbanyak berada pada stasiun 2, yaitu dengan jumlah rata-rata sebesar $643.287,5 \text{ sel}/\text{mm}^3$ atau berkisar antara $548.500 - 706.750 \text{ sel}/\text{mm}^3$. Kemudian disusul stasiun 3 dengan jumlah rata-rata sebesar $556.507,5 \text{ sel}/\text{mm}^3$ atau berkisar antara $512.650 - 595.875 \text{ sel}/\text{mm}^3$. Selanjutnya untuk leukosit terendah berada pada stasiun 1 dengan jumlah rata-rata sebesar $198.977,5 \text{ sel}/\text{mm}^3$ atau berkisar antara $133.500 - 252.125 \text{ sel}/\text{mm}^3$ (**Gambar 10**).

Tingginya jumlah leukosit pada stasiun 2 disebabkan karena pada lokasi tersebut merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dan banyaknya pemukiman padat penduduk dan aktifitas manusia seperti MCK dan industri rumahan, sehingga menyebabkan jumlah leukosit menjadi tinggi. Moyle and

Cech (2004) *dalam* Dopongtunung (2008), mengatakan bahwa jumlah leukosit total pada ikan secara umum lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah eritrosit, yakni berkisar antara 20.000-150.000 sel/mm³.



Gambar 10. Jumlah Leukosit (sel/mm³)

Rendahnya jumlah leukosit pada stasiun 1 di duga karena ikan dalam kondisi sehat, sedangkan ikan yang memiliki jumlah leukosit yang tinggi karena disebabkan kondisi lingkungan yang buruk. Menurut Dopongtonung (2008), mengatakan bahwa peningkatan jumlah leukosit total terjadi akibat adanya respon dari tubuh ikan terhadap kondisi lingkungan pemeliharaan yang buruk, faktor stres dan infeksi penyakit. Sedangkan penurunan jumlah leukosit total disebabkan karena adanya gangguan pada fungsi organ ginjal dan limpa dalam memproduksi leukosit yang disebabkan oleh infeksi penyakit. Leukosit yang tinggi disebabkan karena tingginya kualitas air BOD, COD, TSS dan Hg yang terdapat pada perairan tersebut.

4.4.3 Konsentrasi Hemoglobin

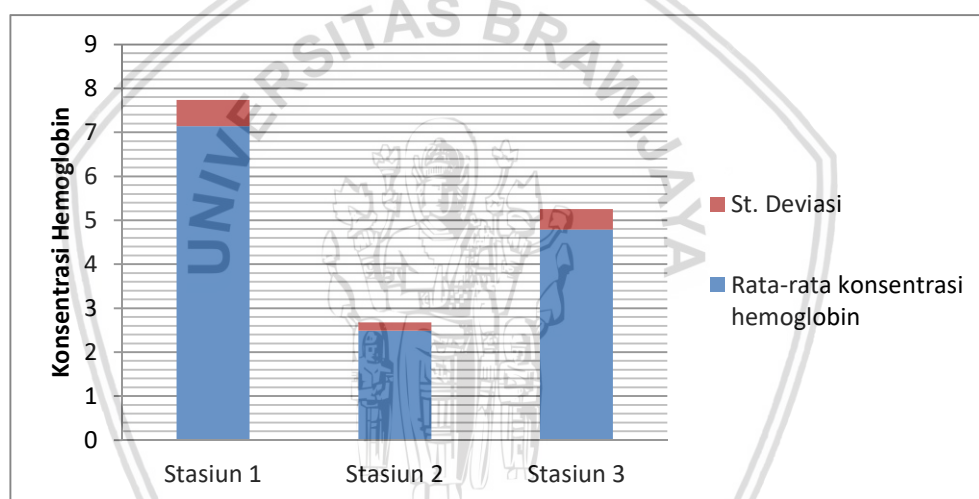
Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Brawijaya, terhadap ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun yang berbeda. Data hasil pengamatan hematologi dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Data mengenai rata-rata konsentrasi hemoglobin (g%) ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Konsentrasi Hemoglobin ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada 3 stasiun Kali Jagir

