

**GAMBARAN IMUNOLOGI IKAN GABUS (*Channa striata*)  
DI BENDUNGAN KARANGKATES DAN DI SUNGAI YANG TERKENA  
DAMPAK LUMPUR PT. LAPINDO BRANTAS (SUNGAI ALOO)  
DESA PENATARSEWU KABUPATEN SIDOARJO, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI  
MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

**PALUPI DWI AYUNINGTYAS**

**NIM. 0610813010**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2011**

**1**

**GAMBARAN IMUNOLOGI IKAN GABUS (*Channa striata*)  
DI BENDUNGAN KARANGKATES DAN DI SUNGAI YANG TERKENA  
DAMPAK LUMPUR PT. LAPINDO BRANTAS (SUNGAI ALOO)  
DESA PENATARSEWU KABUPATEN SIDOARJO, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

**Oleh:**

**PALUPI DWI AYUNINGTYAS**

**NIM. 0610813010**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2011**

**SKRIPSI**

**GAMBARAN IMUNOLOGI IKAN GABUS (*Channa striata*)  
DI BENDUNGAN KARANGKATES DAN DI SUNGAI YANG TERKENA  
DAMPAK LUMPUR PT. LAPINDO BRANTAS (SUNGAI ALOO)  
DESA PENATARSEWU KABUPATEN SIDOARJO, JAWA TIMUR**

Oleh:

**PALUPI DWI AYUNINGTYAS**

**NIM. 0610813010**

telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 7 April 2011  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

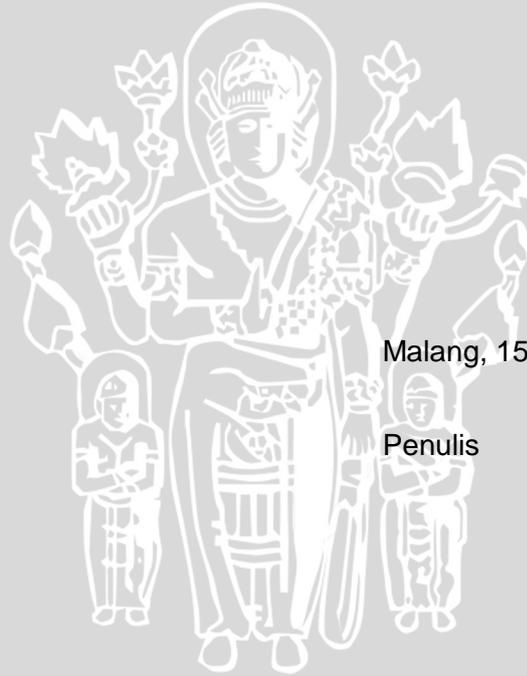


**PERNYATAAN ORISINALITAS**

## 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 skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Malang, 15 April 2011

Penulis

Palupi Dwi Ayuningtyas

## UCAPAN TERIMA KASIH

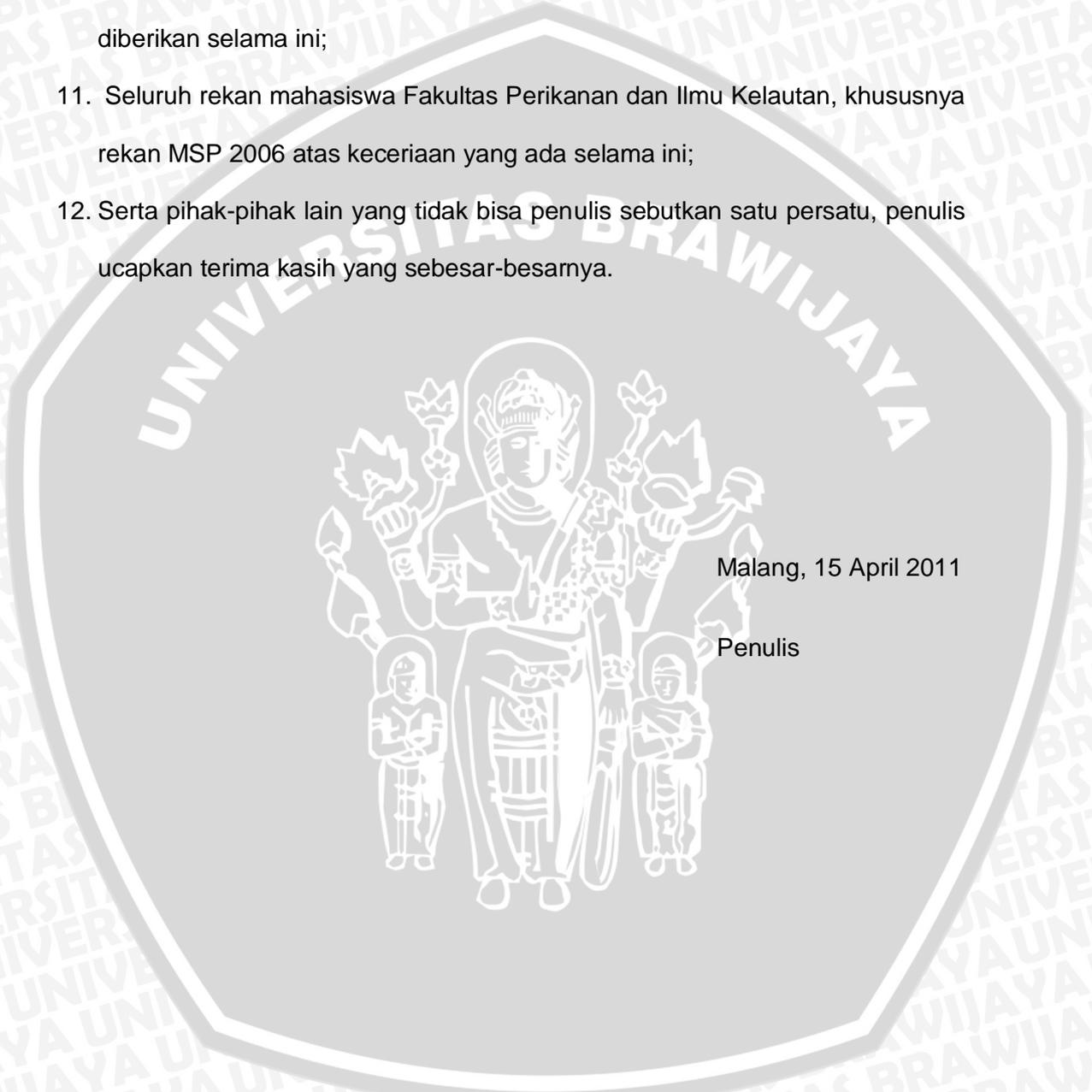
Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. dan Nabi Muhammad SAW. atas segala karunia dan hidayah-Nya yang dilimpahkan kepada penulis;
2. Ibu Prof. Ir. Yenny Risjani., D.E.A., Ph.D. dan Ibu Ir. Kusriani., M.S. selaku pembimbing;
3. Bapak Ir. Putut Widjanarko., M.P. dan Ibu DR. Yuni Kilawati., S.Pi., M.Si. selaku penguji;
4. Segenap *team crew immunolovers* (Norma, Mita, Indra) atas kerja samanya dalam penyelesaian penelitian ini;
5. Bapak Ir. Maftuch., M.S. dan Mbak Titin Yuniastutik yang turut membimbing demi kelancaran penelitian ini;
6. Sujud dan terima kasih penulis persembahkan kepada Ibunda Titis Susilowati, Ayahanda Soekartono, dan Mbak Santi Utami Dewi tercinta atas dorongan yang kuat, kebijaksanaan dan doa yang telah diberikan;
7. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Nenek tercinta Sri Kadarmini (Mbah Yi) atas kasih sayang dan kesabaran yang telah diberikan;
8. Keluarga besar tercintaku, bude yun, tante hera, om mamik, om tiyok, Alm. tante eny, prita, bayu, maknyo, dll atas dukungan yang diberikan selama ini;

9. Sahabat-sahabat enthud.corp tercinta (bita, nuri, mimi, pie, edha, titis, ndro, nong) atas keceriaan dan kesetiiaannya selama ini;
10. Masku Dony Prasetyo, atas bantuan dan semangat, serta kesabaran yang diberikan selama ini;
11. Seluruh rekan mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, khususnya rekan MSP 2006 atas keceriaan yang ada selama ini;
12. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Malang, 15 April 2011

Penulis



## RINGKASAN

**PALUPI DWI AYUNINGTYAS.** Skripsi tentang Gambaran Imunologi Ikan Gabus (*Channa Striata*) Di Bendungan Karangates dan Di Sungai Aloo yang Terkena Dampak Lumpur PT. Lapindo Brantas Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur (di bawah bimbingan **Prof. Ir. Yenny Risjani., D.E.A., Ph.D.** dan **Ir. Kusriani., M.S.**)

Sungai Aloo terletak di Propinsi Jawa Timur, Kabupaten Sidoarjo, merupakan pertemuan antara sungai Kalitengah dan Kalidawir di Kecamatan Tanggulangin. Bencana ekologis nasional lumpur panas yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur dimulai pada tanggal 28 Mei 2006 di Banjar Panji-1 milik kegiatan pengeboran PT. Lapindo Brantas, Inc. Untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang lebih parah sehingga membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya, maka dibuat skenario pembuangan air lumpur ke Sungai Porong dan Sungai Aloo menuju laut untuk menjamin keselamatan penduduk di sekitar semburan.

Respon dari ikan ditunjukkan dengan perubahan tingkah laku maupun perubahan fisiologis dari ikan tersebut. Ikan gabus (*Channa striata*) adalah salah satu ikan yang hidup di sungai Aloo. Imunologi ikan adalah ilmu yang mempelajari tentang sistem kekebalan atau daya tahan tubuh ikan terhadap lingkungannya. Imunologi dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui tingkat kesehatan dan fisiologis suatu ikan. Penyimpangan fisiologis ikan akan menyebabkan komponen-komponen imun juga mengalami perubahan. Salah satu komponen imunologi yang dapat diamati adalah komposisi leukosit (sel darah putih) dan aktivitas fagositosis. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui gambaran imunologi ikan gabus di sungai Aloo yang telah dialiri lumpur lapindo dan untuk mengetahui perbedaan kondisi imunologi dari ikan gabus yang diambil di sungai Aloo dan ikan gabus yang diambil di Bendungan Karangates.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan komponen sel imun meliputi jumlah total leukosit, diferensial leukosit, jumlah sel makrofag, dan aktivitas fagositosis dari ikan gabus di sungai Aloo. Kemudian dilakukan pengamatan ikan gabus dari bendungan karangates dengan perlakuan yang sama sebagai sampel ikan pembandingan yang tidak terkena dampak lumpur lapindo. Adapun analisa data data penelitian ini menggunakan uji t berpasangan. Untuk menunjang data tersebut diatas, indikator fisika dan kima air juga diamati, seperti kadar DO (*Dissolved oxygen*), pH, suhu, TSS (*Total suspended solid*), salinitas, COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan phenol.

Rata-rata jumlah leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur yaitu  $1.87 \times 10^5 \pm 2.67 \times 10^4$  sel/ml  $> 1.07 \times 10^5 \pm 3.36 \times 10^4$  sel/ml. Dari nilai tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan uji *t-dependent* diperoleh bahwa jumlah total leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo ( $t_{hit}: 3.89 > t_{tab}: 2.31$ ). Sedangkan rerata diferensial leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur yaitu neutrofil  $37328 \pm 10930.07$  sel/ml  $> 16717.2 \pm 8745.19$  sel/ml; limfosit  $93346 \pm 21078.49$  sel/ml  $> 49887.2 \pm 20030.46$  sel/ml; dan monosit  $13946.4 \pm 7556.2$  sel/ml  $> 5685.2 \pm 3108.1$  sel/ml. Kemudian di uji dengan menggunakan uji *t-dependent*, didapatkan bahwa jumlah neutrofil ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3.29 > t_{tab}: 2.31$ ); limfosit ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3.34 > t_{tab}: 2.31$ ); dan monosit ikan yang terkena lumpur lapindo tidak berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 2.26 < t_{tab}: 2.31$ ). Terjadinya perbedaan pada jumlah leukosit maupun diferensial leukosit diduga dipengaruhi oleh tingkat stress yang dialami ikan, selain itu juga dipengaruhi pula adanya ritme biologis dari pembentukan sel darah. Selain itu, mekanisme respon imun ikan juga dipengaruhi oleh lamanya ikan berinteraksi dengan pencemar.

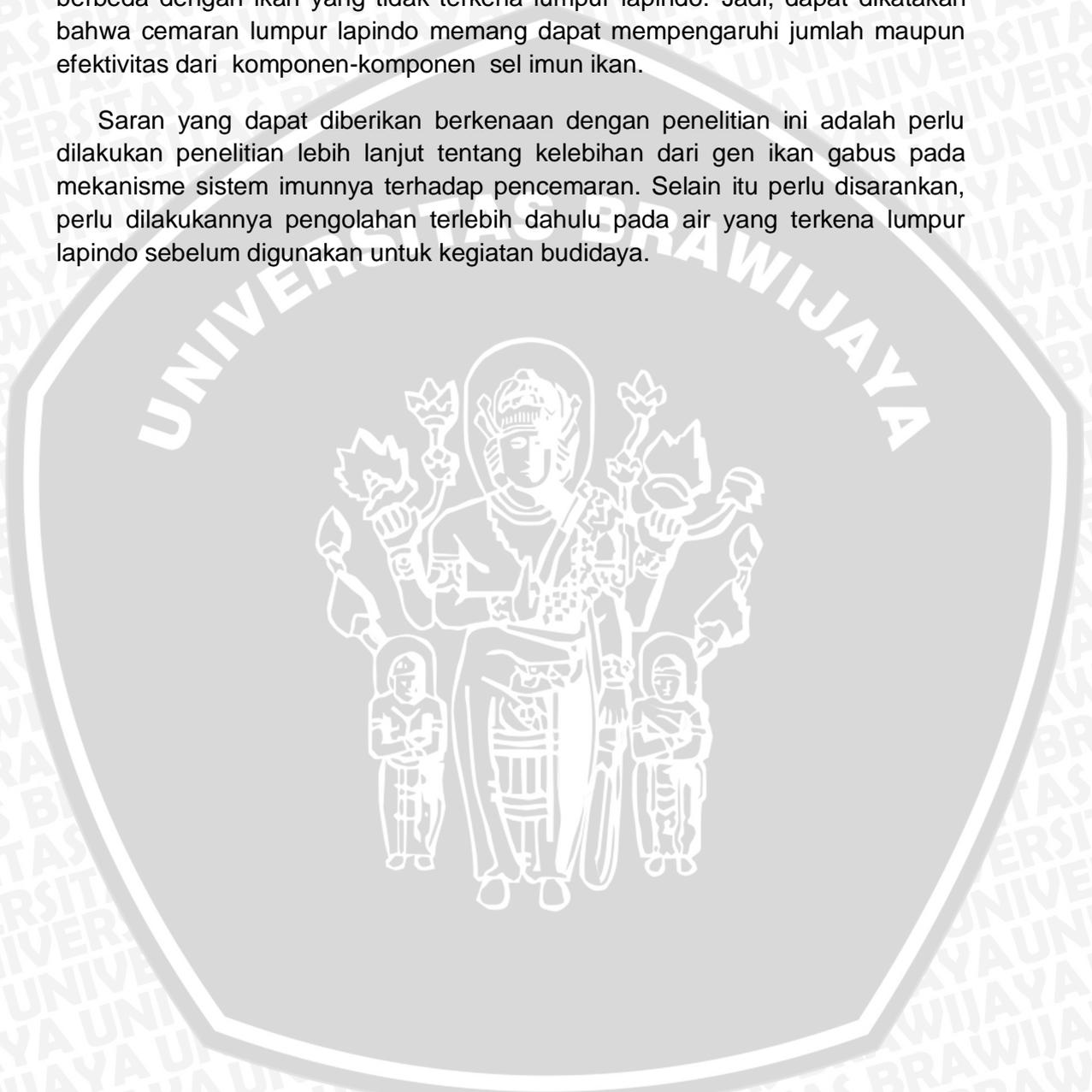
Rerata jumlah sel makrofag ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo yaitu  $20.6 \times 10^5 \pm 6.65 \times 10^5$  sel/ml  $> 10.4 \times 10^5 \pm 2.50 \times 10^5$  sel/ml serta berbeda dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3.21 > t_{tab}: 2.57$ ). Selain itu, berdasarkan hasil perhitungan aktivitas fagositosis menunjukkan bahwa ikan yang terkena lumpur lapindo lebih rendah dibanding ikan yang tidak terkena, yaitu  $12.8 \pm 6.42\% < 35.8 \pm 7.19\%$ . Sedangkan hasil analisis data dengan menggunakan uji *t* berpasangan, didapatkan bahwa jumlah aktivitas fagositosis ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 5.36 > t_{tab}: 2.31$ ). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sel makrofag dalam memfagosit berhubungan dengan tingkat stres yang dialami ikan. Meskipun jumlah dari sel fagositik ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding ikan yang tidak terkena lumpur lapindo, namun aktivitasnya berkebalikan dari banyaknya jumlah sel.

Hasil dari pengukuran kualitas air parameter lainnya antara lain sebagai berikut: suhu berkisar antara 30-32°C, pH berkisar 8, salinitas berkisar 5 ppt, DO berkisar antara 1.37-2.18 ppm, TSS berkisar 672 mg/l, COD berkisar 58 mg/l, dan phenol berkisar 1.9 mg/l.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah komponen sel imun ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo. Terjadinya perbedaan pada jumlah leukosit maupun diferensial leukosit diduga dipengaruhi oleh tingkat

stres yang dialami ikan dan juga dipengaruhi pula adanya ritme biologis dari pembentukan sel darah. Selain itu, mekanisme respon imun ikan juga dipengaruhi oleh lamanya ikan berinteraksi dengan pencemar. Hasil uji *t-dependent* menunjukkan bahwa sel imun ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo. Jadi, dapat dikatakan bahwa cemaran lumpur lapindo memang dapat mempengaruhi jumlah maupun efektivitas dari komponen-komponen sel imun ikan.

Saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kelebihan dari gen ikan gabus pada mekanisme sistem imunnya terhadap pencemaran. Selain itu perlu disarankan, perlu dilakukannya pengolahan terlebih dahulu pada air yang terkena lumpur lapindo sebelum digunakan untuk kegiatan budidaya.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis persembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya skripsi dengan judul “Gambaran Imunologi Ikan Gabus (*Channa Striata*) Di Bendungan Karangates dan Di Sungai Aloo yang Terkena Dampak Lumpur PT. Lapindo Brantas Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur” ini dapat diselesaikan.

Laporan ini dibuat dan dengan tujuan sebagai pertanggungjawaban kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta Universitas Brawijaya dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Selain itu, dengan dirampungkannya laporan ini juga diharapkan bisa membantu masyarakat dalam memperbaiki kualitas perairan dan lingkungan.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca. Selain itu penulis sadar bahwa dalam laporan ini terdapat kekurangan dan belum sempurna. Oleh sebab itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, 15 April 2011

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iii
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Kegunaan.....	5
1.5 Tempat dan Waktu.....	6
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Biologi Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ).....	7
2.2 Sungai Aloo dan Dampak yang Ditimbulkan Oleh Lumpur Lapindo.....	10

	12
2.3 Imunologi Ikan .....	12
2.4 Leukosit .....	13
2.4.1 Neutrofil .....	14
2.4.2 Eosinofil .....	14
2.4.3 Basofil .....	15
2.4.4 Limfosit .....	16
2.4.5 Monosit .....	17
2.5 Makrofag.....	19
2.6 Aktivitas Fagositosis oleh Sel Makrofag.....	20
2.7 Respon Pembentukan Sistem Imun pada Ikan Terhadap Pencemaran .....	21
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Materi Penelitian .....	23
3.2 Metode Penelitian .....	23
3.3 Sumber Data .....	23
3.3.1 Data Primer.....	24
3.3.2 Data Sekunder.....	24
3.4 Metode Pemeriksaan Leukosit.....	25
3.4.1 Metode Pengambilan Sampel Darah.....	25
3.4.2 Metode Perhitungan Jumlah Leukosit .....	26
3.4.3 Metode Pemeriksaan Jumlah Diferensial Leukosit.....	27
3.5 Metode Uji Aktivitas Fagositosis .....	28
3.5.1 Perhitungan Jumlah Makrofag .....	28
3.5.2 Perhitungan Aktivitas Fagositosis.....	28
3.6 Metode Parameter Fisika dan Kimia .....	29
3.6.1 Suhu .....	29
3.6.2 Salinitas .....	29
3.6.3 DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) .....	30
3.6.4 pH.....	30

	13
3.6.5 TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ).....	31
3.6.6 Phenol.....	32
3.6.7 COD (Chemical Oxygen Demand) .....	33
3.7 Analisa Data .....	34
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>35</b>
4.1 Kondisi Eksternal Ikan Gabus.....	35
4.2 Kondisi Imunologi Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ) .....	37
4.2.1 Jumlah Leukosit.....	37
4.2.2 Jumlah Diferensial Leukosit .....	39
a. Neutrofil.....	40
b. Limfosit.....	41
c. Monosit.....	42
4.2.3 Jumlah Sel Makrofag .....	44
4.2.4 Jumlah Aktivitas Fagositosis dari Sel Makrofag.....	46
4.3 Pembahasan Umum .....	48
4.4 Kondisi Kualitas Air Sungai Aloo.....	50
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>60</b>



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. ....	Hasil
Uji Kualitas Air Lumpur pada Luberan dari Pusat Semburan.....	2
2. ....	Jadw
al Penelitian Skripsi.....	6
3. ....	Kisar
an Nilai Hematologi Ikan Sehat.....	9
4. ....	Ciri-
ciri Ikan Gabus Sehat Berdasarkan Nilai Hematologinya.....	9
5. ....	Hasil-
Hasil Penelitian Tentang Efek Lingkungan Terhadap Imunologi Ikan (Komponen Leukosit).....	18
6. ....	Hasil-
Hasil Penelitian Tentang Efek Pencemar Terhadap Imunologi Ikan (Makrofag dan Aktivitas Fagositosis).....	21
7. ....	Ukur
an TL ( <i>Total Length</i> ) Ikan Gabus.....	35
8. ....	Data
hasil kualitas air (parameter kimia dan fisika) sungai Aloo.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Rumusan Masalah .....	4
2. Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ).....	7
3. Badan sungai Aloo.....	10
4. Struktur imun pada ikan teleostei.....	12
5. Penampang sel Neutrofil ikan .....	14
6. Penampang sel Eosinofil ikan .....	15
7. Penampang sel Basofil ikan.....	16
8. Penampang sel Limfosit ikan .....	17
9. Penampang sel Monosit ikan .....	17
10. Fase Respon Imun pada Vertebrata .....	22
11. Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ) yang diamati.....	35
12. Perbandingan jumlah total leukosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates.....	37
13. Penampang sel darah ikan di sungai Aloo .....	39
14. Penampang sel darah ikan di bendungan Karangates .....	39
15. Perbandingan jumlah neutrofil ikan gabus dari	

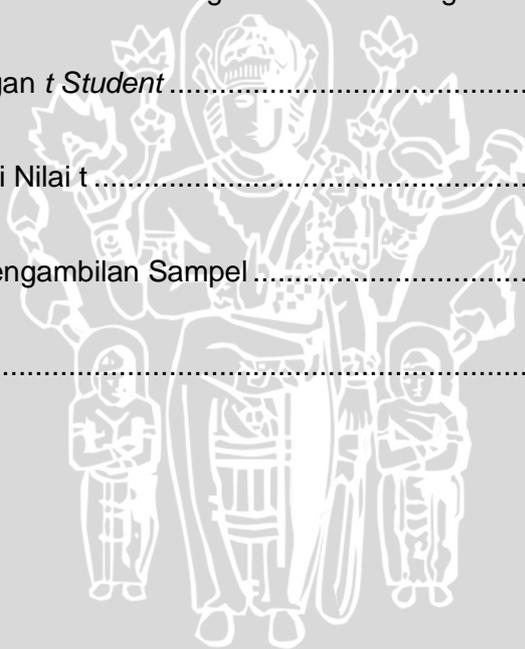


	17
sungai Aloo dan dari bendungan Karangates.....	40
16. Perbandingan jumlah limfosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates.....	41
17. Perbandingan jumlah monosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates.....	43
18. Sel makrofag ikan gabus.....	44
19. Perbandingan jumlah sel makrofag ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates.....	45
20. Sel Makrofag .....	46
21. Perbandingan jumlah aktivitas fagositosis sel makrofag ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates .....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kamar Hitung Haemocytometer .....	60
2. Data Hasil Jumlah Sel Darah Putih Ikan Gabus .....	61
3. Data Hasil Jumlah Diferensial Leukosit .....	62
4. Data Hasil Jumlah Sel Makrofag dan Aktivitas Fagositosis .....	63
5. Hasil Perhitungan <i>t Student</i> .....	64
6. Tabel Distribusi Nilai <i>t</i> .....	69
7. Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	70
8. Dokumentasi .....	71



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air adalah komponen lingkungan hidup yang dapat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan manusia dan kehidupan makhluk hidup lainnya. Pencemaran air dapat disebabkan oleh kegiatan usaha atau dikenal dengan limbah cair maupun oleh sebab alami atau bencana alam.

Sungai Aloo terletak di Propinsi Jawa Timur, Kabupaten Sidoarjo, merupakan pertemuan antara sungai Kalitengah dan Kalidawir di Kecamatan Tanggulangin. Di bagian hulu sungai Aloo memiliki beberapa sumber pencemar antara lain limbah yang berasal dari persawahan serta buangan domestik. Pada awalnya, sungai Aloo berfungsi sebagai sumber kegiatan ekonomi masyarakat daerah aliran sungai, antara lain sebagai mata pencaharian nelayan, irigasi pertanian dan pertambakan serta keperluan domestik bagi penduduk. Menurut Irianto (2005), air limbah industri, perkotaan maupun rumah tangga akan mengurangi kualitas air tergantung pada besaran polutan dan intensitasnya. Akibat limbah yang paling nyata yaitu penurunan kadar oksigen akibat proses biodegradasi senyawa organik dalam limbah oleh mikroba. Air limbah juga potensial sebagai sumber polutan logam berat, pestisida, dan mungkin pula nitrit.

Bencana ekologis nasional lumpur panas yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur dimulai pada tanggal 28 Mei 2006 di Banjar Panji-1 milik kegiatan pengeboran PT. Lapindo Brantas, Inc. Perkiraan volume semburan Lumpur antara  $\pm 50.000 - 120.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Dari uji toksikologis diketahui bahwa

lumpur Lapindo Brantas mengandung limbah organik diatas baku mutu sesuai dengan ketentuan KepMenLH 42/96, seperti penjabaran pada Tabel 1. berikut:

**Tabel 1.** Hasil Uji Kualitas Air Lumpur pada Luberan dari Pusat Semburan.

\*) Baku mutu limbah cair bagi kegiatan minyak dan gas serta panas bumi sesuai KepMenLH 42/96 *dalam* Herawati (2007)

Untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang lebih parah sehingga membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya, maka dibuat skenario pembuangan air lumpur ke Sungai Porong dan Sungai Aloo menuju laut untuk menjamin keselamatan penduduk di sekitar semburan. Masuknya lumpur panas tersebut ke sungai Aloo yang sebelumnya telah mengalami pencemaran oleh limbah domestik, diperkirakan akan menambah beban polutan pada perairan tersebut, sehingga dapat menimbulkan permasalahan yang serius yaitu terjadinya pencemaran perairan.

Efek yang ditimbulkan akibat bencana ini tidak hanya dirasakan oleh masyarakat sekitar saja. Populasi dari berbagai jenis organisme perairan juga terganggu. Ikan adalah salah satu indikator biologi di suatu perairan. Apabila terjadi perubahan kualitas dari suatu perairan, maka ikan akan memberikan respon terhadap perubahan tersebut. Respon dari ikan ditunjukkan dengan

perubahan tingkah laku maupun perubahan fisiologis dari ikan tersebut. Ikan gabus (*Channa striata*) adalah salah satu ikan yang hidup di sungai Aloo. Ikan gabus memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi. Ikan gabus juga memiliki toleransi yang tinggi terhadap ketersediaan oksigen, karena gabus memiliki kemampuan bernapas langsung dari udara, dengan menggunakan semacam organ labirin.

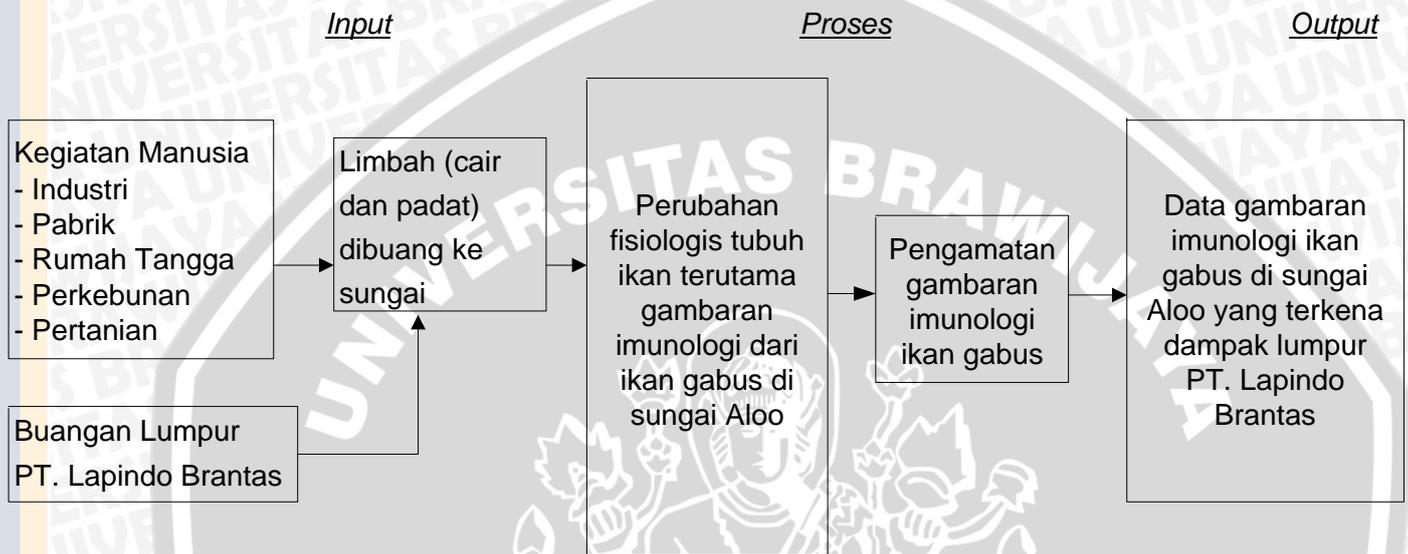
Imunologi ikan adalah Ilmu yang mempelajari tentang sistem kekebalan atau daya tahan tubuh ikan terhadap lingkungannya. Imunologi dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui tingkat kesehatan dan fisiologis ikan. Penyimpangan fisiologis ikan akan menyebabkan komponen-komponen imun juga mengalami perubahan. Salah satu komponen imunologi yang dapat diamati adalah komposisi leukosit (sel darah putih) dan aktivitas fagositosis.

Hasil-hasil penelitian yang berkaitan tentang dampak atau efek dari lingkungan terhadap imunologi dan metabolisme organisme diantaranya adalah penelitian oleh Suresh, (2009) untuk spesies ikan mujaer; Martins *et al.*, (2009) untuk ikan nila; Mudjiutami *et al.* (2007) untuk spesies ikan mas; Alamanda *et al.* (2006) untuk spesies ikan lele dumbo; Maftuch (2007) untuk spesies ikan kerapu tikus; Stosik *et al.*, (2002) untuk spesies *Abramis brama*; dan Astuti (2003) untuk spesies ikan lele. Adapun penelitian tentang kondisi fisiologis ikan di daerah yang berdekatan dan terkena aliran lumpur lapindo masih terbatas, sehingga perlu adanya untuk dilakukan penelitian ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah masuknya lumpur PT. Lapindo Brantas di sungai Aloo Desa Penatarsewu berpengaruh terhadap komponen imunologi ikan gabus.

2. Bagaimana perbedaan kondisi imunologi dari ikan gabus yang diambil di sungai Aloo dan ikan gabus yang diambil di perairan yang tidak terkena dampak lumpur PT. Lapindo Brantas yaitu Bendungan Karangates.



**Gambar 1.** Diagram Alir Rumusan Masalah

Keterangan:

- a. Hasil dari kegiatan manusia seperti industri, pabrik, rumah tangga, perkebunan, dan pertanian akan menghasilkan limbah cair maupun padat. Begitu juga dengan lumpur PT. Lapindo Brantas yang meluap kemudian dibuang langsung ke daerah aliran sungai.
- b. Limbah yang masuk ke perairan sungai akan mencemari biota yang hidup di sungai tersebut. Salah satu biota yang peka akibat perubahan lingkungannya adalah ikan. Oleh karena itu penting adanya pengamatan imunologi dilakukan mengingat efek lingkungan sangat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh atau imun dari ikan.

c. Dengan diketahuinya gambaran imun dari ikan gabus di sungai Aloo, diharapkan untuk menjadi perhatian bagi manusia dan pihak-pihak terkait dengan pencemaran yang terjadi di sungai ini untuk menjaga kelestarian sumberdaya perairan secara terpadu.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui gambaran imunologi ikan gabus di sungai Aloo Desa Penatarsewu yang telah dialiri lumpur lapindo.
2. Untuk mengetahui perbedaan kondisi imunologi dari ikan gabus yang diambil di sungai Aloo Desa Penatarsewu dan ikan gabus yang diambil di perairan yang tidak terkena dampak lumpur PT. Lapindo Brantas yaitu Bendungan Karangates.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa, diharapkan dapat menambah pengetahuan, keterampilan, pengalaman kerja di lapangan dan membandingkan teori yang didapatkan di bangku kuliah dengan kenyataan yang ada di lapangan, serta menumbuhkan perhatian khusus terhadap bahaya pencemaran lumpur Lapindo terhadap kelestarian sumberdaya perikanan
2. Bagi peneliti atau lembaga ilmiah, sebagai sumber informasi keilmuan dan dasar untuk penulisan ataupun penelitian lebih lanjut tentang imunologi ikan yang terkena dampak lumpur lapindo

3. Bagi pihak yang berkepentingan, sebagai informasi dan bahan pertimbangan perumusan kebijakan dalam rangka pelestarian sumberdaya perikanan.

### 1.5 Tempat dan Waktu

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Sungai Aloo Desa Penatarsewu Kecamatan Tanggulangin Kabupaten Sidoarjo dan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Pelaksanaan kegiatan ini dimulai bulan Agustus 2010 hingga Februari 2011. Adapun jadwal pelaksanaan dari penelitian Skripsi ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jadwal Penelitian Skripsi

No	Uraian Kegiatan	Tahun 2010				Tahun 2011		
		Agst	Sept	Okt	Nov-Des	Jan	Feb	Mar-April
1	Survei Lapang	■						
2	Penyusunan Proposal		■					
3	Perijinan Pihak Terkait		■					
4	Pengambilan Data			■				
5	Analisis Data				■			
6	Penyusunan Laporan					■		
7	Seminar Hasil dan Ujian Skripsi							■

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Biologi Ikan Gabus (*Channa striata*)

Menurut Cholik *et al.*, (2005), sistematika ikan gabus adalah sebagai berikut:

Filum	: Chordata
Klas	: Pisces
Ordo	: Channoidei
Famili	: Channidae
Genus	: Channa
Spesies	: <i>Channa striata</i>

**Gambar 2.** Ikan Gabus (*Channa striata*)

Ikan gabus memiliki nama lain, yaitu gabus istilah Indonesia, Haruan merupakan nama daerah Kalimantan. Sedangkan dalam Bahasa Inggris disebut *Snake Head Fish* (budidaya-di.blogspot.com, 2009).

Ikan gabus adalah Ikan darat yang cukup besar, dapat tumbuh hingga mencapai panjang 1 meter. Berkepala besar agak gepeng mirip kepala ular (sehingga dinamai snakehead), dengan sisik-sisik besar di atas kepala. Tubuh bulat gilig memanjang, seperti peluru kendali. Sirip punggung memanjang dan sirip ekor membulat di ujungnya. Sisi atas tubuh dari kepala hingga ke ekor berwarna gelap, hitam kecoklatan atau kehijauan. Sisi bawah tubuh putih, mulai dagu ke belakang. Sisi samping bercoret-coret tebal (*striata*, bercoret-coret) yang

agak kabur. Warna ini seringkali menyerupai lingkungan sekitarnya. Mulut besar, dengan gigi-gigi besar dan tajam (Syariffauzi, 2009).

