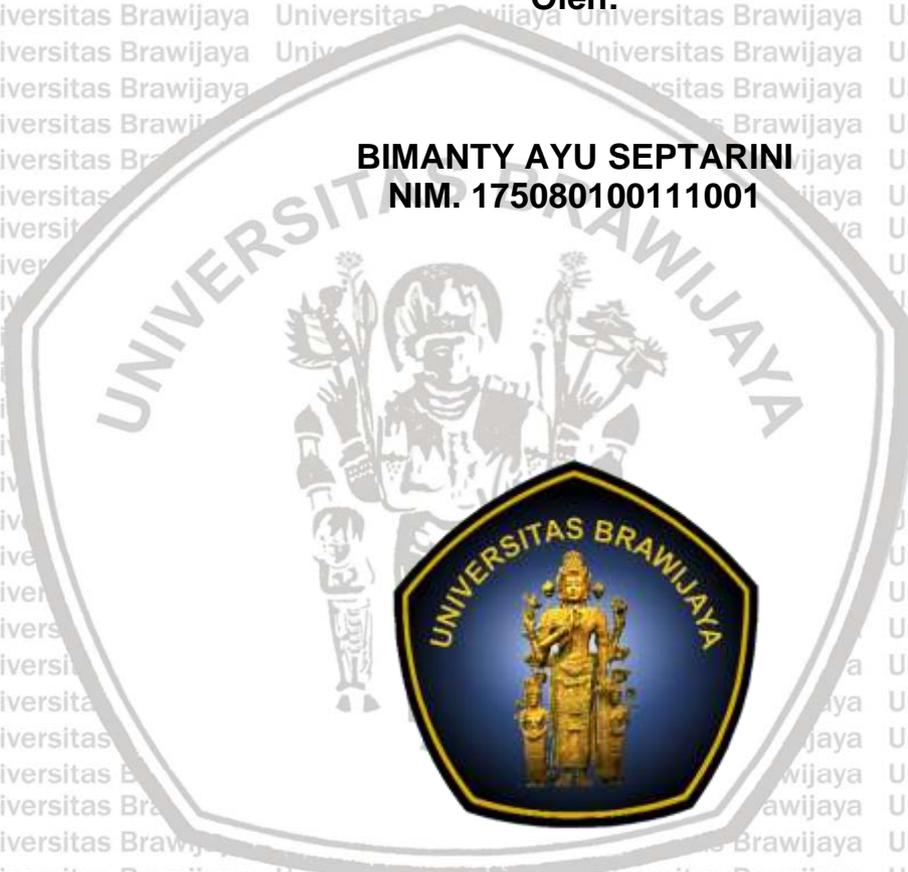


**ANALISIS KESEHATAN LINGKUNGAN PERAIRAN  
BERDASARKAN PROFIL HEMOSIT PADA GASTROPODA  
*Pomacea canaliculata* DI ALIRAN SUNGAI BRANTAS KOTA  
SURABAYA JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

Oleh:

**BIMANTY AYU SEPTARINI  
NIM. 175080100111001**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**2021**

**ANALISIS KESEHATAN LINGKUNGAN PERAIRAN  
BERDASARKAN PROFIL HEMOSIT PADA GASTROPODA  
*Pomacea canaliculata* DI ALIRAN SUNGAI BRANTAS KOTA  
SURABAYA JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**BIMANTY AYU SEPTARINI  
NIM. 175080100111001**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**2021**

**SKRIPSI**

**ANALISIS KESEHATAN LINGKUNGAN PERAIRAN BERDASARKAN PROFIL  
HEMOSIT PADA GASTROPODA *Pomacea canaliculata* DI ALIRAN SUNGAI  
BRANTAS KOTA SURABAYA JAWA TIMUR**

Oleh:

**BIMANTY AYU SEPTARINI  
NIM. 175080100111001**

Telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 6 Juli 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dosen Pembimbing 1**



**Ir. Kusriani, MP**  
**NIP. 19560417 198403 2 001**  
**Tanggal: 7/13/2021**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing 2**



**Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP**  
**NIP. 19720529 200312 1 001**  
**Tanggal: 7/13/2021**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan**

**Manajemen Sumber Daya Perairan**



**Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP.**  
**NIP. 19680919 200501 1 001**  
**Tanggal: 7/13/2021**



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Dengan ini Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bimanty Ayu Septarini

NIM : 175080100111001

Judul skripsi : Analisis Kesehatan Lingkungan Perairan Berdasarkan Profil

Hemosit pada Gastropoda *Pomacea canaliculata* di Aliran

Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan Skripsi ini berdasarkan hasil kegiatan, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri baik untuk naskah, tabel, gambar maupun ilustrasi lainnya yang tercantum sebagai bagian dari laporan ini. Jika terdapat karya/pendapat/informasi dari orang lain, maka saya telah mencantumkan sumber yang jelas dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Brawijaya, Malang. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, Juni 2021

Bimanty Ayu Septarini  
NIM. 175080100111001

## IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Analisis Kesehatan Lingkungan Perairan Berdasarkan Profil Hemosit pada Gastropoda *Pomacea canaliculata* di Aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur  
Nama : Bimanty Ayu Septarini  
NIM : 175080100111001  
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

## PENGUJI PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ir. Kusriani, MP.  
Pembimbing 2 : Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP.

## PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si.  
Dosen Penguji 2 : Evellin Dewi Lusiana, S.Si., M.Si.  
Tanggal Ujian : 6 Juli 2021



## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya sebagai penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan doa dan materi.
2. Ibu Ir. Kusriani, MP. dan Bapak Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan.
3. Bapak Gendut warga Kelurahan Jagir yang selalu membantu saat penelitian di lapang.
4. Ibu Titin dan Ibu Iwin selaku laboran yang selalu membantu saat penelitian di laboratorium.
5. Teman satu tim dibawah bimbingan Ibu Ir. Kusriani, MP. dan Bapak Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP. yang selalu saling memberi semangat dan berkeluh kesah selama penulis menyelesaikan laporan.
6. Semua teman Eridanus MSP Angkatan 2017 yang selalu membantu dan mendukung penulis hingga tahap ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama rangkaian penelitian skripsi ini.

## RINGKASAN

**Bimanty Ayu Septarini.** Analisis Kesehatan Lingkungan Perairan Berdasarkan Profil Hemosit pada Gastropoda *Pomacea canaliculata* di Aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur (dibimbing oleh **Ir. Kusriani, MP.** dan **Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP.**)

Sungai Brantas merupakan sungai kebanggaan Jawa Timur yang bermata air di Kota Batu yang alirannya melewati 17 kabupaten/kota diantaranya Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang dan Mojokerto. Namun kini kondisi Sungai Brantas cukup memprihatinkan akibat adanya masukan limbah yang terjadi. Gastropoda merupakan salah satu hewan yang dapat dijadikan sebagai bioindikator karena memiliki toleransi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda-beda. *Pomacea canaliculata* atau yang biasa dikenal sebagai Keong Mas memiliki persebaran yang sangat luas di Indonesia, salah satunya di Surabaya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis profil hemosit *Pomacea canaliculata* dalam rangka untuk menduga pencemaran di aliran Sungai Brantas Kota Surabaya. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif. Sampel *Pomacea canaliculata* diambil dari Sungai Jagir pada 3 stasiun yang berbeda dengan jarak 50 m antar stasiunnya. Tiap-tiap stasiun diambil 3 ekor dengan 2 kali pengulangan. Dilakukan pengukuran parameter kualitas air sebagai data pendukung. Hasil dari pengukuran parameter kualitas air yaitu suhu berkisar 29°C - 30°C; TSS berkisar antara 166 mg/L – 183 mg/L; pH berkisar antara 6,9 – 7,3; DO berkisar 4,7 mg/L – 6,9 mg/L; BOD berkisar antara 4,95 mg/L – 6,86 mg/L dan amoniak berkisar antara 0,754 mg/L – 0,895 mg/L. Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran, Sungai Jagir berada pada kategori tercemar ringan. Pengamatan hemosit *Pomacea canaliculata* didapatkan hasil THC sebesar 59 – 64 x 10<sup>4</sup> sel/ml; DHC sel hyalinosit sebesar 57,58% - 65,8%; DHC sel semi-granulosit sebesar 21,37% - 32,08% dan DHC sel granulosit sebesar 10,35% - 14,8%. Hasil analisis CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) menunjukkan bahwa THC dan sel hyalinosit dipengaruhi oleh 6 variabel parameter kualitas air dengan konsentrasi sedang hingga tinggi. Sel semi-granulosit dipengaruhi 6 variabel parameter kualitas air dengan konsentrasi sedang hingga rendah dan sel granulosit dipengaruhi DO dan suhu dengan konsentrasi sedang hingga tinggi, amoniak dan BOD dengan konsentrasi sedang, pH dan TSS dengan konsentrasi sedang hingga rendah. Berdasarkan hasil yang didapatkan melalui analisis kualitas air menggunakan metode Indeks Pencemaran dan pengamatan hemosit *Pomacea canaliculata* yang dilakukan di Sungai Jagir dalam rangka untuk menganalisis kesehatan lingkungan perairan dapat dinyatakan bahwa Sungai Jagir berada dalam keadaan tercemar. Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan yang lebih serius dari pemerintah maupun masyarakat sekitar sungai.

## SUMMARY

**Bimanty Ayu Septarini.** Analysis of Aquatic Environment Health Based on Haemocyte Profiles in Gastropod *Pomacea canaliculata* in the Brantas River, Surabaya City, East Java (under the guidance of **Ir. Kusriani, MP.** and **Dr. Asus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP.**)