Ikan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
	g%	g%	g%
1	7	2,6	5,4
2	7,2	2,1	4,6
3	7,4	2,5	4,1
4	7	2,7	5,3
5	8	2,7	4,2
6	7,8	2,5	5,3
7	6	2,3	4,9
8	6,8	2,6	5
9	6,6	2,4	4,4
10	7,6	2,5	4,7
Rata-rata	7,14	2,49	4,79
Stdev	0,596657356	0,185292561	0,467736868

Berdasarkan data pada Tabel 4 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata konsentrasi hemoglobin ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) tertinggi berada pada stasiun 1, yaitu dengan jumlah rata-rata sebesar 7,14 g% atau berkisar antara 6-8 g%. Kemudian disusul stasiun 3 dengan jumlah rata-rata sebesar 4,79 g% atau berkisar antara 4,1-5,4 g%. Selanjutnya untuk konsentrasi terendah berada pada stasiun 2 dengan jumlah rata-rata sebesar 2,49 g% atau berkisar antara 2,1-2,7 g% (**Gambar 11**).

Rendahnya tingkat konsentrasi hemoglobin pada stasiun 2 yang ditemukan tingkat konsentrasi hemoglobin dibawah kisaran normal yang di duga karena pada lokasi tersebut merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dan banyaknya pemukiman padat penduduk dan aktifitas manusia, sehingga menyebabkan tingkat konsentrasi hemoglobin menjadi rendah. Rendahnya konsentrasi hemoglobin menunjukkan terjadinya anemia. Anemia menunjukkan kondisi dimana konsentrasi hemoglobin dalam darah rendah, yang disebabkan oleh penurunan jumlah eritrosit atau tidak cukupnya jumlah hemoglobin dalam sel darah (Heath 1987 dalam Mones 2008).



Gambar 11. Rata-rata konsentrasi hemoglobin

Konsentrasi Hemoglobin memiliki hubungan selaras dengan eritrosit. Dimana semakin tinggi hemoglobin maka akan semakin tinggi pula eritrosit. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Lagler *et al.*, (1977), yang menyatakan bahwa konsentrasi hemoglobin dalam darah berkorelasi kuat dengan jumlah eritrosit. Semakin rendah jumlah eritrosit, maka semakin rendah pula konsentrasi hemoglobin dalam darah. Tingginya konsentrasi hemoglobin pada stasiun 1 dikarenakan ikan dalam keadaan stress yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang buruk.

4.4.4 Nilai Hematokrit

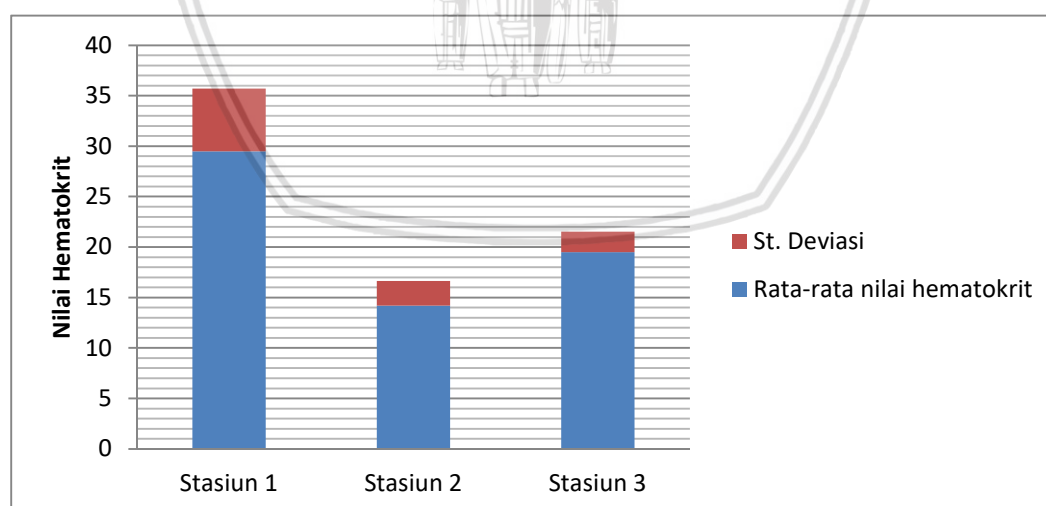
Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Brawijaya, terhadap ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun yang berbeda. Data hasil pengamatan hematologi dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Data mengenai rata-rata nilai hematokrit (%) ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai Hematokrit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada 3 stasiun