Sedangkan menurut Cholik *et al.* (2005), ciri-ciri utama dari ikan gabus adalah:

1. Bentuk badan hampir bundar di bagian depan dan pipih di bagian belakang.
2. Kepalanya lebar, dan bersisik besar, mulutnya bersudut tajam, sirip punggung dan sirip dubur panjang dan tingginya hampir sama.
3. Memiliki organ tambahan untuk pernafasan/pengambilan oksigen dari udara.
4. Sisi badan mempunyai pita berbentuk "<" mengarah ke depan; tidak ada gigi bentuk taring pada vomer dan palatine
5. 4-5 sisik antara gurat sisi dan pangkal jari-jari sirip punggung bagian depan.

Ikan gabus biasa didapati di danau, rawa, sungai, dan saluran-saluran air hingga ke sawah-sawah. Ikan ini memangsa aneka ikan kecil-kecil, serangga, dan berbagai hewan air lain termasuk berudu dan kodok. Menurut hasil laporan media Solusi (2008), mencari ikan menjadi keseharian di kawasan sekitar semburan lumpur Sidoarjo. Ada beberapa ikan yang bisa didapat oleh para pemancing di sana diantaranya adalah ikan gabus (*Channa striata*).

Seringkali ikan gabus terbawa banjir ke parit-parit di sekitar rumah, atau memasuki kolam-kolam pemeliharaan ikan dan menjadi hama yang memangsa ikan-ikan peliharaan di sana. Jika sawah, kolam atau parit mengering, ikan ini akan berupaya pindah ke tempat lain, atau bila terpaksa, akan mengubur diri di dalam lumpur hingga tempat itu kembali berair. Ikan ini acap kali ditemui 'berjalan' di daratan, khususnya di malam hari di musim kemarau, mencari

tempat lain yang masih berair. Fenomena ini adalah karena gabus memiliki kemampuan bernapas langsung dari udara, dengan menggunakan semacam organ labirin (seperti pada ikan lele atau betok) namun lebih primitive (wikipedia.org, 2010). Berikut kisaran nilai hematologi ikan sehat:

**Tabel 3.** Kisaran Nilai Hematologi Ikan Sehat

No.	Parameter	Nilai	Referensi
1.	Total Leukosit	20.000-150.000 sel/ml	Lagler, (1977)
2.	- Limfosit	60 – 80%	Anderson (1974)
	- Neutrofil	6 - 8%	Anderson (1974)
	- Monosit	2 – 27%	Stoskopf (1993)
	- Basofil	> 1 %	Stoskopf (1993)
	- Eosinofil	2 – 3 %	Stoskopf (1993)
3.	Total Eritrosit	1.430.000 sel/mm <sup>3</sup>	Houston and DeWilde (1968) dalam Moyle and Joseph (2004)
4.	Hemoglobin	12 – 14 Hb/100 ml	Bastiawan <i>et. al.</i> (2001)

Sedangkan ciri-ciri ikan gabus sehat berdasarkan nilai hematologinya menurut Sharma and Shandilya (1982) dalam Stoskopf (1993), yang diuji pada 20 ekor ikan gabus dengan pengamatan laboratorium selama 1 minggu adalah:

**Tabel 4.** Ciri-ciri Ikan Gabus Sehat Berdasarkan Nilai Hematologinya

No.	Parameter	Nilai
1.	Total Leukosit	26.000 sel/ml
2.	Diferensial Leukosit	
	- Limfosit	42 %
	- Neutrofil	40 %
	- Monosit	-
	- Basofil	-
	- Eosinofil	17 %
3.	Total Eritrosit	2.250.000 sel/ml
4.	Hematokrit	40,5 %
5.	Hemoglobin	11 g/dl
6.	Trombosit	6.000 sel/ml

Menurut Pethiyagoda (1991), ikan gabus dapat hidup diperairan tawar dan payau dengan pH 7-8. Cholik *et al.* (2005) melaporkan, kualitas air di sekitar keramba ikan gabus di Indonesia bervariasi sebagai berikut:

Alkalinitas	: 0,15 – 0,5	Kesadahan	: 4,4 – 13,3 ppm
pH	: 4,6 – 6,7	CaCO <sub>3</sub>	: 3,7 -21 mg Ca/L

## 2.2 Sungai Aloo dan Dampak yang Ditimbulkan Oleh Lumpur Lapindo

Sungai Aloo terletak di Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, merupakan pertemuan antara sungai Kalitengah dan sungai Kalidawir. Memiliki panjang sekitar 20 km. Masukkan lumpur lapindo tersebut terletak setelah jembatan Ketapang dan sebelum jembatan Gempol Sari (Herawati, 2007). Sungai Desa Kalitengah melewati Desa Penatarsewu yang airnya digunakan sebagai sumber air untuk tambak dan pengairan kegiatan pertanian di wilayah desa tersebut.



**Gambar 3.** Badan sungai Aloo

Saat ini, kawasan Desa Penatarsewu, Kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo sudah terancam luapan lumpur itu, padahal desa itu banyak memiliki tambak bandeng dan udang. Perlahan tapi pasti luapan lumpur itu sudah masuk sungai sekitar Desa Penatar, sehingga ikan-ikan di sungai itu banyak yang mati (hanyawanita.com, 2010). Menurut Wardhana (1995), Air yang telah tercemar dapat menimbulkan resiko berupa kerugian yang besar bagi manusia, yaitu :

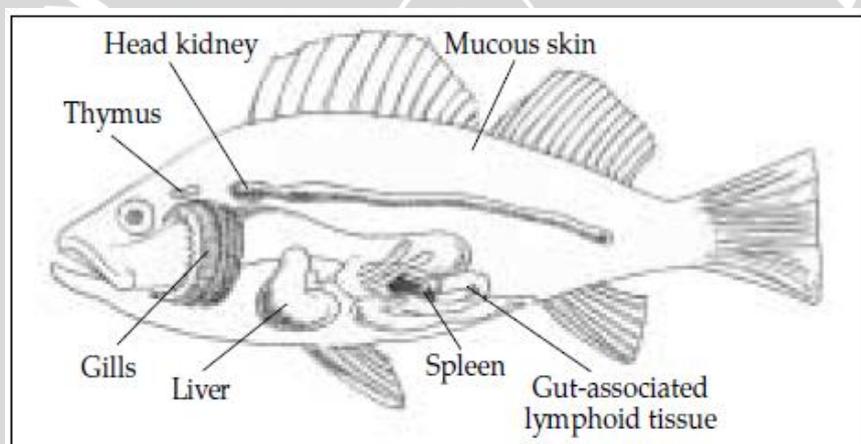
1. Air menjadi tidak bermanfaat lagi; karena kualitasnya berubah maka peruntukan air pun berubah.
2. Air menjadi penyebab timbulnya penyakit, karena adanya zat-zat kontaminan dan bakteri dalam air dapat membahayakan kehidupan biota perairan serta kesehatan manusia yang berhubungan atau memanfaatkan air tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Herawati (2007), Konsentrasi tertinggi phenol yang ditemukan pada Sungai Aloo adalah sebesar 1,197 mg/l atau 1.197 kali melebihi nilai baku mutu. Sedangkan menurut vitanouva.net (2007), dilaporkan bahwa ditemukan banyak ikan mati di sungai yang dialiri lumpur lapindo. Di samping karena kadar garam yang tinggi, kematian ikan juga disebabkan oleh empat faktor. Pertama, karena partikel lumpur yang sangat halus menyumbat insang ikan sehingga menyebabkan ikan mati lemas, kedua lumpur halus yang menutupi dasar sungai menghilangkan tempat ikan bertelur sehingga menghambat perkembangbiakan populasi ikan; ketiga, lumpur menjadikan air keruh dan menurunkan kandungan oksigen sehingga membunuh benih ikan yang rentan terhadap penurunan kualitas air; keempat, lumpur bersuhu tinggi meningkatkan aktivitas metabolisme sehingga membahayakan kehidupan biota perairan.

### 2.3 Imunologi Ikan

Ikan seperti hewan pada umumnya, memiliki mekanisme pertahanan diri terhadap patogen. Sistem pertahanan tersebut terdiri dari sistem pertahanan konstitutif dan yang diinduksi (*inducible*). Sistem pertahanan konstitutif

menjalankan perlindungan secara umum terhadap invasi floral normal, kolonisasi, infeksi dan penyakit infeksi yang disebabkan oleh patogen. Sistem pertahanan konstitutif dikenal pula sebagai sistem pertahanan *innate* (bawaan atau alami). Adapun sistem pertahanan yang diinduksi atau dapatan, maka untuk berfungsi dengan baik harus diinduksi antara lain dengan pemaparan pada patogen atau produk-produk yang berasal dari patogen misalnya vaksin (Irianto, 2005). Immunologi mempelajari tentang sel kompleks dan reaksi kimia yang terjadi inang hewan dalam merespon hubungan dengan agen asing (Agbede *et al.*, 2005).



**Gambar 4.** Struktur imun pada ikan teleostei (Tort *et al.*, 2003)

Menurut Afrianto dan Evi (1992), sistem imun pada tubuh ikan dapat berubah, tergantung dari efektivitas sel darah putih (leukosit) untuk memakan bakteri dan menurunnya produksi antibodi (protein khas yang dijumpai dalam darah yang berperan membantu sel darah putih untuk menetralkan atau membunuh bakteri).

Tabel 5 dan 6 menunjukkan hasil-hasil penelitian yang berkaitan tentang dampak atau efek dari lingkungan terhadap imunologi dan metabolisme organisme.

## 2.4 Leukosit

Menurut Maddy (2010), leukosit merupakan nama lain untuk sel darah putih. Leukosit berfungsi mempertahankan tubuh dari serangan penyakit dengan cara memakan (fagositosis) penyakit tersebut. Itulah sebabnya leukosit disebut juga fagosit. Leukosit mempunyai bentuk yang berbeda dengan eritrosit. Bentuknya bervariasi dan mempunyai inti sel bulat ataupun cekung. Gerakannya seperti Amoeba dan dapat menembus dinding kapiler. Sel-sel leukosit terdiferensiasi atau terbagi dari sel induknya menjadi 2; bergranula (terdapat granula di dalam plasma) dan tidak bergranula (tidak terdapat granula di dalam plasma), yaitu:

1. Leukosit bergranula (granulosit)
  - a. Neutrofil
  - b. Eosinofil
  - c. Basofil
2. Leukosit tidak bergranula (agranulosit)
  - a. Limfosit
  - b. Monosit

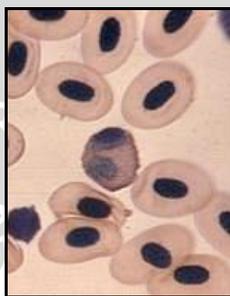
Sel-sel darah putih bukan merupakan komponen yang tetap dalam darah; sel-sel darah putih bermigrasi ke jaringan, dimana sel-sel darah putih melakukan berbagai fungsi (Junqueira *et al.*, 1995). Sedangkan menurut Kresno (1988), leukosit berada dalam sirkulasi untuk melintas saja; mereka tidak mempunyai fungsi di dalam pembuluh darah.

Leukosit (sel darah putih) mempunyai bentuk lonjong atau bulat, tidak berwarna, dan jumlahnya tiap mm<sup>3</sup> darah ikan berkisar 20.000-150.000 butir, serta merupakan unit yang aktif dari sistem pertahanan (imun) tubuh. Sel-sel

leukosit akan ditranspor secara khusus ke daerah terinfeksi (Purwanto, 2006 dalam Aria, 2008).

#### 2.4.1 Neutrofil

Lucky (1977), dalam Salasia *et al.*, (2001), sel neutrofil ikan berbentuk sirkuler atau oval dengan inti relatif kecil, memanjang, oval atau datar dan terwarnai violet. Sitoplasma sel neutrofil ikan tidak menyerap warna, tapi sel kadang-kadang berwarna biru muda.

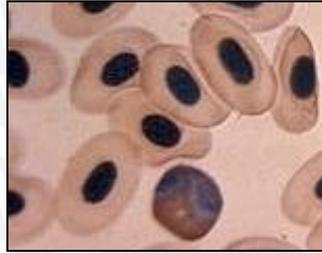


**Gambar 5.** Penampang sel neutrofil ikan (visualsunlimited.com, 2010)

Menurut Junqueira *et al.* (1995), neutrofil membentuk pertahanan terhadap invasi mikroorganisme, terutama bakteri. Neutrofil merupakan fagosit aktif terhadap partikel kecil dan kadang-kadang disebut mikrofag untuk membedakannya dari makrofag, merupakan sel yang lebih besar.

#### 2.4.2 Eosinofil

Eosinofil merupakan fagosit lemah, yang berfungsi sebagai detoksikasi protein sebelum dapat menyebabkan kerusakan dalam tubuh. Eosinofil masuk ke dalam darah dalam jumlah yang cukup besar bila adanya infeksi benda asing (Bijanti, 2005).

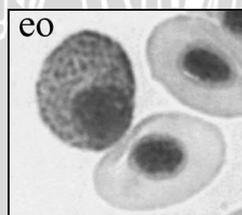


**Gambar 6.** Penampang sel Eosinofil ikan (visualsunlimited.com, 2010)

Menurut Subowo (2002), jumlah sel eosinofil sebesar 1-3% dari seluruh leukosit atau 150-450 buah per  $\text{mm}^3$  darah. Ukurannya berdiameter 10-15  $\mu\text{m}$ , sedikit lebih besar dari neutrofil. Intinya biasanya hanya terdiri atas 2 lobi yang dipisahkan oleh bahan inti yang sebagai benang. Butir-butir khromatinnya tidak begitu padat kalau dibandingkan dengan inti neutrofil.

#### 2.4.3 Basofil

Plasmanya bersifat basa. Itulah sebabnya plasma akan berwarna biru jika ditetesi larutan basa. Sel darah putih ini akan berjumlah banyak jika terkena infeksi. Basofil juga bersifat fagosit. Selain itu, basofil mengandung zat kimia anti penggumpalan, yaitu heparin (Maddy, 2010).



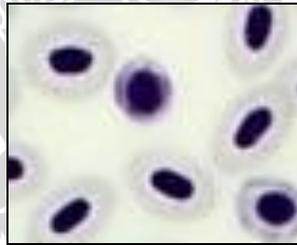
**Gambar 7.** Penampang sel Basofil ikan (V'azquez dan Guerrero, 2007)

Pada *Oreochromis niloticus*, basofil berbentuk seperti bola, sitoplasma mengandung granula basofilik dengan variasi ukuran. Inti berbentuk seperti bola

dengan bercak ungu. Kadang-kadang garis tepi inti tidak dapat dikenali karena keberadaan granula (Ueda et al., 2001 dalam Vonti 2008).

#### 2.4.4 Limfosit

Limfosit tidak bersifat fagosit tetapi memegang peranan penting dalam pembentukan antibody. Limfosit pada ikan dibagi menjadi 2 kelompok yang mempunyai fungsi mirip dengan limfosit B dan limfosit T pada mamalia. Fungsi limfosit sendiri adalah sebagai mediator respon imun humoral dan seluler. Penurunan jumlah limfosit dapat menurunkan konsentrasi antibody dan menyebabkan penurunan pertahanan tubuh terhadap serangan penyakit. Jumlah limfosit pada ikan dipengaruhi oleh temperatur dan hormonal (Bijanti, 2005).

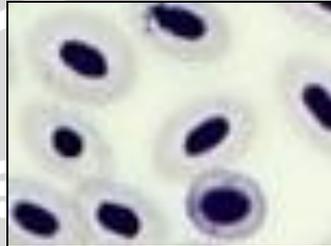


**Gambar 8.** Penampang sel Limfosit ikan (visualsunlimited.com, 2010)

Menurut Junqueira *et al.* (1995), limfosit dengan garis tengah 6-8  $\mu\text{m}$  dikenal sebagai limfosit kecil. Di dalam peredaran darah terdapat sedikit limfosit sedang dan limfosit besar dengan garis tengah sampai 18  $\mu\text{m}$ . perbedaan ini mempunyai arti fungsional karena limfosit yang lebih besar diduga adalah sel yang telah diaktifkan oleh antigen spesifik.

#### 2.4.5 Monosit

Monosit merupakan sel besar yang terdiri dari sitoplasma berwarna biru keabu-abuan hingga biru yang menempati sedikitnya sebagian isi sel. Bentuk intinya bervariasi, mulai dari bulat hingga oval dan bahkan kadang bertakuk atau berlekuk (Feldman *et al.*, 2000 dalam Vonti 2008).