---

The Brantas River is the river of East Java with springs in Batu City whose flow passes through 17 districts/cities including Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang and Mojokerto. But now the condition of the Brantas River is quite alarming due to the input of waste. Gastropods are one of the animals that can be used as bioindicators because they have a tolerance to different environmental conditions. *Pomacea canaliculata* or commonly known as Keong Mas has a very wide distribution in Indonesia, one of which is in Surabaya. The purpose of this study was to analyze the haemocyte profile of *Pomacea canaliculata* to predict pollution in the Brantas River in Surabaya City. This research was conducted using a descriptive method. *Pomacea canaliculata* samples were taken from the Jagir River at 3 different stations with a distance of 50 m between stations. From each station, 3 snails were taken with 2 repetitions. Water quality parameters were measured as supporting data. The results of the measurement of water quality parameters are temperatures ranging from 29°C - 30°C; TSS ranged from 166 mg/L – 183 mg/L; pH ranged from 6.9 – 7.3; DO ranges from 4.7 mg/L – 6.9 mg/L; BOD ranged from 4.95 mg/L – 6.86 mg/L and ammonia ranged from 0.754 mg/L – 0.895 mg/L. Based on the analysis using the Pollution Index method, the Jagir River is in the slightly polluted category. Observation of *Pomacea canaliculata* haemocytes showed THC results of 59 – 64 x 10<sup>4</sup> cells/ml; DHC hyalinocyte cells by 57.58% - 65.8%; DHC of semi-granulocyte cells was 21.37% - 32.08% and DHC of granulocyte cells was 10.35% - 14.8%. The results of the CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) analysis showed that THC and hyalinocyte cells were influenced by 6 water quality parameter variables with moderate to high concentrations. Semi-granulocyte cells are affected by 6 variables of water quality parameters with moderate to low concentrations and granulocyte cells are affected by DO and temperature with moderate to high concentrations, ammonia and BOD with moderate concentrations, pH and TSS with moderate to low concentrations. Based on the results obtained through analysis of water quality using the Pollution Index method and observations of *Pomacea canaliculata* haemocytes conducted in the Jagir River to analyze the health of the aquatic environment, it can be stated that the Jagir River is in a polluted state. Therefore, there is a need for more serious management from the government and the community around the river.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT atas semua nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul **“Analisis Kesehatan Lingkungan Perairan Berdasarkan Profil Hemosit pada Gastropoda *Pomacea canaliculata* di Aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur”**. Penulisan Laporan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Perikanan Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Segala kegiatan yang bersangkutan dengan pembuatan Laporan Skripsi ini dibimbing oleh Dr. Agus Maizar Suryanto H., S.Pi., MP. selaku Dosen Pembimbing.

Penulis menyadari bahwa usulan ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan dari segala aspek, baik dalam tata cara penulisan maupun dalam penggunaan tata bahasa yang kurang tepat di dalamnya. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat dijadikan sebagai pengalaman dan pengetahuan pada masa yang akan datang. Akhir kata, semoga Laporan Skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat bagi semua pembaca.

Malang, Juni 2021

Bimanty Ayu Septarini

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Waktu dan Tempat.....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Gastropoda.....	6
2.1.1 Klasifikasi.....	6
2.1.2 Morfologi.....	6
2.1.3 Anatomi.....	8
2.1.4 Fisiologi.....	10
2.1.5 Makanan dan Kebiasaan Makan.....	12
2.1.6 Habitat.....	13
2.2 Hemosit.....	14
2.3 Respon Imun Gastropoda terhadap Bahan Pencemar.....	15
2.4 Parameter Kualitas Air.....	17
2.4.1 Parameter Fisika.....	17
2.4.2 Parameter Kimia.....	19
<b>3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>24</b>
3.1 Materi Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian.....	24
3.4 Penentuan Stasiun.....	25
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.6 Analisis Data.....	30
3.6.1 Indeks Pencemaran (IP).....	30
3.6.2 CCA ( <i>Canonical Correspondence Analysis</i> ).....	32
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	33
4.1.1 Lokasi Penelitian.....	33
4.1.2 Stasiun 1.....	33
4.1.3 Stasiun 2.....	34
4.1.4 Stasiun 3.....	35
4.2 Analisis Kualitas Air.....	35
4.2.1 Parameter Fisika.....	36