Ikan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
	%	%	%
1	26	17	22
2	28	11	18
3	32	13	20
4	25	17	21
5	43	10	16
6	35	16	22
7	24	15	20
8	25	13	20
9	24	14	17
10	33	16	19
Rata-rata	29,5	14,2	19,5
Stdev	6,204836823	2,440400696	2,013840996

Berdasarkan data pada Tabel 5 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata nilai hematokrit ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) tertinggi berada pada stasiun 1, yaitu dengan jumlah rata-rata sebesar 29,5% atau berkisar antara 24-35%. Kemudian disusul stasiun 3 dengan jumlah rata-rata sebesar 19,6% atau berkisar antara 16-22%. Selanjutnya untuk konsentrasi terendah berada pada stasiun 2 dengan jumlah rata-rata sebesar 14% atau berkisar antara 10-17% (**Gambar 12**).

Rendahnya nilai hematokrit pada stasiun 2 disebabkan karena pada lokasi tersebut merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dan banyaknya pemukiman padat penduduk dan aktifitas manusia, sehingga menyebabkan nilai hematokrit menjadi rendah. Hematokrit merupakan perbandingan antara sel darah merah (eritrosit) dengan plasma darah, serta memiliki pengaruh terhadap pengaturan sel darah merah. Hematokrit merupakan sarana untuk mengetahui apakah ikan mengalami anemia atau tidak. Menurut Wedemeyer & Yasutake 1977 dalam Mudjiutami *et al.*, (2007), nilai hematokrit akan mengalami penurunan pada kasus anemia. Penurunan nilai hematokrit dapat dijadikan petunjuk mengenai rendahnya kandungan protein, defisiensi vitamin atau ikan yang terkena infeksi. Menurunnya kadar hematokrit dapat dijadikan indikator rendahnya kandungan protein pakan, defisiensi vitamin atau ikan akan mendapat infeksi, sedangkan meningkatnya kadar hematokrit dan eritrosit menunjukkan bahwa ikan dalam keadaan stress (Klontz dalam Johnny *et al.*, 2003).



Gambar 12. Rata-rata nilai hematokrit

Rendahnya nilai hematokrit berbanding lurus dengan jumlah eritrosit, dimana pada kondisi perairan yang baik maka memberikan dampak yang baik pula terhadap kondisi kesehatan ikan. Hal ini sesuai dengan data kualitas air

yang diperoleh, pada stasiun 2 dan 3 bisa dikatakan tercemar karena kadar BOD, COD, TSS dan Hg melebihi standart baku mutu kelas II, kondisi ini memberikan pengaruh terhadap kesehatan ikan sehingga nilai hematokrit pada stasiun 2 dan 3 menurun. Menurut Jawad *et al.*,(2004), hematokrit adalah persentase volume eritrosit di dalam darah, dan nilainya berhubungan dengan jumlah sel darah merah. Peningkatan kadar hematokrit ini dipengaruhi oleh dua faktor yaitu perubahan parameter lingkungan terutama suhu perairan serta keadaan fisiologi ikan terkait dengan energi yang dibutuhkan.

4.5 Jumlah Mikronuclei

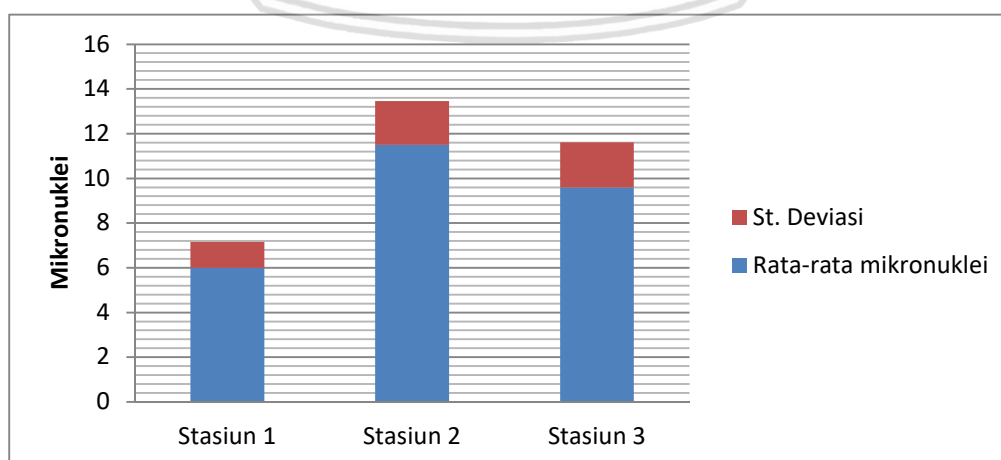
Mikronuclei adalah sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom acentrik atau kromosom tertinggal selama anafase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Brawijaya, terhadap ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun yang berbeda. Data hasil pengamatan hematologi dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Data mengenai rata-rata jumlah mikronuclei ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tiga stasiun dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Jumlah Mikronuclei ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) di 3 stasiun