**Gambar 9.** Penampang sel Monosit ikan (visualsunlimited.com, 2010)

Monosit merupakan 5-8% dari jumlah leukosit dalam darah, tetapi yang beredar pada suatu saat hanya merupakan sebagian kecil saja dari seluruh cadangan sel ini. Monosit berasal dari sel induk yang sama dengan granulosit. Sel ini mengalami maturasi di dalam sumsum tulang, berada dalam sirkulasi sebentar kemudian masuk ke dalam jaringan dan menjadi makrofag. Sel ini mampu bergerak, melakukan fagositosis, mensekresi enzim, mengenal partikel dan melakukan interaksi yang kompleks dengan imunogen dan komponen seluler maupun humoral sistem imun (Kresno, 1988). Berikut hasil-hasil penelitian terdahulu tentang efek lingkungan atau pencemar terhadap komponen leukosit tersaji dalam Tabel 5 sebagai berikut;

**Tabel 5.** Hasil-Hasil Penelitian Tentang Efek Lingkungan Terhadap Imunologi Ikan (Komponen Leukosit)

No	Spesies	Parameter	Nilai	Penelitian		Pustaka
				Eksperimen Laboratorium	Lingkungan	
1	Ikan mas	Leukosit	Sebelum infeksi : 22166.7 sel/ml Setelah infeksi : Hari 7 : 15550 sel/ml Hari 14 : 18208.33 sel/ml Hari 21 : 25333.33 sel/ml	Infeksi Virus KHV	-	Mudjiutami <i>et al.</i> , (2007)
2	Ikan lele dumbo	Leukosit	650000 - 750000 sel/mm <sup>3</sup>	-	Dikolam-kolam budidaya	Alamanda <i>et al.</i> , (2006)
3	<i>Abramis brama</i>	- Leukosit - Monosit - Neutrofil	<i>Dabie Lake</i> : 39.05±4.31% <i>Szczecin Bay</i> : 37.54 ± 4.92% <i>Dabie Lake</i> : 4.16±2.08% <i>Szczecin Bay</i> : 3.16±0.39% <i>Dabie Lake</i> : 17.79±2.97% <i>Szczecin Bay</i> : 13.3±2.14%	-	Di perairan yang berbeda ( <i>Dabie Lake</i> dan <i>Szczecin Bay</i> )	Stosik <i>et al.</i> , (2002)
4	Ikan lele	Leukosit	Hari 0 : 28250 sel/ml Hari 5 : 32708 sel/ml Hari 10 : 29525 sel/ml Hari 15 : 28916,67 sel/ml Hari 20 : 31266,67 sel/ml	Paparan pestisida 0,005 ppm	-	Astuti, (2003)

Berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu pada tentang efek pencemar terhadap komponen leukosit (Tabel 5), dapat diketahui bahwa rata-rata jumlah sel leukosit setelah infeksi mengalami kenaikan (Mudjiutami *et al.*, 2007; Stosik *et al.*, 2002; dan Astuti, 2003). Hal ini sesuai dengan pernyataan Martins *et al.*, (2009), dari hasil penelitian dapat dijelaskan bahwa adanya hubungan antara kenaikan produksi limfosit saat injeksi bakteri pada ikan dengan perlawanan terhadap infeksi.

## 2.5 Makrofag

Makrofag yaitu sel multifungsional yang aktif dalam sistem kekebalan buatan untuk melawan bakteri patogen dan dapat diaktifkan dengan menaikkan aktifitas antibakteri. Peran utama makrofag yaitu untuk melakukan fagositosis, menghancurkan partikel asing dan jaringan mati, mengolah bahan asing sehingga dapat membangkitkan tanggap kebal. Selain itu makrofag, dapat mengatur reaksi kebal, membuat protein dari sistem komplemen (Tizard, 1987). Makrofag sangat dikhususkan untuk melaksanakan fungsi penelanan dan penghacuran semua benda-benda asing berupa partikel dengan proses endositosis. Makrofag ikan sering terdapat di ginjal, limpa, dan peritoneal (Norum *et al.*, 2005).

Makrofag memiliki sifat seperti halnya sel fagosit yang lain. Sifat-sifat ini merupakan proses perlindungan yang dilakukan oleh sel fagosit terhadap infeksi mikroorganisme. Menurut Guyton (1995), sifat-sifat tersebut antara lain :

1. Diapedesis, kemampuan sel fagosit (makrofag) untuk menerobos melalui pori-pori atau melalui sel-sel endotel pembuluh darah, walaupun pori-pori

- ukurannya jauh lebih kecil daripada ukuran sel. Sel yang menerobos pori-pori yang lebih kecil untuk sementara mengecil sampai seukuran pori-pori
2. Gerak amoeboid, kemampuan sel fagosit bergerak melalui jaringan atau gerak yang dilakukan oleh sel fagosit ketika melalui jaringan. Beberapa sel fagosit memiliki kemampuan bergerak dengan kecepatan 40 mikron/menit
  3. Kemotaksis, gerakan yang dilakukan oleh sel fagosit yang diakibatkan oleh adanya sejumlah zat kimia dalam jaringan. Hal ini menyebabkan sel fagosit (makrofag) bergerak menjauhi atau mendekati zat kimia tersebut. Kemotaksis ini bias diakibatkan oleh adanya toksin bakteri dan kerusakan jaringan.
  4. Fagositosis, proses pencaplokan atau pencernaan bahan asing yang masuk dalam tubuh. Sifat ini merupakan sifat yang terpenting yang dilakukan oleh sel fagosit terutama makrofag.

### 2.5 Aktivitas Fagositosis oleh Sel Makrofag

Fagositosis merupakan kegiatan sel berupa pencaplokan partikel. Fagositosis terjadi ketika bakteri menempel pada permukaan sel fagosit (makrofag). Guyton (1995), menyebutkan bahwa fagositosis akan terjadi tergantung pada tiga keadaan yaitu bila permukaan partikel kasar (memungkinkan peningkatan fagositosis), sebagian besar zat tubuh mempunyai permukaan bermuatan elektronegatif (untuk menolak fagosit yang mempunyai muatan permukaan elektronegatif), tubuh mempunyai cara khusus mengenali benda asing dengan cara membentuk antibodi (*opsonin*).

Fagositosis merupakan bagian penting dalam sistem imun non spesifik untuk mengeliminasi benda asing yang membahayakan hospes, termasuk mikroorganisme penyebab infeksi. Fagositosis menjadi efisien dengan adanya antibodi (*opsonin*) yang membungkus permukaan kuman dan mempermudah pencernaan oleh sel fagosit (Jawetz *et al.*, 1982). Berikut penelitian-penelitian yang berkaitan dengan perubahan makrofag dan aktivitas fagositnya terhadap pencemar pada Tabel. 6;

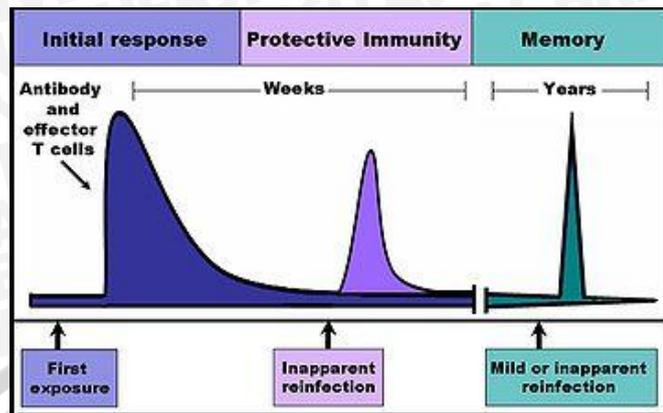
**Tabel 6.** Hasil-Hasil Penelitian Tentang Efek Pencemar Terhadap Imunologi Ikan (Makrofag dan Aktivitas Fagositosis)

No.	Spesies	Parameter	Nilai	Penelitian		Pustaka
				Eksperimen Laboratorium	Lingkungan	
1.	Kerapu Tikus ( <i>Cromileptes altivelis</i> )	Jumlah dan aktivitas sel makrofag	- Jumlah makrofag (sel/ml): Kontrol: $185.10^4$ A ( $10^4$ ): $364.10^4$ B ( $10^6$ ): $405.10^4$ C ( $10^8$ ): $663.10^4$ - Aktivitas fagositosis: Kontrol: 17% A ( $10^4$ ): 21% B ( $10^6$ ): 55% C ( $10^8$ ): 64%	Infeksi bakteri <i>Vibrio alginolyticus</i>	-	Maftuch, (2007)
2.	Mujaer ( <i>Tilapia mosambica</i> ) Pada organ: -Ginjal  -Limpa  -Hati	MMC (Melano Macrophage Centres)	Kontrol : $11,25 \pm 1,15\%$ Perlakuan : $30,5 \pm 2,5\%$ Kontrol : $39,0 \pm 1,4\%$ Perlakuan : $64,5 \pm 4,9\%$ Kontrol : $7,25 \pm 1,1\%$ Perlakuan : $29,5 \pm 2,12\%$	Logam berat: cadmium chloride	-	Suresh, (2009)
3.	Nila ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Aktivitas fagositosis	Injeksi $10^3$ bakteri : $55,3 \pm 9,6\%$ Injeksi $10^6$ bakteri : $55,9 \pm 10,2\%$	Infeksi bakteri <i>Enterococcus</i> sp.	-	Martins <i>et al.</i> , (2009)
4.	<i>Abramis brama</i>	Indeks fagositosis	<i>Dabie Lake</i> : $2.20 \pm 0.38\%$ <i>Szczecin Bay</i> : $3.37 \pm 0.4\%$	-	Di perairan yang berbeda ( <i>Dabie Lake</i> dan <i>Szczecin Bay</i> )	Stosik <i>et al.</i> , (2002)

Berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu pada tentang efek pencemar terhadap sistem imun (Tabel 5 dan 6), dapat diketahui bahwa rata-rata jumlah makrofag dan aktivitas fagositosis setelah infeksi mengalami kenaikan (Maftuch, 2007; Suresh, 2009; dan Martins *et al.*, 2009). Hal ini sesuai dengan pernyataan Martins *et al.*, (2009), dari hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem imun dapat terstimulasi oleh salah satunya dengan mengaktifkan bakteri didalam inangnya. Sedangkan menurut Jordanova *et al.* (2001), makrofag adalah sel yang handal dalam sistem *reticuloendothelial*, terdapat pada ikan terutama di limpa dan ginjal, dan terdapat lebih sedikit di hati. Dia adalah sel kunci untuk menghadapi material asing dan sisa-sisa dari sel mati. Tetapi berbeda dengan hasil penelitian Stosik *et al.*, (2002) pada ikan *Abramis brama* di dua perairan yang berbeda *Dabie Lake* dan *Szczecin Bay* dimana berdasarkan kualitas airnya *Debie Lake* termasuk perairan yang tercemar, menunjukkan bahwa indeks aktivitas fagosit ikan *Abramis brama* di *Dabie Lake* lebih kecil dibanding ikan di *Szczecin Bay*.

## 2.6 Respon Pembentukan Sistem Imun pada Ikan Terhadap Pencemaran

Parameter darah telah digunakan sebagai indikator yang sensitif dari stres pada ikan terkena polusi air, seperti biocides, pestisida, limbah industri dan lain sebagainya (Singh *et al.*, 2008). Respon ikan terhadap stresor bergantung pada jenis stres yang dialami oleh ikan tersebut, dimana peningkatan jumlah sel darah putih, penurunan kadar hematokrit dan peningkatan neutrofil bergantung pada jenis stress yang dialami (Martin *et al.*, 2004). Berikut fase-fase respon imun dalam memori antigen.



**Gambar 10.** Fase Respon Imun pada Vertebrata (Wikipedia, 2011)

Limfosit dilaporkan bertanggung jawab untuk respon kekebalan sedangkan monosit adalah bagian sel akhir yang terdiferensiasi, jika di bawah kondisi yang tepat berkembang menjadi sel dewasa menjadi sistem fagosit mononuclear tetapi sel tersebut tidak mampu ke divisi yang lebih lanjut. Monosit dalam ikan telah diamati untuk mengambil material partikulat asing seperti karbon. Neutrofil dan monosit adalah sel darah putih penting untuk melindungi tubuh, melalui kegiatan peningkatan fagositosis mereka, melawan infeksi bakteri dalam jaringan yang rusak (Singh dan Tandon, 2009).

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambaran imunologi dari ikan gabus (*Channa striata*) yang terdapat di sungai Aloo Desa Penatarsewu yang telah tercemar oleh lumpur lapindo dan ikan gabus yang diambil di perairan yang tidak terkena dampak lumpur PT. Lapindo Brantas yaitu Bendungan Karangates.

#### 3.2 Metode Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan menggunakan teknik sampling acak. Menurut Nasution (1988) 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 Sumber Data

Menurut Sugiyono (2005), pengumpulan data dapat dilakukan dalam berbagai setting, berbagai sumber, dan berbagai cara. Bila dilihat dari sumber datanya, maka pengumpulan data dapat menggunakan sumber primer dan sumber sekunder. Sumber primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data, dan sumber sekunder merupakan

sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumen.

### 3.3.1 Data Primer

Pengambilan data primer dalam penelitian ini dilakukan dengan metode observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung pada materi penelitian. Pengamatan komponen imunologi ikan gabus di sungai Aloo Desa Penatarsewu dan ikan gabus yang sehat dilakukan sebanyak 1 kali dengan pengulangan sebanyak 5. Sedangkan sampel ikan gabus sehat yaitu diambil dari perairan bendungan Karangates dengan menggunakan metode dan pengulangan yang sama.

Untuk menunjang data tersebut diatas, indikator fisika dan kima air juga diamati, seperti kadar DO (*Dissolved oxygen*), pH, suhu, kecerahan, TSS (*Total suspended solid*), salinitas, COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan phenol.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak merupakan sumber asli dalam kegiatan penelitian, tetapi merupakan sumber yang dapat dipakai untuk menunjang keberadaan informasi data primer yang dijadikan informasi utama. Meskipun data sekunder merupakan data penunjang, tetapi kepentingan data ini untuk membangun informasi penelitian cukup penting sehingga dibutuhkan. Kepentingan data sekunder adalah untuk membuat (a) latar belakang masalah penelitian; (b) informasi alternatif yang dapat dibandingkan dengan informasi primer, sehingga diperoleh 'pemahaman' baru bagi periset. Sehingga laporan penelitian lebih memiliki dukungan data yang dapat memperkuat citra akademis;

(c) data sekunder dapat dijadikan sumber rujukan utama ketika peneliti hendak menginformasikan hal-hal yang bersifat makro; (d) untuk jenis penelitian kepustakaan dan studi kajian buku (referensi), maka data sekunder merupakan informasi utama (Salim, 2009).

### **3.4 Metode Pemeriksaan Leukosit**

#### **3.4.1 Metode Pengambilan Sampel Darah (Bijanti, 2005)**

Teknik ini biasa dipakai untuk pengambilan sampel darah ikan berukuran besar (> 10 cm). Teknik ini mempunyai kelebihan yaitu bisa dipergunakan berulang pada satu ikan, dengan menggunakan teknik ini dari seekor ikan dengan berat 200 gram dapat diperoleh darah sebanyak 0,5 – 1 ml dalam setiap minggunya tanpa mengakibatkan kelemahan dan kematian pada ikan.

Prosedur pelaksanaan :

1. Ikan dibius dengan menggunakan larutan anastesi
2. Disiapkan spuit insulin lengkap dengan jarumnya, hisap larutan antikoagulan sampai memenuhi seluruh dinding syringe
3. Kemudian keluarkan larutan antikoagulan dari spuit, sisakan larutan antikoagulan tersebut sebanyak  $\pm 50 \mu\text{l}$  dalam spuit
4. Ditusukkan jarum / spuit dan jarumnya yang telah berisi larutan antikoagulan pada garis tengah tubuh di belakang sirip anal
5. Dimasukkan jarum ke dalam musculus sampai mencapai tulang belakang (columna spinalis)
6. Pastikan tidak ada gelembung air yang masuk ke dalam spuit, kemudian ditarik perlahan-lahan sampai darah masuk ke dalam spuit

### 3.4.2 Metode Perhitungan Jumlah Leukosit

Darah ikan yang telah dicampur dengan antikoagulan diambil dengan pipet leukosit sebanyak 0,5  $\mu\text{l}$  kemudian diencerkan dengan larutan turk dalam pipet leukosit sampai menunjukkan angka 11  $\mu\text{l}$ . Setelah itu darah yang telah tercampur dikocok hingga homogen dalam pipet tersebut, lalu buang 2 tetes dimaksudkan agar larutan yang diambil benar-benar larutan yang telah homogen. Kemudian diambil sedikit (20  $\mu\text{l}$ ) dan dimasukkan dalam kamar hitung Improved Neubauer dan ditutup dengan cover glass. Lalu hitung jumlah leukosit dengan menggunakan mikroskop cahaya.

#### □ Menghitung Jumlah Sel Leukosit (Bijanti, 2005)

1. Pakailah lensa obyektif kecil dengan pembesaran 10 x. Turunkan lensa kondensor atau kecilkan diafragma. Mikroskop harus diletakkan di meja yang datar
2. Kamar hitung dengan bidang bergarisnya diletakkan dibawah obyektif dan fokus mikroskop diarahkan pada garis-garis bagi tersebut.
3. Dihitung semua leukosit yang terletak pada keempat "bidang besar" (kotak warna hijau) (lampiran 1.).
4. Penghitungan dimulai dari sudut kiri atas, terus ke kanan, kemudian turun ke bawah dari kanan ke kiri (pada empat kotak berwarna hijau). Cara seperti ini dilakukan pada keempat "bidang besar"
5. Kadang-kadang ada sel-sel yang letaknya menyinggung garis batas bidang. Sel yang menyinggung garis batas sebelah kiri atau garis atas haruslah dihitung, sebaliknya sel-sel yang menyinggung garis batas sebelah kanan atau garis bawah tidak boleh dihitung.

Perhitungan jumlah leukosit menurut Svobodova (1991) :

$$SDP = (A/N) \times (1/V) \times Fp$$

Dimana :

- SDP = Jumlah leukosit (sel/ml)
- A = Jumlah sel leukosit terhitung
- N = Jumlah kotak haemocytometer yang diamati
- V = Volume kotak haemocytometer yang diamati
- Fp = Faktor pengenceran

### 3.4.3 Metode Pemeriksaan Jumlah Diferensial Leukosit

Untuk pengamatan jumlah diferensial leukosit, hal pertama yang dilakukan adalah membuat film darah tipis. Langkah-langkah pembuatan film darah tipis menurut Suntoro (1983) adalah sebagai berikut : darah diambil dengan pipet tetes. Kemudian tetesan darah tadi diletakkan pada sisi kanan objek gelas A, kira-kira 2,5 cm dari tepi kanan objek gelas. Tariklah objek gelas B sedikit ke belakang, hingga menyentuh tetesan darah pada objek gelas A dan timbul kapilaritas. Setelah terjadi kapilaritas, kemudian doronglah objek gelas B kearah yang betul, yakni ke arah menjauhi sisi kanan objek gelas A, sehingga akan terjadi film darah yang baik.