4.2.2	Parameter Kimia.....	39
4.3	Indeks Pencemaran.....	45
4.4	Hasil Analisis <i>Total Hemocyte Count</i> (THC) Gastropoda <i>Pomacea canaliculata</i> .....	46
4.5	Hasil Analisis <i>Differential Hemocyte Count</i> (DHC) Gastropoda <i>Pomacea canaliculata</i> .....	49
4.6	CCA ( <i>Canonical Correspondence Analysis</i> ).....	53
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	57
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>58</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Metode Indeks Pencemaran	32
2. Alat dan Kegunaannya	66
3. Bahan dan Kegunaannya	67
4. Hasil Pengukuran Kualitas Air	69
5. Hasil THC ( <i>Total Haemocyte Count</i> ) <i>Gastropoda Pomacea canaliculata</i>	70
6. Hasil DHC ( <i>Differential Haemocyte Count</i> ) <i>Gastropoda Pomacea canaliculata</i>	71
7. Hasil Pengukuran Panjang <i>Pomacea canaliculata</i>	72
8. Pengukuran Panjang-Berat <i>Pomacea canaliculata</i> (Chaichana & Sumpun, 2014)	72
9. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur Perumusan Masalah.....	4
2. <i>Pomacea canaliculata</i> (A) (GBIF 2021), (B) (Dokumentasi Pribadi 2021).....	6
3. Morfologi Cangkang Gastropoda (Pechenik, 1991).....	7
4. Cangkang <i>P. canaliculata</i> (Isnainingsih & Marwoto, 2011).....	8
5. Anatomi Gastropoda (Brown & Lydeard, 2010).....	9
6. (A) Hyalinosit, (B) Semi Granulosit dan (C) Granulosit (Hertika et al., 2021).....	15
7. Respon Imun Gastropoda (Pila et al., 2017).....	17
8. Nilai DO Jenuh (Boyd, 1984).....	31
9. Stasiun 1 (Dokumentasi Pribadi, 2021).....	34
10. Stasiun 2 (Dokumentasi Pribadi, 2021).....	34
11. Stasiun 3 (Dokumentasi Pribadi, 2021).....	35
12. Hasil Pengukuran Suhu (°C).....	36
13. Hasil Pengukuran TSS (mg/L).....	38
14. Hasil Pengukuran pH.....	39
15. Hasil Pengukuran DO (mg/L).....	41
16. Hasil Pengukuran BOD (mg/L).....	42
17. Hasil Pengukuran NH <sub>3</sub> (mg/L).....	44
18. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran.....	46
19. Pengamatan THC <i>Pomacea canaliculata</i> (Dokumentasi Pribadi, 2021).....	47
20. Hasil Pengamatan THC.....	48
21. Hasil Pengamatan (A) Hyalinosit, (B) Semi-Granulosit, (C) Granulosit.....	49
22. Hasil Pengamatan DHC Sel Hyalinosit.....	50
23. Hasil Pengamatan DHC Sel Semi-Granulosit.....	51
24. Hasil Pengamatan DHC Sel Granulosit.....	52
25. Triplot Analisis CCA Kualitas Air dengan THC dan DHC <i>Pomacea canaliculata</i> .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan	66
2. Lokasi Penelitian	68
3. Data Hasil Pengukuran Kalitas Air	69
4. Data Hasil THC ( <i>Total Haemocyte Count</i> ) Gastropoda <i>Pomacea canaliculata</i>	70
5. Data Hasil DHC ( <i>Differential Haemocyte Count</i> ) Gastropoda <i>Pomacea canaliculata</i>	71
6. Data Hasil Pengukuran Panjang <i>Pomacea canaliculata</i>	72
7. Data Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran	73
8. Dokumentasi Penelitian	76



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai Brantas merupakan sungai terpanjang ke-2 di Pulau Jawa setelah Sungai Bengawan Solo yang keberadaannya sangat krusial. Memiliki mata air yang terletak di Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Sungai Brantas mengalir sepanjang 320 km melingkari Gunung Kelud. Dengan DAS (Daerah Aliran Sungai) seluas 12.000 km<sup>2</sup> atau  $\frac{1}{4}$  dari seluruh luas Jawa Timur (Muslim *et al.*, 2020), Sungai Brantas menjadi penopang aktivitas masyarakat. Sebanyak 2,6 – 3,0 miliar m<sup>3</sup> potensi air permukaan pertahun yang dimanfaatkan dari keseluruhan potensi yaitu 12 miliar m<sup>3</sup> (Lusiana *et al.*, 2020).

Pencemaran di Sungai Brantas cukup memprihatinkan hingga menempati urutan ke-6 sungai paling tercemar di dunia (Muslim *et al.*, 2020). Pencemaran tersebut berasal dari limbah cair kegiatan domestik, pertanian maupun industri yang masuk ke badan sungai. Selain limbah cair, terdapat juga penumpukan limbah padat yang dapat menyebabkan berbagai permasalahan. Diantaranya yaitu semakin berkurangnya ikan yang hidup di sungai dan bencana banjir pada musim hujan. Alih fungsi lahan yang terdapat di hulu mengakibatkan hilangnya beberapa mata air, kerusakan lingkungan sungai serta debit air menurun.

Penelitian ini dilakukan di Sungai Jagir, Kelurahan Jagir, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya. Lokasi penelitian didominasi oleh area pemukiman warga yang limbahnya berpotensi mencemari sungai. Selain pemukiman juga terdapat beberapa industri yang berada di sekitar bantaran sungai. Industri tersebut kerap kali membuang limbahnya secara berkala ke badan sungai yang menyebabkan pencemaran hingga kematian ikan-ikan yang hidup di sungai.

Gastropoda termasuk dalam filum *Mollusca* yang bergerak menggunakan otot perut serta memiliki cangkang berbentuk kerucut terpilin. Persebarannya sangat luas, mulai dari daratan hingga laut dalam. Pada lingkungan perairan, gastropoda merupakan salah satu fauna pembentuk ekosistem bentik (Rahmasari *et al.*, 2015). Gastropoda memiliki peranan penting dalam siklus rantai makanan yaitu sebagai *detritus feeder* (pemakan detritus) (Saripantung *et al.*, 2013) dan penyedia makanan bagi hewan lain. Bagi manusia, gastropoda dapat menjadi sumber protein dengan memanfaatkan dagingnya serta cangkangnya bernilai ekonomis tinggi untuk kerajinan tangan pada jenis tertentu. Selain karena pemangsa, keberadaan gastropoda di alam juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Gastropoda dapat dijadikan sebagai bioindikator karena memiliki toleransi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda-beda (Purnama *et al.*, 2011).