Ikan	Stasiun 1 (sel/1000)	Stasiun 2 (sel/1000)	Stasiun 3 (sel/1000)
1	7	15	13
2	7	10	9
3	6	11	7
4	6	14	11
5	8	10	7
6	6	11	12
7	4	12	10
8	5	9	10
9	5	10	8
10	6	13	9
Rata-rata	6	11,5	9,6
Stdev	1,154700538	1,957890021	2,011080417

Berdasarkan data pada Tabel 6 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata jumlah mikronuclei ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) tertinggi berada pada stasiun 2, yaitu dengan jumlah rata-rata sebesar 11,5 sel/1000 atau berkisar antara 9-15 sel/1000. Kemudian disusul stasiun 3 dengan jumlah rata-rata sebesar 9,6 sel/1000 atau berkisar antara 7-13 sel/1000. Selanjutnya untuk jumlah mikronuklei terendah berada pada stasiun 1 dengan jumlah rata-rata sebesar 6 sel/1000 atau berkisar antara 4-7 sel/1000 (**Gambar 13**).

Tingginya jumlah mikronuklei pada stasiun 2 disebabkan karena pada lokasi tersebut merupakan lokasi pembuangan limbah domestik dan banyaknya pemukiman padat penduduk dan aktifitas manusia, sehingga menyebabkan jumlah mikronuklei menjadi tinggi. Nilai mikronuklei dapat dikatakan berbanding lurus dengan kualitas air pada stasiun 2 dimana semakin tingginya BOD, COD, TSS dan Hg maka semakin tinggi pula jumlah mikronuklei. Sebagaimana menurut Setyawati dan Hartati (2005) dalam Muhusini (2005), adalah adanya zat racun dalam tubuh organisme dapat menimbulkan reaksi antara zat beracun dengan struktur molekul tertentu dari badan. Namun kepekaan terhadap zat toksik sangat bervariasi tergantung dari kemampuan pertahanan tubuh masing - masing individu.