Sedangkan prosedur pelaksanaan pemeriksaan hitung jenis sel menurut Bijanti (2005), adalah sebagai berikut :

1. Buat hapusan darah yang tipis
2. Hapusan darah dikeringkan, kemudian difiksasi hapusan darah dengan menggunakan methanol 95% selama 1-2 menit
3. Dilakukan pengecatan pada hapusan darah yang telah difiksasi dengan pengecatan *Giemsa* atau *May Grunwald*
4. Ditunggu selama  $\pm 5$  menit. Kemudian bilas slide dengan menggunakan air mengalir dan keringkan

5. Diperiksa hapusan darah dibawah mikroskop. Dengan pengecatan giemsa akan tampak gambaran jenis leukosit.

Kemudian jumlah diferensial dihitung dengan menggunakan rumus menurut Stoskopf (1993) :

$$\Sigma \text{diferensial leukosit (\%)} = \frac{\text{komponen sel}}{100} \times 100\%$$

### 3.5 Metode Uji Aktivitas Fagositosis

#### 3.5.1 Perhitungan Jumlah Makrofag (Irianto dan Austin, 2002)

Badan ikan diletakkan di papan bedah, selanjutnya digunting mulai dari anus ke depan hingga pangkal opercula. Organ dalam dikeluarkan, ginjal diambil dengan spatula secara aseptis, ditimbang, dihancurkan dengan *tissue grinder*, dan diencerkan RPMI 1640 (Sigma) dengan perbandingan 1:10 yang mengandung 1 µg per 100 ml penstrep (Sigma), 0,2 mg per 100 ml heparin dan 0,1% (v/v) *Foetal Bovine Serum* (FBS, Sigma) (RPMI 1640+) yang disterilkan dengan penyaring bakteri steril (0,22 µm, *Millipore Millex*). Suspense makrofag kemudian diteteskan melalui lekukan atau groove hingga memenuhi bilik hitung. Perhitungan total makrofag dilakukan dengan memeriksa bilik hitung haemasitometer dengan bantuan mikroskop perbesaran sedang (400x) dan makrofag dihitung dalam 4 kotak kecil.

Rumus = rata-rata x 4 x 10<sup>6</sup> x 1/fp, dimana fp adalah faktor pengenceran

#### 3.5.2 Perhitungan Aktivitas Fagositosis (Irianto dan Austin, 2002)

Sisa suspensi sel diteteskan pada objek glass dan diratakan, diinkubasi selama 60 menit pada suhu kamar (26°C). Objek glass kemudian dicuci dengan RPMI 1640+ untuk menghilangkan sel yang tidak melekat, selanjutnya ditambahkan suspense yeast 1,0 ml suspense yeast 10<sup>9</sup> sel/ml. Diinkubasi pada

suhu 26°C selama 45 menit. Kemudian objek glass dicuci 3 kali dengan RPMI 1640+, difiksasi dengan methanol 96% (v/v) dengan dibiarkan selama 3-5 menit pada temperatur ruang, dikeringkan dan ditetesi dengan larutan giemsa, dibiarkan selama 20-30 menit selanjutnya dicuci dengan air mengalir. Objek glass diperiksa dengan pembesaran mikroskop 400x dan dihitung untuk determinasi perbandingan sel yang menelan yeast. Aktivitas fagositosis dirumuskan sebagai berikut:

$$PA = (\text{jumlah makrofag yang memfagosit yeast}/100 \text{ makrofag}) \times 100\%$$

### **3.6 Metode Parameter Fisika dan Kimia**

#### **3.6.1 Suhu**

Pengukuran suhu menggunakan alat thermometer Hg dengan satuan derajat celcius. Thermometer dimasukkan ke dalam sampel air yang akan diukur suhunya, selama  $\pm 1$  menit, kemudian diangkat ke permukaan dan diamati dengan cermat nilai suhu yang ditunjukkan oleh thermometer lalu dicatat hasilnya.

#### **3.6.2 Salinitas**

Pengukuran kadar garam atau salinitas menggunakan alat refraktometer tipe Atago Hand Refraktometer S/mill E. Sebelum digunakan, terlebih dahulu kaca refraktometer dikalibrasi dengan aquades dan dikeringkan dengan tissue hingga refraktometer menunjukkan angka nol (0). Setelah itu air sampel uji ditetaskan pada kaca refraktometer kemudian diarahkan pada sumber cahaya dan diamati angka yang ditunjukkan oleh batas biru sebelah kanan refraktometer dan dicatat hasilnya.

### 3.6.3 Pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*)

Pengukuran DO menggunakan metode *winkler*. Pengambilan air sampel menggunakan botol DO yang dimasukkan ke dalam *water sampler*. Selang dari tutup *water sampler* dimasukkan ke mulut botol DO. Kemudian *water sampler* dimasukkan ke dalam perairan sampai terdengar suara “blup” dari selang yang berarti air pada botol DO sudah terisi penuh. Kemudian angkat *water sampler* dari dalam air dan dibuka tutupnya. Kemudian tutup botol DO saat masih didalam tabung *water sampler*. Setelah itu botol DO dikeluarkan dari *water sampler* dan buka tutup botol dan tambahkan 2 ml  $MnSO_4$  untuk mengikat oksigen dan 2 ml  $NaOH+KI$  untuk membentuk endapan coklat dan melepas  $I_2$ . Lalu di bolak-balik sampai terbentuk endapan coklat dan ditunggu  $\pm 30$  menit. Kemudian buang filtrat cair bening yang berada di atas endapan. Endapan coklat yang tersisa diberi 1-2 ml  $H_2SO_4$  pekat untuk mengikat  $I_2$  dan manjadikan 2  $NaI$ . Lalu dihomogenkan sampai endapan larut. Setelah itu ditetesi 3-4 tetes amylum untuk pengkondisian suasana basa dan dititrasi dengan  $Na$ -thiosulfat ( $N_2S_2O_3$ ) 0,025 N untuk mengikat  $I_2$  sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali. Dicatat ml  $Na$ -thiosulfat yang terpakai dengan rumus :

$$DO \text{ (mg/L)} =$$

### 3.6.4 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH menggunakan pH *paper*. Dicelupkan bagian lakmus dari pH *paper* kedalam perairan dan ditunggu  $\pm 2$  menit, lalu diangkat dan dikibaskan agar kering dan terlihat jelas perubahan warna pH *paper* dan dicocokkan dengan warna pada kotak standart kemudian dicatat hasilnya.

### 3.6.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS menunjukkan besarnya padatan tersuspensi di dalam air atau limbah. Metode yang digunakan adalah metode Gravimetri. Adapun prosedur pengukuran TSS menurut SNI (2004), adalah sebagai berikut:

- ◆ Persiapan kertas saring atau cawan *Gooch*
  - a. Kertas saring diletakkan pada peralatan filtrasi. Dipasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Penyedotan dilanjutkan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
  - b. Kertas saring dipindahkan dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika menggunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan.
  - c. Dikeringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang.
  - d. Diulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg
- ◆ Penyaringan sampel uji
  - ↻ Sampel disaring dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
  - ↻ Sampel uji diaduk dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
  - ↻ Lalu ambil sampel uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik
  - ↻ Dicuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3

menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Sampel uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.

- ↻ Kertas saring dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan *Gooch* pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- ↻ Dikeringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan ditimbang.
- ↻ Diulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan dilakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.
- ↻ Kemudian dihitung dengan menggunakan rumus :  
$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Vol. air sampel (ml)}}$$

A: Berat kertas saring berisi residu tersuspensi (mg)  
B: Berat kertas saring kosong (mg)

### 3.6 6 Phenol

1. Disiapkan 50 ml contoh uji air, blanko, dan standar yang telah didestilasi
2. Pipet 1,25 ml larutan ammonium hidroksida dan tambahkan tetes demi tetes larutan buffer fospat pada contoh air uji sampai pH  $7,9 \pm 0,1$  lalu kocok

3. Pipet 0,5 ml larutan 4-amino antipyrine, kocok dan 0,5 ml larutan kalium ferri sianida, tambahkan pada contoh air uji kemudian kocok dan tunggu 15 – 20 menit
4. Ukur konsentrasi pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 500 nm

### 3.6.7 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

- a. Air sampel diambil sebanyak 10 ml.
- b. Memasukkan air sampel tersebut ke dalam cuvet sebanyak 3 ml.
- c. Menambahkan 0,006 g  $\text{HgSO}_4$
- d. Menambahkan 1,5 ml larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Kalium Bikromat) 0,1 M.
- e. Menambahkan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{AgSO}_4$  (Perak Sulfat) sebanyak 4,5 ml.
- f. Menutup cuvet rapat-rapat agar saat dipanaskan cairan yang ada dalamnya tidak keluar.
- g. Memanaskan sampel tersebut di dalam reaktor COD selama 2 jam pada suhu 148 °C.
- h. Setelah itu mendinginkan sampel dan kemudian menuangkannya dalam Erlenmeyer 250 ml.
- i. Menambahkan 1 tetes  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$  sebagai indikator.
- j. Mentitrasi sampel dengan larutan  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$
- k. Cara membuat larutan blanko seperti point 5-12, point 5 diganti dengan aquadest dan catat volume titrasi larutan blanko (VO).
- l. Cara membuat larutan standard seperti point 5,6,7,10,11,12 tanpa dipanasi, point 5 diganti aquadest dan catat volume titrasi larutan standard (Vt).
- m. Perhitungan :

$$\text{COD} = \frac{50.000 \times (\text{VO}-\text{VI})}{V \times Vt} \text{ ppm}$$

$$V \times Vt$$

Keterangan : V = Volume sampel

### 3.7 Analisa Data

Dalam penelitian ini digunakan metode uji "t-dependent". Uji "t-dependent" merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menguji signifikansi dengan cara membandingkan  $t_0$  (t hasil observasi atau t hasil penghitungan) dengan t tabel (harga titik tabel yang tercantum dalam tabel nilai t). t tabel dapat dilihat pada Lampiran 6.

Penelitian ini menggunakan uji dua arah karena hasil uji menentukan apakah terdapat perbedaan gambaran imunologi pada sungai yang terdampak lumpur Lapindo dan sungai yang tidak terdampak.

Menurut Sudjana (2002), untuk menguji kesamaan dua pihak jika nilai  $\sigma$  tidak diketahui maka statistik yang digunakan adalah:

Kriteria pengujian adalah:

Terima  $H_0$  jika  $-t_1 - \frac{1}{2}\alpha < t < t_1 - \frac{1}{2}\alpha$ , dimana  $t_1 - \frac{1}{2}\alpha$  didapat dari daftar distribusi t dengan dk =  $(n_1 + n_2 - 2)$  dan peluang  $(1 - \frac{1}{2}\alpha)$ . Untuk harga-harga t lainnya  $H_0$  ditolak.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Kondisi Eksternal Ikan Gabus

Ikan gabus yang diamati adalah ikan yang berasal dari sungai Aloo (yang terkena dampak lumpur lapindo) dan ikan yang berasal dari bendungan Karangates (yang tidak terkena dampak lumpur lapindo), masing-masing berjumlah 5 ekor. Masing-masing memiliki ukuran yang berbeda. Berikut ukuran *Total Length* (TL) ikan gabus yang diukur dari bagian teranterior sampai bagian terposterior dari tubuh ikan.

**Tabel 7.** Ukuran TL (*Total Length*) Ikan Gabus

Ikan	TL (cm)	Ikan	TL (cm)
A1	19	B1	20
A2	17,5	B2	19
A3	21	B3	23
A4	25	B4	26
A5	18	B5	20

Keterangan :

A : Ikan gabus dari sungai Aloo

B : Ikan gabus dari bendungan Karangates



(A)



(B)

**Gambar11.** Ikan Gabus (*Channa striata*) yang diamati ; (A) ikan dari sungai Aloo yang terkena dampak lumpur lapindo; (B) ikan dari bendungan Karangates yang tidak terkena dampak lumpur lapindo.

Kondisi ikan gabus yang ditemukan di sungai Aloo berbeda dengan ikan gabus yang diperoleh dari bendungan Karangates. Pada ikan di sungai Aloo yang terkena masukan lumpur lapindo, bagian luar tubuhnya seperti warna kulit terlihat pucat, dan beberapa sisik terdapat dalam kondisi terkelupas. Padahal sisik merupakan bagian dari sistem imun *innate* atau alami dari pertahanan ikan itu sendiri. Menurut Irianto (2005), kulit merupakan penghalang fisik terhadap perubahan lingkungan serta serangan patogen dari luar tubuh. Sedangkan kondisi ikan gabus di bendungan Karangates atau yang tidak terkena lumpur lapindo memiliki kondisi tubuh yang sempurna. Warna tubuh hitam mengkilat. Kulit dan anggota tubuh yang lain terdapat dalam keadaan normal. Selain itu, ikan yang terkena lumpur lapindo cenderung mengeluarkan lendir lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo. Hal ini sesuai dengan pernyataan Munajat dan Budiana (2003), tubuh ikan sakit terasa licin karena produksi selaput lendir berlebihan. Sedangkan menurut Irianto (2005), mukus memiliki kemampuan protektif bagi hewan antara lain karena : a.) mukus melapisi permukaan tubuh sehingga mempermudah gerakan saat berenang, b.) membentuk lapisan pelindung dari infeksi agensia patogenik, dan mengandung senyawa antimikrobia, c.) melindungi permukaan tubuh dari abrasi, dan d.) berperan dalam proses osmoregulasi.

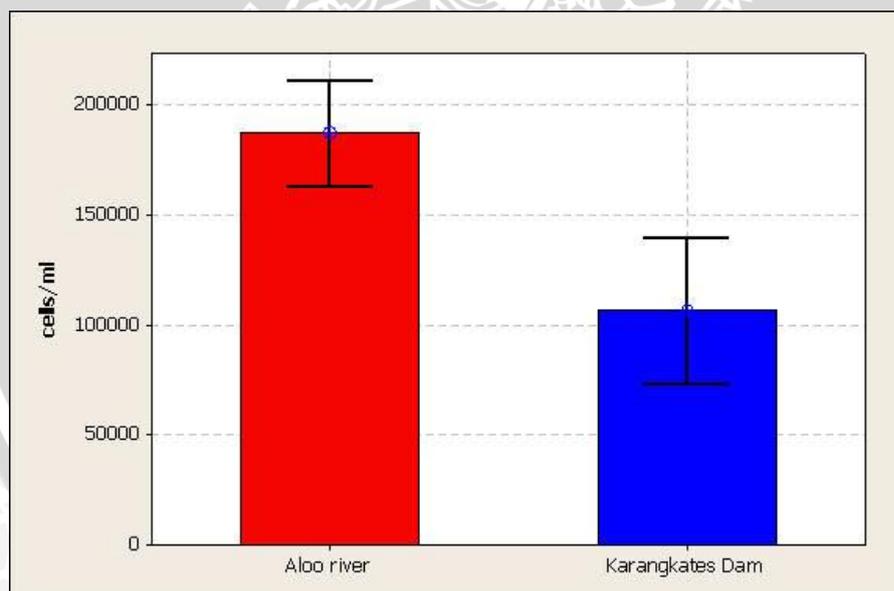
Berdasarkan dari pengamatan kondisi eksternal dari ikan tersebut, dapat disimpulkan bahwa ikan yang terkena lumpur lapindo terdapat dalam kondisi sakit (stres) dibanding ikan yang tidak terkena lumpur lapindo meskipun ikan tersebut telah beradaptasi dan dapat bertahan hidup di sungai tersebut. Menurut Irianto (2005), stres juga akan mempengaruhi faktor perlindungan alami ikan seperti mukus, sisik, kulit, lisozim, antibodi dan reaksi inflamasi. Pada dasarnya hewan mampu beradaptasi terhadap stres untuk jangka waktu yang terbatas.

Selama masa tersebut hewan akan tampak normal tetapi cadangan energinya terus menyusut karena digunakan untuk menjaga aktivitas normalnya, sehingga dapat mempengaruhi kondisi fisiologis dari organisme air yang tinggal di perairan tersebut.

## 4.2 Kondisi Imunologi Ikan Gabus (*Channa striata*)

### 4.2.1 Jumlah Leukosit

Jumlah leukosit yang diamati adalah jumlah total dari sel darah putih baik agranulosit maupun granulosit. Berikut perbandingan jumlah leukosit ikan gabus yang diambil di sungai Aloo dan ikan gabus yang diambil di bendungan Karangates (Gambar 12.);



**Gambar 12.** Perbandingan jumlah total leukosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean±SD) dengan selang kepercayaan 95%.

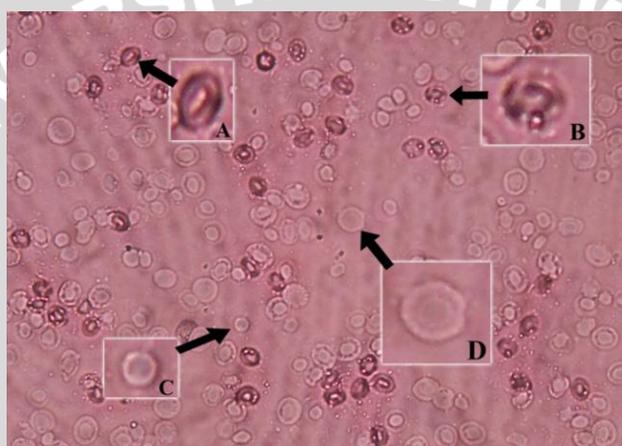
Berdasarkan dari jumlah leukosit kedua ikan gabus tersebut diatas, dapat diketahui bahwa rerata jumlah leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur yaitu  $1,87 \times 10^5 \pm$

$2.67 \times 10^4$  sel/ml  $> 1.07 \times 10^5 \pm 3.36 \times 10^4$  sel/ml. Hal ini menunjukkan bahwa ikan yang terkena lumpur lapindo memproduksi sel darah putih lebih banyak. Hal ini diduga karena pada perairan sungai Aloo tersebut mengandung bakteri patogen sehingga terjadi proses pertahanan tubuh yang terjadi dalam sistem imun ikan itu sendiri. Tetapi sesuai dengan batasan masalah dalam penelitian ini, tidak dilakukan perhitungan dan identifikasi bakteri. Hal tersebut juga didukung oleh laporan Dr. Dwi Andreas Santosa sebagai Executive Director Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology (ICBB), yang turut menganalisa lumpur Lapindo. Dari hasil analisa lumpur Lapindo yang terakhir (awal Desember 2006) menunjukkan relatif berbeda dengan data-data sebelumnya. Hasil analisa mikrobiologi lumpur yang baru satunya-satunya dilakukan oleh ICBB ini menunjukkan adanya Coliform, Salmonella dan Stapylococcus Aureus di atas ambang batas yang dipersyaratkan (arsip berita, 2007).