*Pomacea canaliculata* yang di Indonesia biasa disebut dengan Keong Mas merupakan salah satu jenis gastropoda yang dapat hidup pada habitat yang bervariasi. Kemampuan adaptasinya yang tinggi dapat membuat keong ini bertahan hidup pada lingkungan kering sekalipun (Isnainingsih & Marwoto, 2011).

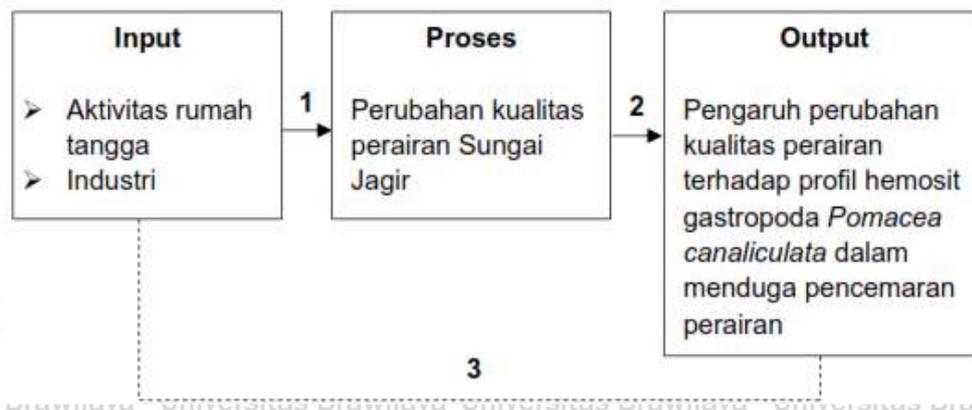
*P. canaliculata* merupakan salah satu spesies makhluk hidup perairan yang dapat dijadikan sebagai bioindikator. Hal tersebut dikarenakan *P. canaliculata* memiliki ciri-ciri yang sesuai dengan syarat organisme dapat dijadikan bioindikator yaitu diantaranya: mobilitas hidupnya rendah dan cenderung menetap serta dapat ditemukan dalam jumlah yang banyak (Sagita *et al.*, 2017).

Hemosit merupakan sel darah yang memiliki peran penting dalam sistem pertahanan tubuh. Meningkatnya sel hemosit menandakan kekebalan tubuh yang meningkat juga karena adanya aktivitas fagositosis. Fagositosis adalah proses seluler untuk melindungi diri dari adanya *pathogen* (Putri *et al.*, 2013). Selain untuk kekebalan tubuh, hemosit berfungsi pada homeostasis darah dan penyembuhan luka, pembentukan serta perbaikan cangkang, pencernaan nutrisi maupun

ekskresi (Cueto *et al.*, 2015). Hemosit pada gastropoda dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis sel, yaitu hyalinosit, semi granulosit dan granulosit (Hertika *et al.*, 2021). THC (*Total Hemocyte Count*) dan DHC (*Differential Hemocyte Count*) merupakan parameter imun yang diambil dari hemolimfa organisme. Nilai THC dan DHC dipengaruhi oleh faktor internal individu dan faktor eksternal yang berasal dari lingkungan (Prastowo *et al.*, 2020). Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai profil hemosit Gastropoda *Pomacea canaliculata* pada aliran Sungai Brantas Kota Surabaya guna mengetahui kondisi kesehatan lingkungan aliran sungai.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perairan sungai yang tercemar akibat buangan aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga dan industri dapat mengganggu fungsi sungai sebagai sumber air utama bagi manusia maupun organisme perairan. Masyarakat di sekitar sungai sebaiknya segera merubah kebiasaan untuk membuang sampah dan limbahnya ke dalam sungai, agar ekosistem sungai tetap terjaga. Pencemaran yang terjadi pada perairan sungai mempengaruhi sistem imun organisme yang hidup di dalamnya. Salah satu organisme tersebut adalah gastropoda *Pomacea canaliculata* yang dapat dilihat dari hemositnya. Pengaruh pencemaran terhadap hemosit *P. canaliculata* dapat dilihat pada **Gambar 1**



Gambar 1. Alur Perumusan Masalah

**Keterangan:**

1. Limbah aktivitas manusia yang dibuang ke badan sungai dapat mempengaruhi kualitas perairannya.
2. Baku mutu perairan menurun serta ekosistem di dalamnya terganggu seiring paparan limbah yang terjadi.
3. Pengaruh parameter kualitas air faktor fisika (suhu dan TSS) serta kimia (pH, DO, BOD dan amoniak) terhadap profil hemosit *Pomacea canaliculata* untuk biomarker kesehatan perairan.