Gambar 13. Jumlah rata-rata mikronuklei

Berdasarkan (**Gambar 13**) didapat rata-rata nilai mikronuklei sebesar 6 sel/1000 pada stasiun 1, pada stasiun 2 sebesar 11,5 sel/1000 dan pada stasiun 3 sebesar 9,6 sel/1000. Jika dibandingkan dengan kualitas perairan, maka dapat dipastikan bahwa semakin tinggi kadar limbah, semakin tinggi pula nilai mikronuklei. Didapat hasil kualitas air pada stasiun 1 dengan COD 23,65 mg/L, BOD 7,1 mg/L, TSS 100,75 mg/L dan Hg 0,0080. Nilai kualitas air pada stasiun 1 tidak terlalu mempengaruhi perairan, sehingga kondisi perairan masih berada dalam kondisi yang baik dan kondisi ikan pada perairan tersebut relatif sehat. Nepomuceno dan Spano (1995), menyebutkan bahwa konsentrasi polutan yang lebih tinggi dapat menghambat pembelahan sel normal, kromosom kerusakan eritrosit, dan duplikasi DNA mengganggu, menyebabkan frekuensi mikronukleus menurun lebih atau kurang. Kemudian frekuensi mikronukleus cenderung keluar dan ikan mungkin melakukan beberapa mekanisme pertahanan untuk mengurangi beberapa residu logam dalam tubuh untuk menstabilkan frekuensi mikronukleus tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Mikronuklei terbaik diperoleh di stasiun 1 sebesar 6 sel/1000 (eritrosit rata-rata 1.384.000 sel/mm³, leucosit 198.977,5 sel/mm³, hemoglobin 7,14 % dan hematokrit 29,5 %). Selanjutnya pada daerah pembuangan limbah domestik (stasiun 2) Nilai mikronuklei makin meningkat 11,5 sel/1000 (eritrosit rata-rata 438.000 sel/mm³, leucosit 643.287,5 sel/mm³, hemoglobin 2,49 % dan hematokrit 14,2 %). Menuju ke arah stasiun 3 yang merupakan wilayah persawahan dan menuju ke arah muara nilai mikronuklei membaik menjadi 9,6 sel/ 1000 yang menunjukkan adanya recovery dari ekosistem sungai Kali Jagir tersebut (eritrosit rata-rata 642.000 sel/mm³, leucosit 556.507,5 sel/mm³, hemoglobin 4,79 % dan hematokrit 19,5 %). Kualitas air sungai Kali Jagir masih memenuhi persyaratan mutu air kelas III.
- Berdasarkan hasil pengamatan kualitas perairan Sungai Kali Jagir secara umum dalam kondisi kurang baik, hal ini mengacu pada PP No. 82 tahun 2001 baku mutu kelas III

5.2 Saran

Perairan Sungai Kali Jagir terbaik di peroleh di bagian dekat hulu kemudian menurun mutunya di wilayah pembuangan limbah domestik (stasiun 2) dan mengalami perbaikan mutu (recovery) di dekat persawahan (stasiun 3). Dengan demikian diperlukan pengawasan dan penegakan hukum agar warga sekitar sungai dapat mentaati aturan pemanfaatan sungai yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. S., Sjafei, M. Raharjo dan Sulistiono. 2005. Fisiologi Ikan (Pencemaran dan Penyerapan makanan). Manajemen Sumberdaya Perairan. IPB. Bogor.
- Affandi, R. dan U.M. Tang. 2002. Fisiologi Hewan Air. University Riau Press. Riau.
- Ali, F. Kh. A. M. El-Shehawi dan M. A. Seehy. 2008. *Micronucleus test in fish genome : A sensitive monitor for aquatic pollutant*. Africal journal of biotecnologi 7(5), pp: 606-612.
- Alkahemal - Balawi, H. F., Ahmad, Z., Al-Akel, A. S, Fahad Al-Misned, El-Suliman, M. A and Al-Ghanim, A. K. 2011. *Toxicity bioassay of lead acetate and effects of its sublethal exposure on growth, haematological parameters and reproduction in Clarias gariepinus*. African Journal of Biotechnology. 10(53) : 01.
- Amri dan Khairuman. 2008. Buku Pintar Budidaya 15 Ikan Konsumsi. Agromedia. Jakarta.
- Andayani, S., Marsoedi., Sanoesi, E., Wilujeng, A. E dan Suprastiani. 2014. Profil Hematologi Beberapa Spesies Ikan Air Tawar Budidaya. FPIK. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anderson D.P. 1990. Immunological indicators: effects of environmental stress on immune protection and disease outbreaks. Di dalam: Adams, SM, editor. Biological Indicators of Stress in Fish. American Fisheries Symposium 8. hlm 38-35.
- Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA USU. Medan.
- Betancur, I. P., J. A. Baena and M. C. Guerra. 2009. *Micronuclei Test Application to wild Tropical Ichtyic Spesies Common in Two Lentic Environments of the Low Zones In Colombia*. Journal Actual Biol 31 (90): 67 – 77.
- Bijanti, R. 2005. Hematologi ikan Teknik Pengambilan Darah dan Pemeriksaan Hematologi Bagian ilmu Kedokteran Dasar Veteriner : Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Erlangga. Surabaya. Dahuri, R.I. 1995. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Bloom, J. H. 1998. *Analisis Mutu Air Secara Kimiawi dan Fisis. Sebuah Laporan tentang Pelatihan dan Praktek pada Fakultas Perikanan*. NUFFIC-UNIBRAW. Malang.
- Boyd, C. E. 1988. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Company. New York.
- Chinabut S, Limsuwan C, Katsuwan. 1991. Histology of Walking Catfish *Clarius batracus*. IDRC, Canada. 96ps.
- Dahuri, R. I. 1995. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradnya Paramita. Jakarta.