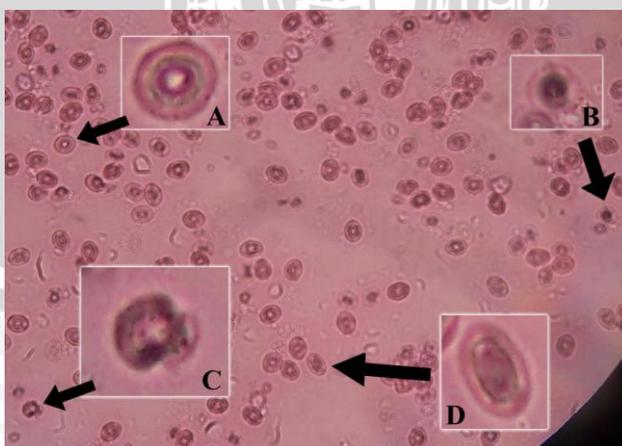
Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah total leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3,89 > t_{tab}: 2,31$ ). Selain itu, terjadinya perbedaan dalam jumlah total leukosit juga dipengaruhi adanya ritme biologis dari pembentukan sel darah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Mudjiutami *et al.*, (2007) yang dilakukan pada ikan mas yang diinfeksi oleh virus KHV selama 21 hari, yaitu terjadi penurunan jumlah pada hari ke-7 dan kembali meningkat pada hari ke-14 dan ke-21 (Tabel 5.). Arry (2007) juga melaporkan bahwa peningkatan jumlah leukosit total terjadi akibat adanya respon dari tubuh ikan terhadap kondisi lingkungan pemeliharaan yang buruk, faktor stres dan infeksi penyakit.

#### 4.2.2 Jumlah Diferensial Leukosit

Diferensial dari sel leukosit yang diamati adalah persentase dari jumlah Neutrofil, Limfosit, dan Monosit. Sedangkan untuk eosinofil dan basofil tidak dihitung karena jumlahnya sangat sedikit dalam sirkulasi darah. Menurut Scombes (1996) dalam Irianto (2005), jumlah eosinofil dan basofil pada ikan teleostei sangat rendah. Berikut gambar diferensial leukosit pada ikan gabus yang diamati;



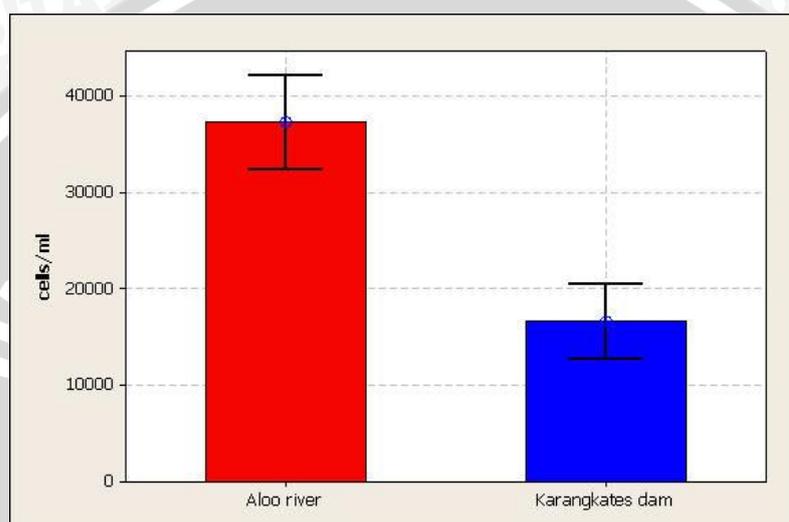
**Gambar 13.** Penampang sel darah ikan di sungai Aloo (tanda panah): A.) eritrosit, B.) neutrofil, C.) limfosit, D.) monosit. (Perbesaran 400x)



**Gambar 14.** Penampang sel darah ikan di bendungan Karangates (tanda panah): A.) monosit, B.) limfosit, C.) neutrofil, d.) eritrosit (Perbesaran 400x)

### a. Neutrofil

Neutrofil merupakan garis pertahanan pertama yang bergerak cepat ke arah bahan asing dan menghancurkannya, tetapi tidak mampu bertahan lama (Tizard, 1987). Menurut Bullock *et al.*, (1990) dalam Faried (2010), jumlah sel neutrofil pada ikan mas yang terinfeksi berkisar 12-48% dan normalnya adalah 11%.



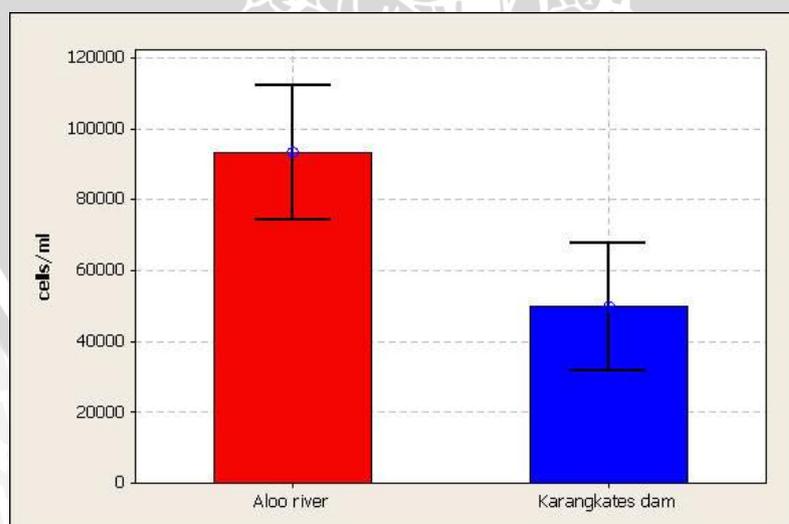
**Gambar 15.** Perbandingan jumlah neutrofil ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean±SD) dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa rata-rata persentase jumlah neutrofil ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih besar dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo, yaitu  $37328 \pm 10930.07$  sel/ml  $>$   $16717.2 \pm 8745.19$  sel/ml. Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah neutrofil ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3,29 > t_{tab}: 2,31$ ). Terjadinya peningkatan jumlah sel neutrofil diduga karena adanya pengaruh stres kimiawi yaitu kualitas air buruk dan infeksi bakteri patogen. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ellsaessre *et al.*, (1985) dalam Stoskopf (1993) yaitu infeksi penyakit dan kondisi yang stress dapat

meningkatkan jumlah neutrofil di dalam darah ikan. Irianto (2005) juga melaporkan, respon sekunder ikan terhadap stres adalah berupa perubahan metabolik, seluler, gangguan osmoregulasi, perubahan gambaran darah dan fungsi imun. Didukung pula oleh hasil penelitian Stosik *et al.* (2002) pada dua perairan yang berbeda (*Debie Lake* dan *Szczecin Bay*) dimana berdasarkan kualitas airnya *Debie Lake* termasuk perairan yang tercemar, yaitu nilai neutrofil *Debie Lake* lebih tinggi dibanding *Szczecin Bay* ( $17.79 \pm 2.97\% > 13.32 \pm 2.14\%$ ).

Menurut Junqueira *et al.* (1995), neutrofil membentuk pertahanan terhadap invasi mikroorganisme, terutama bakteri. Neutrofil merupakan fagosit aktif terhadap partikel kecil dan kadang-kadang disebut mikrofag untuk membedakannya dari makrofag, merupakan sel yang lebih besar. Menurut Anderson (1974), nilai standar neutrofil berkisar 6 - 8%.

#### b. Limfosit



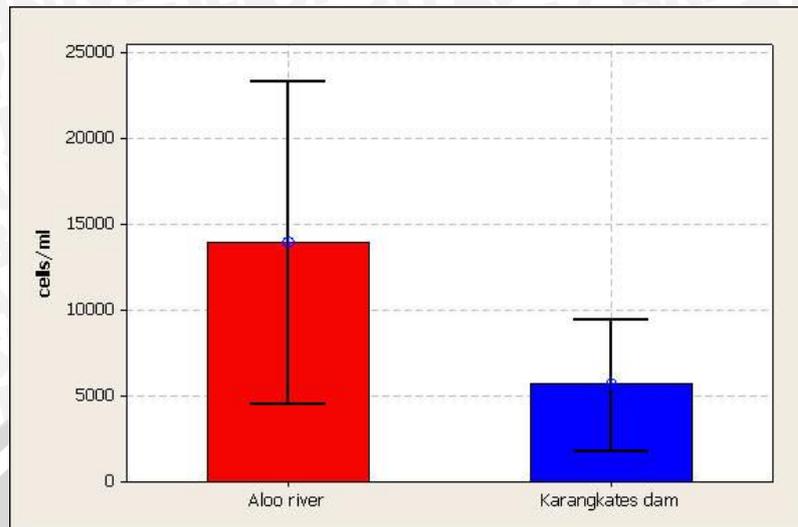
**Gambar 16.** Perbandingan jumlah limfosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean $\pm$ SD) dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa rata-rata persentase jumlah limfosit ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih besar dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo, yaitu  $93346 \pm 21078.49$  sel/ml  $>$   $49887.2 \pm 20030.46$  sel/ml. Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah limfosit ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 3,34 > t_{tab}: 2,31$ ). Menurut Anderson (1974), nilai standar limfosit berkisar 60 – 80%. Tingginya persentase limfosit dibandingkan dengan persentase monosit dan neutrofil kemungkinan disebabkan oleh kegiatan limfosit dalam memproduksi antibodi untuk menghasilkan kekebalan tubuh (Andayani dan Sukoso, 2007).

Limfosit tidak bersifat fagosit tetapi memegang peranan penting dalam pembentukan antibody. Limfosit pada ikan dibagi menjadi 2 kelompok yang mempunyai fungsi mirip dengan limfosit B dan limfosit T pada mamalia. Fungsi limfosit sendiri adalah sebagai mediator respon imun humoral dan seluler. Penurunan jumlah limfosit dapat menurunkan konsentrasi antibody dan menyebabkan penurunan pertahanan tubuh terhadap serangan penyakit (Bijanti, 2005).

### c. Monosit

Proporsi monosit sangat rendah dalam populasi leukosit, akan tetapi dapat meningkat sekitar 38% dalam waktu singkat bila terjadi infeksi (Andayani dan Sukoso, 2006). Berikut diagram perbandingan jumlah monosit ikan yang terkena lumpur lapindo dan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo.



**Gambar 17.** Perbandingan jumlah monosit ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean $\pm$ SD) dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa rata-rata persentase jumlah monosit ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih besar dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo, yaitu  $13946.4 \pm 7556.2$  sel/ml  $>$   $5685.2 \pm 3108.1$  sel/ml. Peningkatan jumlah sel monosit diduga karena adanya pengaruh stres kimiawi yaitu kualitas air buruk dan infeksi bakteri patogen. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Stosik *et al.* (2002) pada dua perairan yang berbeda (*Dabie Lake* dan *Szczecin Bay*) dimana berdasarkan kualitas airnya *Debie Lake* termasuk perairan yang tercemar, yaitu nilai monosit *Dabie Lake* lebih tinggi dibanding *Szczecin Bay* ( $4.16 \pm 2.08 > 3.16 \pm 0.39$ ). Tetapi, berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah monosit ikan yang terkena lumpur lapindo tidak berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}$ :  $2,26 < t_{tab}$ :  $2,31$ ). Menurut Stoskopf (1993), jumlah monosit berkisar 2–27%. Rataan persentase monosit dari ikan-ikan tersebut masih berada dalam kisaran nilai normal. Menurut Kresno (1988), sel ini mampu bergerak, melakukan

fagositosis, mensekresi enzim, mengenal partikel dan melakukan interaksi yang kompleks dengan imunogen dan komponen seluler maupun humoral sistem imun. Sedangkan menurut Irianto (2005), pertahanan alami utama meliputi sel monosit, makrofag dan leukosit bergranul. Monosit dan makrofag memiliki kapasitas fagositik lebih kuat dibandingkan dengan neutrofil.

#### 4.2.3 Jumlah Sel Makrofag

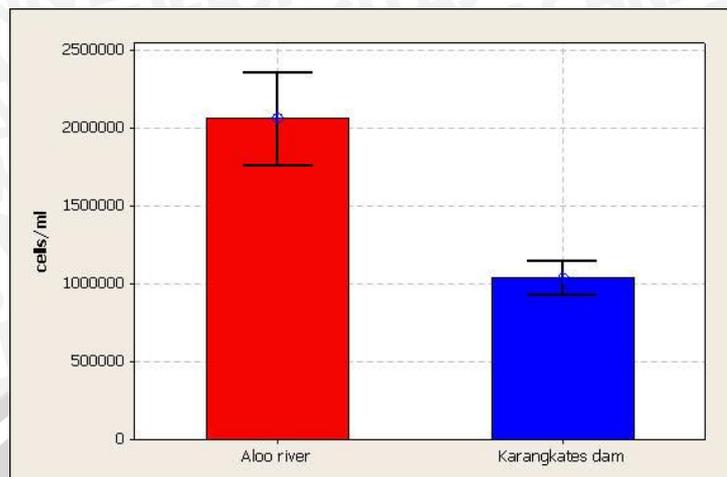
Berdasarkan hasil pengamatan sel makrofag di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x, didapat hasil penampang sel sebagai berikut (Gambar 18.)

A

B

**Gambar 18.** Sel makrofag ikan gabus: (A) ikan gabus yang terkena lumpur lapindo, (B) ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo

Jumlah sel makrofag setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus rata-rata  $\times 4 \times 10^6 \times 1/fp$ , diperoleh hasil sebagai berikut (Gambar 19);



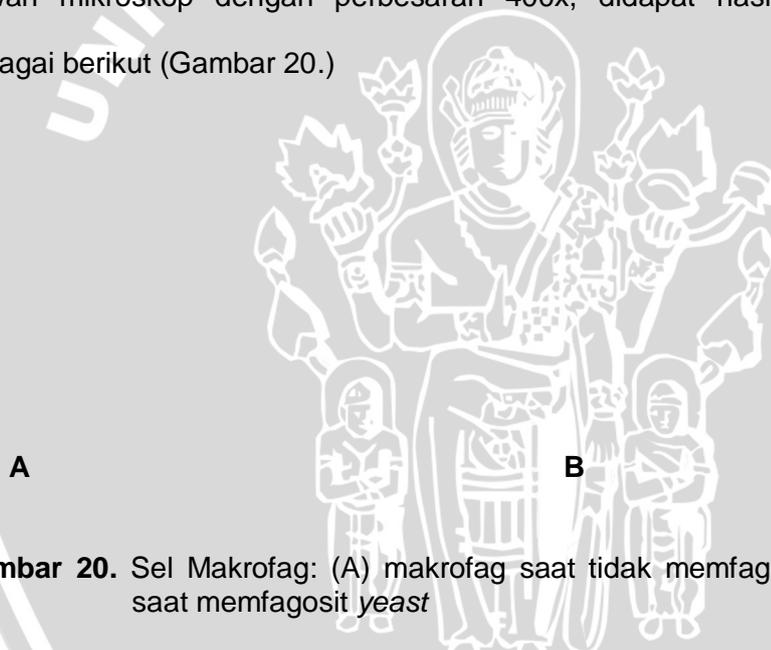
**Gambar 19.** Perbandingan jumlah sel makrofag ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean $\pm$ SD) dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan dari jumlah sel makrofag kedua ikan gabus tersebut diatas, dapat diketahui bahwa rerata jumlah sel makrofag ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo yaitu  $20.6 \times 10^5 \pm 6.65 \times 10^5$  sel/ml  $>$   $10.4 \times 10^5 \pm 2.50 \times 10^5$  sel/ml. Peningkatan jumlah dari sel fagosit pada ikan yang terkena lumpur lapindo diduga karena adanya interaksi bakteri patogen di lingkungan perairan sungai Aloo. Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah sel makrofag ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}$ : 3,21  $>$   $t_{tab}$ : 2,57). Menurut Maftuch (2007), perubahan jumlah sel makrofag menunjukkan bahwa telah terjadi respon imun di dalam tubuh ikan. Kerusakan jaringan menyebabkan terjadinya inflamasi. Proses inflamasi yang terjadi saat itu akan meningkatkan produksi monosit menjadi dua kali lebih banyak. Peredaran monosit dalam darah menjadi lebih singkat, pematangan monosit menjadi makrofag lebih cepat dan segera menuju ke jaringan yang rusak. Makrofag yang merespon pertama kali terhadap antigen adalah makrofag jaringan.

Lebih lanjut dijelaskan oleh Andayani *et al.* (2006), bahwa meningkatnya jumlah makrofag disebabkan adanya jaringan yang rusak akan mengeluarkan zat-zat kimia yang dapat mendatangkan lebih banyak makrofag. Selain itu makrofag memiliki sifat seperti halnya sel fagosit yang lain, yaitu mempunyai sifat melindungi yang dilakukan oleh sel fagosit terhadap adanya infeksi bahan asing.

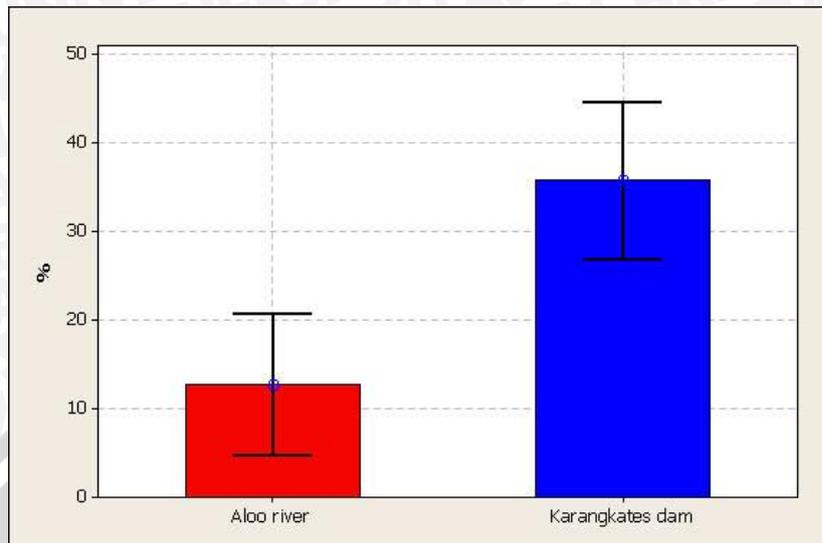
#### 4.2.4 Jumlah Aktivitas Fagositosis dari Sel Makrofag

Berdasarkan hasil pengamatan aktivitas sel makrofag dalam memfagosit di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x, didapat hasil penampang sel sebagai berikut (Gambar 20.)