Perumusan masalah dalam penelitian ini secara ringkas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi perairan aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur?
2. Bagaimana profil hemosit *Pomacea canaliculata* dalam rangka untuk menduga pencemaran di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur?
3. Bagaimana hubungan parameter kualitas air faktor fisika (suhu dan TSS) serta kimia (pH, DO, BOD dan amoniak) terhadap profil hemosit *Pomacea canaliculata* dalam menduga pencemaran di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Menganalisis kualitas perairan aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur.
- b. Menganalisis profil hemosit *Pomacea canaliculata* dalam rangka untuk menduga pencemaran di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur.
- c. Menganalisis hubungan parameter kualitas air faktor fisika (suhu dan TSS) serta kimia (pH, DO, BOD dan amoniak) terhadap profil hemosit *Pomacea canaliculata* dalam menduga pencemaran di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi perairan melalui gambaran THC dan DHC pada gastropoda *Pomacea canaliculata* yang tertangkap agar dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengkaji keadaan lingkungan sehingga mengoptimalkan potensi yang ada di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya Jawa Timur.

### 1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei 2021, yang bertempat di Laboratorium Penyakit dan Parasit Ikan serta Laboratorium Perikanan Air Tawar Sumber Pasir, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Pengambilan sampel dilaksanakan di Sungai Jagir, Kelurahan Jagir, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gastropoda

#### 2.1.1 Klasifikasi

Klasifikasi *Pomacea canaliculata* Lamarck 1822 (GBIF, 2021) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Phylum : Mollusca

Class : Gastropoda

Order : Architaenioglossa

Family : Ampullariidae

Genus : *Pomacea*

Species : *Pomacea canaliculata*



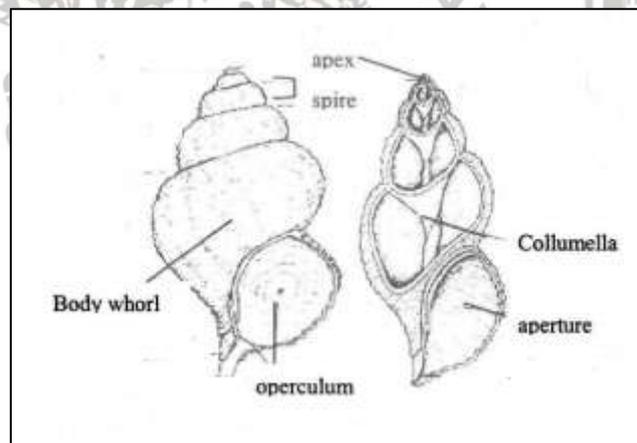
Gambar 2. *Pomacea canaliculata* (A) (GBIF 2021), (B) (Dokumentasi Pribadi 2021)

#### 2.1.2 Morfologi

Gastropoda berasal dari Bahasa Yunani, yaitu Gaster yang berarti perut dan Podos yang berarti kaki, sehingga gastropoda dapat diartikan sebagai hewan yang berjalan menggunakan perut. Umumnya, gastropoda lebih dikenal sebagai bekicot atau siput. Gastropoda memiliki cangkang sehingga menyebabkan bentuk

tubuhnya mengikuti bentuk cangkang tersebut Terdapat 3 lapisan pada cangkang gastropoda, yaitu periostracum yang terbuat dari konkiolin, lapisan peristmatik yang terbuat dari kalsit atau arragonit dan lapisan mutiara yang terbuat dari Ca. Namun ada juga gastropoda yang tidak memiliki cangkang, mereka disebut dengan siput telanjang (Oktavia, 2018).

Cangkang gastropoda berbentuk spiral piramid seperti konde, terpilin melingkar dari arah kanan maupun kiri. Bagian paling bawah dari spiral piramid cangkang disebut *body whorl*. Semakin ke atas, pilinan menuju *apex* disebut *spire*, sedangkan *apex* merupakan puncak spiral cangkang gastropoda. Ruang tempat bernaungnya individu disebut dengan *aperture* dengan tutup pelindung yang disebut *operculum*. Di dalam cangkang terdapat ruang disebut *collumella* yang berfungsi untuk memilin tubuh lunak individu gastropoda (Karyanto *et al.*, 2004).



**Gambar 3.** Morfologi Cangkang Gastropoda (Pechenik, 1991)

Cangkang *P. canaliculata* bervariasi antara kuning hingga cokelat yang sama antara bagian luar dan dalam. Beberapa terdapat sulur berwarna cokelat tua yang melingkar hingga tepi cangkang. Mulut cangkang berbentuk lonjong yang agak meruncing pada bagian atasnya. Ukuran cangkang *P. canaliculata* yang berada di Pulau Jawa relatif lebih kecil daripada spesimen yang berasal dari luar Pulau Jawa.

Spesimen yang hidup di sungai juga memiliki cangkang yang lebih kecil dibanding

spesimen yang hidup di habitat lain karena pertumbuhan cangkang ini dipengaruhi oleh ketersediaan pakan, predator dan habitat (Isnainingsih & Marwoto, 2011).