- Dopongtonung, A. 2008. Gambaran Darah Ikan Lele (*Clarias spp*) Yang Berasal Dari Daerah Laladon-Bogor. Skripsi. IPB
- Dosim., E. H. Hardi dan Agustina. 2013. Efek Penginjeksian Produk Intraseluler (Icp) Dan Ekstraseluler (Ecp) Bakteri (*Pseudomonas sp*) Terhadap Gambaran Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Perikanan*. 19 (1): 24-30.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta.
- Fitriyah, K. R. 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (*Anadara antiquata*). Skripsi. Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Fua, J. L. 2012. Penurunan Tingkat Pencemaran Limbah Organik Tambak Udang. Kementerian Agama Republik Indonesia. Jakarta Pusat.
- Guner U dan F. D. G. Muranh. 2011. *Micronucleus Test, Nuclear Abnormal and Accumulation of Cu and Cd on Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11 : 615-622.
- Hutagalung, H. P. 1984. Logam Berat Dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oseana*. IX. No. 1. LON LIPI. Jakarta.
- Jawad, LA, Al Mukhtar MA, Ahmed HK. 2004. The Relationship Between Hematocrit and Some Biological Parameters of The Indian Shad *Temalosa ilisha*. *Animal Biodiversity an Concervation* 27:47-52
- Johnny, F., D. Zafran Roza dan K. Mahardika. 2003. Hematologi Beberapa Spesies Ikan Laut Budidaya. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(4).
- Komariah, M. 2009. Metabolisme Eritrosit. Fakultas Keperawatan Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Kottelat, M., J. A. Whitten., N. S. Kartikasari and S. Wirjoatmodjo, 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Dalhousie University. Canada
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industry. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, Pasino DRM. 1977. *Ichtiology*. John Wiley and Sons Inc New York, London.
- Lusiyanti, Y. dan Z. Alatas. 2011. *Uji Mikronuklei Dengan Pengeblokan Sitokenesis pada Limfosit Dan Aplikasi Sebagai Biodosimetri Radiasi*. Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VII Hal : 57 – 71.
- Mahawati, E., Suhartono dan Nurjazuli. Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit Dan Leukosit (Studi Pada Tenaga Kerja Di Industri Karoseri CV Laksana Semarang)

- Maswan, N. A. 2009. Pengujian Efektivitas Dosis Vaksin Dna Dan Korelasinya Terhadap Parameter Hematologi Secara Kuantitatif. *Skripsi*. IPB. Bogor.
- Marzuki. 1983. Metodologi Riset. Cetakan Keempat. Bagian Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mones, R. A. 2008. Gambaran Darah Ikan Mas (*Cyprinus carpio Linn*) Strain Majalaya yang Berasal dari Daerah Ciampea Bogor. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Hewan IPB. Bogor.
- Mudarisin. 2004. Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai (Studi Kasus Sungai Cipinang Jakarta Timur). Jakarta. Universitas Indonesia.
- Mudjiutami, E., Ciptoroso dan Z. Zainun. 2007. Uji Toleransi Berbagai Ikan Mas terhadap KHV. *Jurnal Budidaya Air Twar*. 4(2):37-41
- Muhisni. S. M. 2011. Karakteristik Mikronuclei ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) di Bendungan Karangates dan di Sungai Aloo Jawa Timur. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Nasichah Z., Putut W., Andi K., Diana A., 2016. Analisis Kadar Glukosa Darah Ikan Tawes (*Barbonymus Gonionotus*) Dari Bendung Rolak Songo Hilir Sungai Brantas
- Nelson, S Joseph. 2006. *Fishes of the World*. Wiley. Canada.
- Nepomuceno. J. C and Spano. M. A. 1995. Induction Of Micronuclei In Peripheral Erythrocytes Of *Cyprinus Carpio* Fish By Methyl Parathon. *Rev. Int. Contam. Ambient*.11 (1),9-12.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pant J., H. Tewari dan T.S. Gill. 1987. *Effects of aldicarb on the blood and tissues of a freshwater fish*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 38: 36-41.
- Prabandani N., Agung B., dan Shantilistyawati 2001. Komposisi Pakan Buatn Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Kandungan Protein Ikan Tawes (*Puntius javanicus* Blkr.)
- Pujiastuti, P., B. Ismail., dan Pranoto. 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal EKOSAINS*. Vol. 5 No. 1 : 59-75
- Purwanto, A. 2006. Gambaran Darah Ikan Mas *Cyprinus carpio* Yang Terinfeksi Koi Herpes Virus. Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rangkuti, R. H., Suwarso, E dan Anjelisa, P. Z. H. 2012. Pengaruh Pemberian Monosodium Glutamat (MSG) Pada Pembentukan Mikronukleus Sel Darah Merah Mencit. *Journal of Pharmaceuntics dan Pharmacology*. 1 (1) : 29-36.