**Gambar 20.** Sel Makrofag: (A) makrofag saat tidak memfagosit, (B) makrofag saat memfagosit yeast

Aktivitas fagositosis adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh sel-sel fagosit untuk melakukan fagositosis terhadap mikroorganisme dalam sistem kekebalan non spesifik (Jhonny *et al.*, 2005). Fungsi fagositosis pada ikan biasanya dilakukan oleh neutrofil dan makrofag (Maftuch, 2007). Berikut hasil persentase aktivitas fagositosis (Gambar 21.)



**Gambar 21.** Perbandingan jumlah aktivitas fagositosis sel makrofag ikan gabus dari sungai Aloo dan dari bendungan Karangates (mean $\pm$ SD) dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat diketahui bahwa rata-rata persentase aktivitas fagositosis ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih kecil dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo, yaitu  $12.8 \pm 6.42\% < 35.8 \pm 7.19\%$ . Sedangkan hasil analisis data dengan menggunakan uji t berpasangan, didapatkan bahwa jumlah aktivitas fagositosis ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo dalam taraf 95% ( $t_{hit}: 5,36 > t_{tab}: 2,31$ ). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sel makrofag dalam memfagosit berhubungan dengan tingkat stres yang dialami ikan. Meskipun jumlah dari sel fagositik ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding ikan yang tidak terkena lumpur lapindo, namun aktivitasnya berkebalikan dari banyaknya jumlah sel. Hal ini didukung oleh pernyataan Irianto (2005), stres yang berlangsung lama akan semakin menurunkan efektivitas sistem imun sehingga kemungkinan timbulnya penyakit menjadi tinggi. Selain itu, pendugaan adanya bakteri patogen di lingkungan perairan sungai Aloo juga dapat mempengaruhi aktivitas fagositosis. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Mudjiutami *et al.* (2007), yaitu penurunan aktivitas fagositik diduga karena adanya infeksi virus KHV yang menyebabkan beban kerja sel fagositik menjadi lebih besar, sehingga kemampuan memfagositosis bakteri secara invitro menjadi menurun. Anderson dan Siwicki (1993), melaporkan bahwa aktivitas fagositosis yang dilakukan oleh sel-sel leukosit akan meningkat pada awal infeksi dan mengalami penurunan pada infeksi kronis.

Menurut Leeson *et al.*, (2005), peristiwa fagositosis diawali dengan adanya kontak antara membrane sel dengan partikel (toksin) akan mengaktifkan sistem flavoenzim pada membrane NADP (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate*) oksidase, sehingga terbentuklah *reactive oxygen intermediates* (ROI). NADP oksidase akan bereaksi dan membentuk anion superoksida ( $O_2^-$ ). Anion superoksida ( $O_2^-$ ) dengan bantuan katalisator superoksida dismutase (SOD) menjadi hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Masing-masing produk tersebut yaitu anion superoksida ( $O_2^-$ ), hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), dan radikal hidroksil (OH), bersifat toksik bagi antigen.

#### 4.3 Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil pengamatan kondisi eksternal ikan meliputi sisik dan mukus ikan, dapat diketahui bahwa ikan gabus yang ditemukan di sungai Aloo berada dalam kondisi sakit dibanding ikan yang ditemukan di bendungan karangkates. Padahal jika dibandingkan dengan kondisi imunnya, ikan gabus di sungai Aloo terdapat dalam kondisi imun yang lebih tinggi dibanding dengan ikan gabus di bendungan karangkates. Hal ini berhubungan dengan tingkat ekspresi genotip dan fenotip dari ikan. Kondisi *genotype* (sel) dapat mempengaruhi kondisi *fenotype* (fisik) ikan tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama untuk

mengekspresikannya. Sehingga ikan gabus di sungai Aloo terlihat dalam kondisi tidak sehat dibanding ikan gabus di bendungan karangkates.

Berdasarkan dari pengamatan parameter imunologi yang dilakukan pada kedua ikan gabus dapat diketahui bahwa komponen imun ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda dengan ikan yang tidak terkena lumpur. Hal ini menunjukkan bahwa ikan yang terkena lumpur lapindo memproduksi sel imun lebih banyak dibanding ikan yang tidak terkena lumpur lapindo. Terjadinya perbedaan dalam jumlah imun dipengaruhi adanya ritme biologis dari pembentukan sel darah. Selain itu, pembentukkan sistem imun dari ikan bergantung pada lamanya ikan tersebut berinteraksi dengan pencemar atau material asing lainnya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Mudjiutami *et al.*, (2007) yang dilakukan pada ikan mas yang diinfeksi oleh virus KHV selama 21 hari, yaitu terjadi penurunan jumlah pada hari ke-7 dan kembali meningkat pada hari ke-14 dan ke-21. Selain itu, Astuti (2003) juga melaporkan dalam hasil penelitiannya pada ikan lele yang dipapar pestisida 0,005 ppm selama 20 hari, menunjukkan bahwa jumlah leukosit meningkat pada hari ke-5 dan menurun pada hari ke-10 dan ke-15, tetapi kembali meningkat pada hari ke-20. Didukung pula oleh hasil penelitian Stosik *et al.* (2002) pada ikan *Abramis brama* di dua perairan yang berbeda (*Dabie Lake* dan *Szczecin Bay*) dimana berdasarkan kualitas airnya *Debie Lake* termasuk perairan yang tercemar, yaitu jumlah hematologi dan imunologi ikan di *Dabie Lake* lebih tinggi dibanding *Szczecin Bay*.

#### 4.4 Kondisi Kualitas Air Sungai Aloo

Parameter kualitas air yang diukur untuk menunjang data primer adalah parameter fisika dan kimia. Berikut data hasil dari pengukuran di lapang :

**Tabel 8.** Data hasil kualitas air (parameter kimia dan fisika) sungai Aloo.

No.	Parameter	Hasil pengukuran di s. Aloo	Hasil pengukuran di Krgkates	Nilai Baku Mutu*	*Referensi
1.	DO	1,37-2,18 mg/L	10,6 mg/L	> 3 mg/L	PP No. 82 Tahun 2001
2.	pH	8	8,7	6-9	PP No. 82 Tahun 2001
3.	Salinitas	5 ppt	0 ppt	< 0,5 ppt	Effendi (2003)
4.	Suhu	30-32 °C	31 °C	20-30°C	Effendi (2003)
5.	TSS	672 mg/L	7,0 mg/L	400 mg/L	Perda No. 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur
6.	COD	58 mg/L	28 mg/L	50 mg/L	sda
7.	Phenol	1,9 mg/L	0,207 mg/L	0,001 mg/L 2 mg/L	sda Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Eksplorasi dan Produksi Migas dari Fasilitas Darat ( <i>On-Shore</i> ) dengan metode SNI 06-6989.21-2005 sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 04/2007

Berdasarkan tabel hasil pengukuran kualitas air di atas, dapat diketahui bahwa kondisi kualitas air di sungai Aloo tidak layak bagi kehidupan ikan. Berbeda dengan di Karangates, kondisi kualitas airnya masih dalam kisaran yang layak bagi kehidupan biota air. Sebagian besar parameter di sungai Aloo terdapat dalam jumlah yang melebihi nilai ambang batas, seperti salinitas, suhu, TSS, dan COD. Sedangkan kadar oksigen terlarut (DO) hanya terdapat dalam jumlah kurang dari nilai yang dianjurkan untuk kehidupan organisme perairan.

Menurut ECOTON (2006), kadar garam (salinitas) lumpur sangat tinggi, sehingga bersifat asin dengan salinitas 38-40 ppt yang dapat membunuh biota air tawar jika dibuang ke sungai dan merusak kesuburan lahan pertanian produktif. Nilai *Total Suspended Soil* (TSS) di sungai Aloo sangat tinggi, mencapai 672 mg/L. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan sampel (sungai Aloo) berada dekat dengan hilir, dimana bahan padatan terlarutnya terakumulasi. Selain itu, menurut warga sekitar sungai, sejak skenario pembuangan lumpur lapindo tersebut dilakukan, terjadi pendangkalan sekitar setengah dari tinggi badan orang dewasa.

Nilai phenol di sungai Aloo hampir mendekati nilai ambang batas yang ditentukan. Menurut Herawati (2007), phenol merupakan senyawa berwarna merah muda yang mudah masuk dalam kulit sehat dan menimbulkan rasa terbakar. Keracunan akut menyebabkan gejala gastro-intestinal, sakit perut, kelainan koordinasi bibir, mulut dan tenggorokan. Dapat pula terjadi perforasi usus. Keracunan khronis menimbulkan gejala gastro-intestinal, sulit menelan dan hipersalivasi, kerusakan ginjal dan hati dan dapat pula diikuti kematian.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- ↯ Rata-rata jumlah leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur yaitu  $1.87 \times 10^5 \pm 2.67 \times 10^4$  sel/ml  $> 1.07 \times 10^5 \pm 3.36 \times 10^4$  sel/ml ( $t_{hit}: 3.89 > t_{tab}: 2.31$ ).
- ↯ Diferensial leukosit ikan yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding dengan ikan yang tidak terkena lumpur yaitu neutrofil  $37328 \pm 10930.07$  sel/ml  $> 16717.2 \pm 8745.19$  sel/ml ( $t_{hit}: 3.29 > t_{tab}: 2.31$ ); limfosit  $93346 \pm 21078.49$  sel/ml  $> 49887.2 \pm 20030.46$  sel/ml ( $t_{hit}: 3.34 > t_{tab}: 2.31$ ); dan monosit  $13946.4 \pm 7556.2$  sel/ml  $> 5685.2 \pm 3108.1$  sel/ml ( $t_{hit}: 2.26 < t_{tab}: 2.31$ ).
- ↯ Terjadinya perbedaan pada jumlah leukosit maupun diferensial leukosit diduga dipengaruhi oleh tingkat stress yang dialami ikan, selain itu juga dipengaruhi pula adanya ritme biologis dari pembentukan sel darah. Selain itu, mekanisme respon imun ikan juga dipengaruhi oleh lamanya ikan berinteraksi dengan pencemar.
- ↯ Rerata jumlah sel makrofag ikan gabus yang terkena lumpur lapindo lebih banyak dibanding ikan gabus yang tidak terkena lumpur lapindo yaitu  $20.6 \times 10^5 \pm 6.65 \times 10^5$  sel/ml  $> 10.4 \times 10^5 \pm 2.50 \times 10^5$  ( $t_{hit}: 3.21 > t_{tab}: 2.57$ ). Aktivitas fagositosis menunjukkan bahwa ikan yang terkena lumpur lapindo lebih rendah dibanding ikan yang tidak terkena, yaitu  $12.8 \pm 6.42\% < 35.8 \pm 7.19\%$  ( $t_{hit}: 5.36 > t_{tab}: 2.31$ ).

- ↖ Hasil uji t-dependent menunjukkan bahwa sel imun ikan yang terkena lumpur lapindo berbeda nyata dengan ikan yang tidak terkena lumpur lapindo. Jadi, dapat dikatakan bahwa cemaran lumpur lapindo berpengaruh terhadap jumlah maupun efektivitas dari komponen-komponen sel imun ikan.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kelebihan dari gen ikan gabus pada mekanisme sistem imunnya terhadap pencemaran dan perlu adanya penelitian lanjutan tentang ritme biologis dari pembentukan sistem imun. Selain itu perlu disarankan, perlu dilakukannya pengolahan terlebih dahulu pada air yang terkena lumpur lapindo sebelum digunakan untuk kegiatan budidaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. dan Evi, L. 1992. Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan. Kanisius. Yogyakarta
- Agbede, S.A., Olanike K.A., Olufemi B. A.,Abdulkadir U.J. 2006. Ultrastructural Study of the Phagocytic Activities of Splenic Macrophages in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *African Journal of Biotechnology* 5 (22): 2350-2353
- Alamanda, I. E., Noor S. H., Agung B. 2007. Penggunaan Metode Hematologi dan Pengamatan Endoparasit Darah untuk Penetapan Kesehatan Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) di Kolam Budidaya Desa Mangkubumen Boyolali. *Jurnal Biodiversitas* 8 (1): 34-38
- Andayani, S., dan Sukoso. 2006. Pengaruh Pemberian Senyawa Aktif Alkaloid Ubur-ubur (*Bougainvillia sp*) Terhadap Perubahan Hematologi Darah Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) Setelah Diinfeksi *Vibrio harveyi*. Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan: 87-95
- \_\_\_\_\_, Rustidja, Sukoso, Yenny Risjani, dan M. Fajar. 2007. Pengaruh Senyawa Aktif Alkaloid Ubur-ubur (*Bougainvillia sp.*) Dalam Pakan Terhadap Makrofag Ginjal Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Jurnal Penelitian Perikanan* 10 (1): 102-106
- Anderson, D. P. 1974 Fish Immunology In Disease of Fishes. Ed. S. F. Snieszko dan H. R. Axelrod. T. F. H. Publications Inc. Ltd. U.S.A.
- \_\_\_\_\_, and A. Siwicki. 1993. Basic Hematolog and Serology for Fish Health. Programs Paper Presented in Second Symposium on Disease in Asia Aquaculture Aquatic Animal Health and The Environment Phuket, Thailand. 25-29th October 1993.
- Aria, P. 2008. Darah Ikan. [http://maswira.wordpress.com/darah\\_ikan](http://maswira.wordpress.com/darah_ikan). Diakses tanggal 10 Juni 2010
- Arry. 2007. Pengaruh Suplementasi Zat Besi (Fe) Dalam Pakan Buatan Terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Imunitas Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*). Skripsi Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor
- Astuti, A. B. 2003. Interaksi Pestisida dan Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila* Pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias sp.*). Skripsi Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor

- Bastiawan, D; A. Wahid; M. Alifudin, dan I. Agustiawan. 2001. Gambaran Darah Lele dumbo (*Clarias spp.*) yang Diinfeksi Cendawan *Aphanomyces sp* pada pH yang Berbeda. *Jurnal penelitian Indonesia* 7(3): 44-47.
- Bijanti, R. 2005. Hematologi Ikan (Teknik Pengambilan Darah dan Pemeriksaan Hematologi Ikan). Bagian Ilmu Kedokteran Dasar Veteriner, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya
- budidaya-di.blogspot.com. 2009. Budidaya Ikan Gabus. <http://budidaya-di.blogspot.com/2009/11/budidaya-ikan-gabus.html>. Diakses tanggal 10 Juni 2010
- Bullock, Graham H., David A. Conroy and S. F. Snieszko. 1990. Bacterial Disease of Fishes. Handbook of Fish of Fish Disease
- Cholik, F., Ateng G. J., R.P. Poernomo, Ahmad J. 2005. Akuakultur Tumpuan Harapan Masa Depan Bangsa. Masyarakat Perikanan Nusantara (MPN) dan Taman Akuarium Air Tawar TMII. Jakarta
- ECOTON. 2006. Bencana Baru di Kali Porong. <http://www.ecoton.or.id/tulisanlengkap.php?id=1783>. Diakses tanggal 25 Desember 2010
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta
- Ellsaesser, C. F., Miller, N. W., and Cuchens, M. A. 1985. Analysis of channel catfish peripheral blood leukocytes by bright-field microscopy and flow cytometry. *Trans . am. Fish. Soc.* 114:279-285
- Fariad, M.S.S. 2010. Pengaruh Senyawa Fenolik Ubur-Ubur (*Aurelia sp.*) Terhadap Hematologi dan Aktivitas Fagositosis Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) yang Diinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. Tesis Program Pasca Sarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang
- Feldman BF, Zinkl JG, Jain NC, Schalm OW. 2000. Schalm's Veterinary Hematology. Blackwell Publishing.
- Google. 2004. East-java. [www.google.com/earth/index.html](http://www.google.com/earth/index.html). Diakses tanggal 10 Maret 2011
- Guyton, A. 1995. Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit. Alih bahasa: Petrus Andrianto. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta
- Hanyawanita.com. 2010. Wapres Tinjau Lokasi Lumpur Panas. [http://www.hanyawanita.com/\\_hot\\_news/article](http://www.hanyawanita.com/_hot_news/article). Diakses tanggal 10 Juni 2010

- Herawati, N. 2007. Analisis Risiko Lingkungan Aliran Air Lumpur Lapindo Ke Badan Air (Studi Kasus Sungai Porong dan Sungai Aloo-Kabupaten Sidoarjo). Tesis Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang
- Houston, A. H., and DeWilde, M. A. 1968. Thermacclimatory variations in the hematology of the common carp, *Cyprinus carpio*. *J. exp. Biol.* 49:71-81
- Irianto, A. 2005. Patologi Ikan Teleostei. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Irianto, A. and B. Austin. 2002. Use of Probiotic to Control Furunculosis in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Disease* 25: (333-342)
- Jawetz, E., Melnick, and Adelberg. 1982. Review Of Medical Microbiology. Diterjemahkan: Gerard Bonang K. C. V. EGC. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta
- Junqueira, L. C., Jose C., Robert O. K. Histologi Dasar. Terjemahan oleh Dr. Jan Tambayong. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Jordanova, M., Katerina R., Nada M., and Eduardo R. 2001. Evaluating pigmented macrophages as biomarkers for fish health and enviromental pollution: avidence of natural seasonal fluctuations in Ohrid trout (*Salmo letnica* Kar.). Coresponding author. Email: majaj.iunona.pmf.ukim.edu.mk: 1-7
- Kordi, K.M.G.H. 2007. Pemeliharaan Udang Vanname. Penerbit INDAH. Surabaya
- Kresno, S. B. 1988. Pengantar Hematologi dan Imunohematologi. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta
- Lagler, K. F., J. Bardach, R. R. Miller and D. R. M. Passino. 1977. Ichthyology. John Willey and Sons, Inc. NY. London
- Leeson, R., Leeson, T., dan Paparo, A. 1989. Buku Ajar Histologi. Penerjemah: Koespati Siswojo; Jan Tambahjong; Sugito Wonodirekso; Isnaini A Suryono; Tanzil Soeharto. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Lucky, Z. 1977. Methods for The Diagnosis of Fish Disease (Edited by: Hoffman, G. L.) Amerind Publishing Co., PVT. LTD., New York
- Maddy K. 2010. Leukosit. <http://id.shvoong.com/tags/leukosit>. Diakses tanggal 10 Juni 2010
- Maftuch. 2007. Paparan *Vibrio alginolyticus* Terhadap Histopatologi Usus Ikan Kerapu Tikus (*Cromileptes altivelis*) dan Peningkatan Jumlah Serta Aktivitas Sel Makrofag. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 10 (1): 66-70