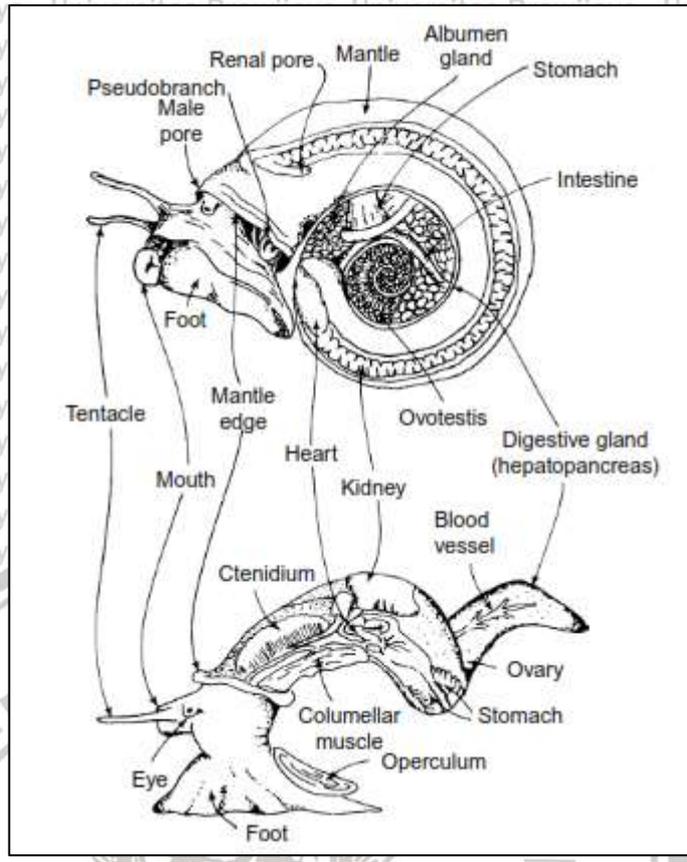


**Gambar 4.** Cangkang *P. canaliculata* (Isnainingsih & Marwoto, 2011)

### 2.1.3 Anatomi

Bagian lunak gastropoda terdiri dari kepala, kaki, massa viseral, dan mantel.

Mata gastropoda berada di dasar tentakelnya, namun ada juga yang berada di ujung tentakel. Memiliki kaki yang berotot dilengkapi dengan silia dan epitel sekretori untuk mengeluarkan lendir sebagai penggerak, serta otot pedal yang menghasilkan gelombang kontraksi untuk mendorong tubuh ke depan. Punuk visceral mencakup sebagian besar organ pencernaan dan reproduksi. Mantel menutupi massa visceral dan mendasari cangkang. Mantel anterior yang berada di atas kepala memiliki rongga mantel dimana insang atau ctenidium terletak (Brown & Lydeard, 2010).



**Gambar 5.** Anatomi Gastropoda (Brown & Lydeard, 2010)

Dorsal (kaki perut) gastropoda memiliki bagian keras yang disebut operculum. Operculum sudah ada sejak lahir, karena terbentuk pada saat gastropoda masih embrionik. Operculum yang keras terbuat dari bahan tanduk (*corneus*) dan berbahan *calcareous* jika sangat keras. Dalam perkembangannya operculum terbagi menjadi dua pola, yaitu konsentris dan spiral. Bentuk spiral operculum terbagi lagi menjadi dua, yaitu paucispiral yang memiliki sedikit gulir dan multispiral yang memiliki banyak gulir. Operculum pada gastropoda memiliki lapisan yang disebut lapisan adventisius dan dapat digunakan untuk melihat usia gastropoda tersebut (Zahida & Subagja, 2010).

## 2.1.4 Fisiologi

### a. Sistem Pernapasan

Gastropoda bernapas menggunakan insang atau yang bisa disebut dengan ctenidium. Ctenidium biasanya berada di rongga mantel, memiliki pelat segitiga seperti daun yang kaya akan pembuluh darah. Darah miskin oksigen melewati pelat ke arah berlawanan dengan arus air yang kaya oksigen (dihasilkan oleh silia ctenidal). Mekanisme arus berlawanan ini memastikan difusi oksigen dari air ke dalam darah. Beberapa gastropoda kehilangan insangnya selama fase terestrial menengahnya dan memiliki kantong vaskularisasi pada mantel yang digunakan sebagai paru-paru. Gastropoda ini akan mengandalkan pernapasan permukaan atau memiliki kapasitas terbatas untuk transfer oksigen melalui jaringan epitelnya (Brown & Lydeard, 2010).

### b. Sistem Reproduksi

Gastropoda *dioecious* (jantan dan betina berada pada individu yang berbeda) biasanya menggunakan tentakel kanan yang membesar sebagai organ kopulatoris, ada yang memiliki penis khusus atau tidak memiliki organ kopulatoris sama sekali. Telur gastropoda biasanya diletakkan pada suatu tempat atau dibiarkan menetas dan berkembang di lipatan mantel anterior (saluran telur pallial) kemudian dilahirkan. Gastropoda yang *monoecious* (jantan dan betina berada pada satu individu), sperma dan telurnya diproduksi di ovotestis dan keluar melalui duktus hermafrodit. Telur dibuahi di saluran hermafrodit oleh sperma individu yang sama atau oleh sperma dari individu lain di dekat persimpangan saluran hermafrodit dan saluran telur. Selaput telur eksternal kemudian disekresikan di saluran telur. Telur diletakkan dalam wadah telur seperti agar-agar dan menempel pada tanaman atau batu (Brown & Lydeard, 2010).