- Razi, F. 2013. Penanganan Hama dan Penyakit Pada Ikan Sepat Mutiara. Badan Pengembangan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Roberts, R. J. 2001. *Fish Patology*. 3rd ed. Toronto: WB Saunder. Hlm 25-30.
- Sadikin H. M. 2002. Biokimia Darah. Cetakan pertama. Penerbit Widya Medik.
- Safitri, D. Sugito dan S. Suryaningsih. 2013. Kadar Hemoglobin Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Yang Diberi Cekaman Panas Dan Pakan Yang Disuplementasikan Tepung Daun Jaloh (*Salix tetrasperma* Roxb). *Jurnal Medika Veterinaria*. 7 (1) : 39-41.
- Salasia, S. I. O., D. Sulanjari., dan A. Ratnawati. 2001. Studi Hematologi Ikan Air Tawar. *Biologi*. 2(12): 710-723.
- Sastrawijaya, A. T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Penerbit Rineka Cipta Jakarta.
- Setyawan, P. 2009. Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Air. <http://akademiperikanan.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 20 Maret 2015.
- Sirajudin. 2008 Informasi Awal Tentang Kualitas Biofisik Perairan Teluk Waworada Untuk Budidaya Rumput Laut (*Euचेuma cottonii*)
- Sugiyono. 2005. Metode Penelitian Kualitatif. Bandung.
- Sukadi. 1999. Pencemaran Sungai Akibat Buangan Limbah dan Pengaruhnya Terhadap BOD dan DO. Makalah. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Bandung.
- Sukenda, L. Jamal., D. Wahyuningrum dan A. Hasan. 2008. Penggunaan Kitosan Untuk Pencegahan Infeksi (*Aeromonas hydrophila*) pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias* sp). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 7 (2): 159-169.
- Supardi.I, 1984. Pembangunan yang memanfaatkan sumber daya. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Suryabrata, S. 1987. Metode Penelitian. Cetakan Pertama. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Utami, I. 2015. Analisa Sistem Imun Ikan bandeng (*chanos chanos*) Pada Tambak Tanjung Sari Desa Kupang Kecamatan Jabon Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur
- Utojo., Rahmansyah., A Masyur., A. M, Pirzan., dan Hasnawi. 2006. Identifikasi Kalayakan Lokasi Lahan B u d i d a y a R u m p u t Laut (*Euचेuma* sp.) Di Perairan Teluk Tamiang, Kabupaten Kota Baru, Kalimantan Selatan
- Utomo, Y., 2010. Analisa Kromium dalam sedimen sebagai parameter kualitas air kadar kromium pada perairan di Sungai Surabaya, Seminar Nasional Fundamental dan aplikasi Teknik Kimia. ITS.

- Wahjuningrum, D., Nuryati, S., Ashry, N. 2008. Pemanfaatan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia cattape*) Untuk Pencegahan dan Pengobatan Ikan Patin (*Pangasionodon hypophthalmus*) yang Terinfeksi (*Aeromonas hydrophila*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 7 (1): 79-94.
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. Second Edition. Saunders College Publishing, Toronto, Canada.
- Wibowo, T. H. R. 2010. Analisa Kemampuan Lahan Pada Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus: Sub DAS Kedung Wonogiri). *Tugas Akhir*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Tesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zonneveld, N., E. A. Huisman dan J. H. Boon. 1991. Prinsip – prinsip Budidaya Ikan, hal : 48 – 66. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