- Martin ML, Namura DT, Myazaki DMY, Pilarsky F, Ribero K, De CaSTRO MP, De Campos CMF. 2004. Physiological and Haematological Response of *Oreochromis niloticus* Exposed to Single and Consecutive Stress of Capture. *Animal Science*. 28 : 195-204.
- Martins, ML., Felipe N.V., Gabriela T.J., Jose L.P.M., Geovana D., Gisele M. S., Adolfo J.M.B., Fabiola S.P., Celso C.B.N., Gilberto P.Jr. 2009. Leucocyte Response and Phagocytic Activity in Nile tilapia Experimentally Infected with *Enterococcus* sp. *Fish Physiol Biochem* 35:219–222.
- Mudjiutami, E., Ciptoroso, Zainun Z., Sumarjo, Rahmat. 2007. Pemanfaatan Immunostimulan Untuk Pengendalian Penyakit Pada Ikan Mas. *Jurnal Budidaya Air Tawar* 4 (1): 1-9
- Munajat, A., dan N. S. Budiana. 2003. Pestisida Nabati untuk Penyakit Ikan. Penebar Swadaya. Jakarta
- Moyle, P. B. and Joseph, J. C. Jr. 2004. Fishes An Introduction to Ichthyology Fifth Edition. Department of Wildlife, Fish, and Conservation Biology University of California. Prentice Hall Upper Saddle River
- Norum, Bogwald, and Dalmo. 2005. Isolation and Characterisation of Spotted Wolffish (*Anarchichas minor* Olaten) Macrophages. *Journal Fish and Selfish Immunology*. Elsevier. Amsterdam. 381-391
- Peraturan Daerah No. 2 / 2008, Tanggal 28-2-2008, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Proinsi Jawa Timur
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 04 Tahun 2007, Tanggal : 8 Mei 2007 tentang BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN ATAU KEGIATAN PENGOLAHAN MINYAK BUMI
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pethiyagoda. 1991. *Channa striata*. Striped sneakhead. [www.fishbase.us/summary/speciessummary](http://www.fishbase.us/summary/speciessummary). Diakses tanggal 10 Maret 2011
- Salasia, S. I. O., Dewi S., Atik R. 2001. Studi Hematologi Ikan Air Tawar. *Jurnal Biologi* 2(12): 710-723
- Salim, A. 2009. Deskripsi Dan Interpretasi. [www.ktiguru.org](http://www.ktiguru.org). Diakses tanggal 10 Juni 2010
- Scombes, C. J. 1996. The nonspecific immune sytem: cellular defense. Dalam: Iwama, G.; and Nakanishi, T. (Eds.). *The Fish Immune System*. Academic Press, San Diego

- Shahrani, A. R. 2003. Interaksi Antara Pestisidan dan Infeksi *Aeromonas hydrophilla* pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Skripsi Program Studi Budidaya Perairan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor
- Sharma, R.K., and Shandilya, S. 1982. Observation on the haematological values of some fresh water teleosts. *Comp. Physiol. Ecol.* 7 (2): 124-126
- Singh, D., Nath, K., Trivedi, S.P. and Sharma, Y.K. 2008. Impact of copper on haematological profile of fresh water fish, *Channa punctatus*. *J. Environ. Biol.*, 29: 253-257.
- SNI. 2004. Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri. Badan Standardisasi Nasional SNI 06-6989.3-2004
- Subowo. 2002. Histologi Umum. Edisi 1. Bumi Aksara. Jakarta
- Sugiyono. 2005. Memahami Penelitian Kualitatif. Alfabeta. Bandung
- Suntoro, H. 1983. Metode Pewarnaan (Histologi & Histokimia). Penerbit Bhrata Karya Aksara. Jakarta
- Suresh, N. 2009. Effect of cadmium chloride on liver, spleen and kidney melano macrophage centres in *Tilapia mosambica*. *Journal of Environmental Biology* 30(4): 505-508
- Solusi. 2008. Kolam Lumpur, Kolam Pancing. Media Solusi Edisi 17. 18-24 Maret 2008
- Stosik, M., Deptula W., Tokarz B.D. 2002. Selected Immunological and Haematological Indices in Breams (*Abranis brama*) Inhabiting Various Aquatic Ecosystem. *Polish Journal of Environmental Studies* 11(3): 273-277
- Stoskopf, M. K. 1993. Fish Medicine. W. B. SAUNDERS COMPANY. Harcourt Brace Jovanovich, Inc. Maryland
- Sudjana. 2002. Metoda Statistika. Tarsito. Bandung
- Syariffauzi. 2009. Ikan Gabus (Haruan/snakehead/*Channa striata*). <http://syariffauzi.wordpress.com>. Diakses tanggal 10 Juni 2010
- Svobodova, Z. and Vykusova. 1991. Diagnostic, Prevention and Therapy of Fish Disease and Intoxycation. Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology. Vodnany, Czechoslovakia
- Tizard, I. 1987. Pengantar Immunologi Veteriner. Penerjemah: Soeharjo. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Tort, L., Balasch J.C., Mackenzie S. 2003. Fish Immune System. A Crossroads Between Innate and Adaptive Response. *Inmunología* 22 (3): 277-286

Ueda IK, Egami MI, Sasso WS, Matsushima ER. 2001. Cytochemical aspects of the peripheral blood cells of *Oreochromis (Tilapia) niloticus*. (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei) - Part II. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 38: 273-277.

Vitanouva.net. 2007. Ekosistem Air Tawar Kali Porong Rusak Karena Lumpur Lapindo. <http://www.vitanouva.net/index>. Diakses tanggal 10 Juni 2010

Vonti, O. 2008. Gambaran Darah Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) Strain Sinyonya Yang Berasal Dari Daerah Ciampea-Bogor. Skripsi Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor. Bogor

Wardhana, W. A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta

Wikipedia.org. 2010. Ikan Gabus. <http://id.wikipedia.org/wiki>. Diakses tanggal 10 Juni 2010

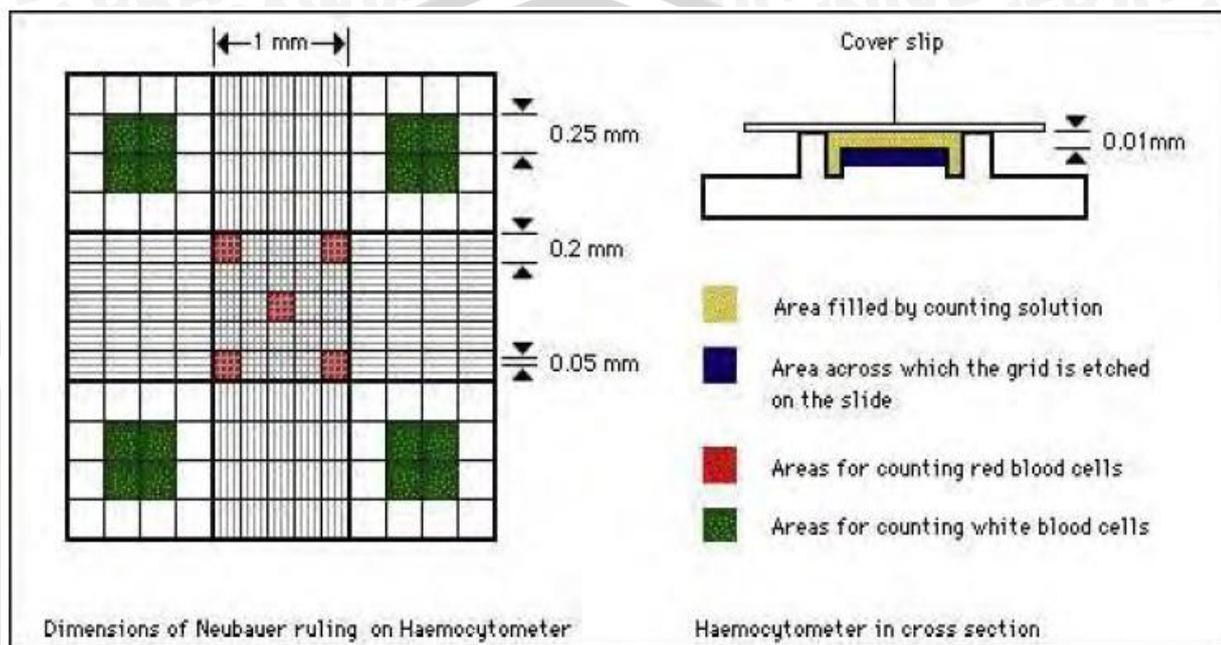
\_\_\_\_\_. 2011. Imunitas. <http://id.wikipedia.org/wiki/Imunitas>. Diakses tanggal 24 Maret 2011

V'azquez, G. R. dan G.A. Guerrero. 2007. Characterization of Blood Cells and Hematological Parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). Tissue and Cell 39:151-160

visualsunlimited. 2010. Red Blood Cells. <http://www.visualsunlimited.com/image>. Diakses tanggal 12 April 2011

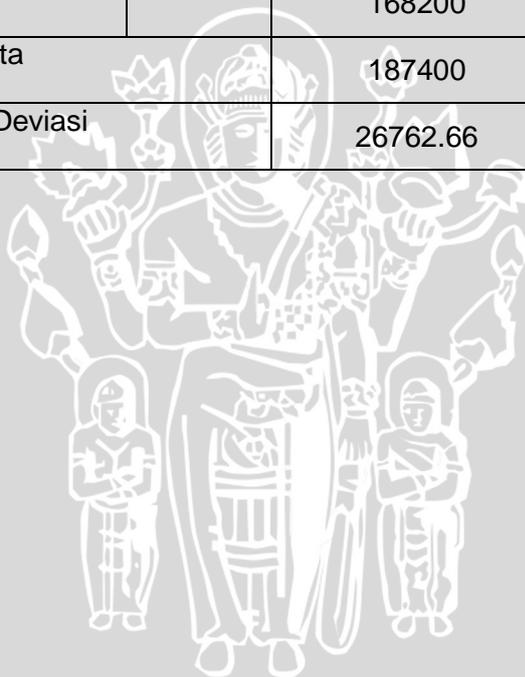
LAMPIRAN

Lampiran 1. Kamar Hitung Haemocytometer (Vonti, 2008)



## Lampiran 2. Data Hasil Jumlah Sel Darah Putih Ikan Gabus

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Jumlah Total Leukosit	Sel/ml	1	163400	125200
		2	173000	52600
		3	211000	85200
		4	221400	146000
		5	168200	126000
Rerata			187400	107000
Standart Deviasi			26762.66	33609.05



**Lampiran 3. Data Hasil Jumlah Diferensial Leukosit**

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Neutrofil	Sel/ml	1	27778	17528
		2	31140	4734
		3	44310	14484
		4	53136	29200
		5	30276	17640
Rerata			37328	16717
Standart Deviasi			10930	8745

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Limfosit	Sel/ml	1	78432	56340
		2	74390	21040
		3	109720	40896
		4	121770	74460
		5	82418	56700
Rerata			93346	49887
Standart Deviasi			21078	20030

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Monosit	Sel/ml	1	8170	5008
		2	5190	1578
		3	16880	4260
		4	24354	8760
		5	15138	8820
Rerata			13946	5685
Standart Deviasi			7556	3108

**Lampiran 4. Data Hasil Jumlah Sel Makrofag dan Aktivitas Fagositosis**

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Makrofag	Sel/ml	1	1900000	1200000
		2	1800000	1400000
		3	3100000	900000
		4	2200000	800000
		5	1300000	900000
Rerata			2060000	1040000
Standart Deviasi			665582.5	250998

Parameter	Satuan	Ulangan	Jumlah dari Ikan di sungai	
			Aloo	Karangkates
Aktivitas Fagositosis	%	1	9	26
		2	15	35
		3	5	45
		4	22	33
		5	13	40
Rerata			12.8	35.8
Standart Deviasi			6.418723	7.190271

## Lampiran 5. Hasil Perhitungan *t Student*

### a. Jumlah Leukosit

$$F_{hit} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{26763^2}{37576^2} = \frac{716258169}{1411955776} = 0,507$$

$$F_{tab} = 6,39 \text{ maka } F_{hit} < F_{tab}$$

$$s^2 = \frac{n_1 \cdot 1s_1^2 + n_2 \cdot 1s_2^2}{n_1 + n_2 + 2} = \frac{\sqrt{4 \cdot 26763^2 + 4 \cdot 37576^2}}{8} = 32620,65$$

$$t_{hit} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{187400 - 107000}{32620,65 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = \frac{80400}{20631,11} = 3,89$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 8$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{tab} = 2,31$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{hit} > t_{tab}$

Maka,  $H_0$  ditolak,  $\mu_1$  berbeda nyata dengan  $\mu_2$

### b. Diferensial Leukosit

#### ◆ Neutrofil

$$F_{hit} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{10930^2}{8745^2} = \frac{119464900}{76475025} = 1,56$$

$$F_{tab} = 6,39 \text{ maka } F_{hit} < F_{tab}$$

$$s^2 = \frac{n_1 \cdot 1s_1^2 + n_2 \cdot 1s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{\sqrt{4.119464900^2 + 4.76475025^2}}{8} = 9897,97$$

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{37328 - 16717}{9897,97 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = \frac{20610,8}{6260,02} = 3,29$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 8$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{\text{tab}} = 2,31$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{\text{hit}} > t_{\text{tab}}$

Maka,  $H_0$  ditolak,  $\mu_1$  berbeda nyata dengan  $\mu_2$

#### ♦ Limfosit

$$F_{\text{hit}} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{21078^2}{20030^2} = \frac{444282084}{401200900} = 1,10$$

$F_{\text{tab}} = 6,39$  maka  $F_{\text{hit}} < F_{\text{tab}}$

$$s^2 = \frac{n_1 \cdot 1s_1^2 + n_2 \cdot 1s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{\sqrt{4.21078^2 + 4.20030^2}}{8} = 20560,67$$

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{93346 - 49887}{20560,67 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = \frac{43458,8}{13003,709} = 3,34$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 8$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{\text{tab}} = 2,31$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{\text{hit}} > t_{\text{tab}}$

Maka,  $H_0$  ditolak,  $\mu_1$  berbeda nyata dengan  $\mu_2$

▲ **Monosit**

$$F_{hit} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{7556^2}{3108^2} = \frac{57093136}{9659664} = 5,91$$

$$F_{tab} = 6,39 \text{ maka } F_{hit} < F_{tab}$$

$$s^2 = \frac{n_1 \cdot 1 \cdot s_1^2 + n_2 \cdot 1 \cdot s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{\sqrt{4 \cdot 7556^2 + 4 \cdot 3108^2}}{8} = 5777,23$$

$$t_{hit} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{13946 - 5685}{5777,23 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = \frac{8261}{3653,84} = 2,26$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 8$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{tab} = 2,31$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{hit} < t_{tab}$

Maka,  $H_0$  diterima,  $\mu_1$  tidak berbeda nyata dengan  $\mu_2$

**c. Makrofag**

$$F_{hit} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{665582.5^2}{250998^2} = \frac{4,43.10^{11}}{0,63.10^{11}} = 7,03$$

$F_{tab} = 6,39$  maka  $F_{hit} > F_{tab}$

$$t_{hit} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{Sd_1^2}{n_1} + \frac{Sd_2^2}{n_2}}} = \frac{2060000 - 1040000}{\sqrt{\frac{4,43.10^{11}}{5} + \frac{0,63.10^{11}}{5}}} = \frac{1020000}{318119,47} = 3,21$$

$$db = \frac{\frac{Sd_1^2}{n_1} + \frac{Sd_2^2}{n_2}}{\frac{Sd_1^2}{n_1} / (n_1 - 1) + \frac{Sd_2^2}{n_2} / (n_2 - 1)} = \frac{8,86.10^{10} + 1,26.10^{10}}{1,99969.10^{21}} = \frac{1,024144.10^{22}}{1,99969.10^{21}} = 5$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{tab} = 2,57$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{hit} > t_{tab}$

Maka,  $H_0$  ditolak,  $\mu_1$  berbeda nyata dengan  $\mu_2$

#### d. Aktivitas fagositosis

$$F_{\text{hit}} = \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2} = \frac{51,696}{41,216} = 1,25$$

$$F_{\text{tab}} = 6,39 \text{ maka } F_{\text{hit}} < F_{\text{tab}}$$

$$s^2 = \frac{n_1 \cdot 1s_1^2 + n_2 \cdot 1s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{\sqrt{4.51,696 + 4.41,216}}{8} = 6,8$$

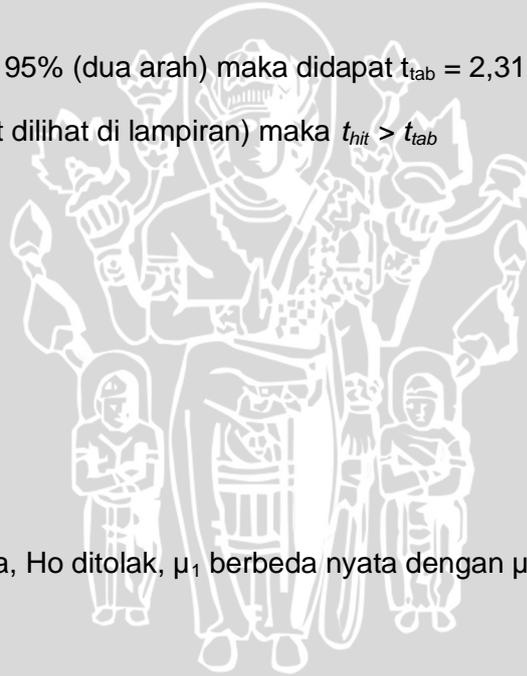
$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{32,8 - 12,8}{6,8 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = \frac{20}{4,284} = 4,67$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 8$$

selang kepercayaan = 95% (dua arah) maka didapat  $t_{\text{tab}} = 2,31$

(tabel distribusi t dapat dilihat di lampiran) maka  $t_{\text{hit}} > t_{\text{tab}}$

Maka,  $H_0$  ditolak,  $\mu_1$  berbeda nyata dengan  $\mu_2$



Lampiran 6. Tabel Distribusi Nilai t (Sudjana, 2002)

Lampiran 7. Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Google, 2004)



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Lampiran 8. Dokumentasi



Salah satu saluran pembuangan lumpur PT. Lapindo ke badan sungai