*P. canaliculata* merupakan keong gonokoristik (jantan dan betina berada pada individu yang berbeda) tetapi juga terdapat kemungkinan bahwa mereka hermaprodit protandri (perubahan gonad dari fase jantan ke fase betina). *P. canaliculata* menunjukkan dimorfisme seksual sekunder dalam ukuran, bentuk dan berat cangkang. Salah satu contohnya betina tumbuh lebih besar daripada jantan. Hal tersebut berhubungan erat dengan fekunditas dan ukuran telur, sehingga betina yang besar memungkinkan dapat meningkatkan jumlah dan kualitas keturunan. Betina *P. canaliculata* dapat bertelur dari 1.316 hingga 10.869 telur per individu (Estebenet & Martín, 2002).

#### c. Sistem Pencernaan

Makanan dibawa ke dalam mulut dengan gerakan memarut dari radula yaitu sebuah struktur seperti kikir yang bertumpu pada tulang rawan (*odontophore*). Ketika radula memanjang, ia menyentuh substratum dan partikel alga terkikis ketika radula kembali ke dalam mulut. Radula juga bisa melumat partikel makanan dengan menggilingnya. Kerongkongan panjang mengarah ke perut dan terletak di massa viseral. Enzim pencernaan diproduksi oleh kelenjar pencernaan yaitu hepatopankreas. Pencernaan juga terjadi secara intraseluler di hepatopankreas dan siput adalah salah satu dari sedikit kelompok hewan yang memiliki selulase untuk merusak dinding sel alga (Brown & Lydeard, 2010).

#### d. Sistem Peredaran Darah

Bagian punggung *P. canaliculata* menutupi ruang ginjal dan usus melingkar. Ginjalnya berupa organ epitel berbentuk baret pada permukaan tubuh, terletak tepat di belakang ureter dan rongga mantel. Darah dari sinus kepala dan kaki dialirkan ke ginjal oleh satu pembuluh darah aferen yang mensuplai ureter lalu bercabang menjadi beberapa pada ventral ginjal. Cabang-cabang ventral ini mengeluarkan beberapa pembuluh darah kecil tegak lurus yang kemudian mengalir di antara kriptus ginjal. Pembuluh darah yang lebih kecil serta cabang

ventral memiliki dinding yang berbeda dan terlepas dalam sistem sinus yang saling berhubungan. Epitel kriptus ginjal terdiri dari sel-sel mikrovili, yang juga menutupi pembuluh aferen dan eferen yang mensuplai darah ke organ. Akhirnya, darah dari sinus ginjal berkumpul pada beberapa pembuluh drainase besar dan berdinding tipis lalu keluar dari vena eferen ginjal dan berakhir di jantung (Rodriguez *et al.*, 2018).

#### e. Sistem Ekskresi

Gastropoda memiliki epidermis permeabel yang bergantung pada aliran air osmotik dari lingkungan hipo-osmotiknya. Jadi mereka harus memompa kelebihan air ke dalam urin mereka. Selom gastropoda merupakan rongga kecil (perikardium) yang mengelilingi jantung. Cairan selom sebagian besar merupakan filtrat darah, mengandung molekul limbah seperti amonia yang disaring melintasi dinding jantung. Limbah tambahan secara aktif disekresikan ke dalam selom oleh dinding perikardium. Cairan selom kemudian memasuki tubulus metanephridial (coelomoduct) di mana resorpsi garam selektif dan sekresi limbah lebih lanjut terjadi. Urine kemudian dibuang ke rongga mantel. Gastropoda air tawar mengeluarkan nitrogen sebagai amonia dan sebagai urea (Brown & Lydeard, 2010).

#### 2.1.5 Makanan dan Kebiasaan Makan

Gastropoda epifauna atau yang hidup di permukaan sedimen memakan biomassa epifit, sedangkan gastropoda infauna atau gastropoda yang hidup memendamkan diri di dalam sedimen akan memakan seresah yang berada di sedimen. Di dalam rantai makanan, komunitas gastropoda berperan penting dalam mensirkulasi zat-zat tersuspensi karena kebiasaannya memanfaatkan detritus dan seresah di dalam air (Hitalessy *et al.*, 2015). Detritivor meningkatkan trofik detritus yang awalnya pada tingkat rendah energi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Selain

itu, peran gastropoda dalam rantai makanan adalah sebagai *deposit feeder*, *scavenger*, karnivora, herbivora (*grazer*) maupun parasit (Ira *et al.*, 2015).

*P. canaliculata* adalah keong yang bersifat polifagus (memakan lebih dari satu jenis tumbuhan), memakan tumbuhan, detritus dan bahkan hewan. Mereka bersifat makrofitofagus, yaitu lebih menyukai tanaman terapung atau terendam daripada yang muncul ke permukaan air. Keong yang kekurangan makanan dapat berpuasa selama beberapa hari dengan mengandalkan cadangan endogen dan lipoprotein yang diserap dari cairan perivitelin. Keong muda memakan detritus maupun alga dan mereka mulai menyerang tanaman yang lebih tinggi ketika ukurannya mencapai 15 mm (Estebenet & Martín, 2002).

#### 2.1.6 Habitat

Gastropoda dapat ditemukan di perairan laut, tawar maupun darat dan merupakan satu-satunya moluska yang hidup di area terrestrial. Habitat gastropoda umumnya tanah berlumpur dengan aliran air cukup deras. Gastropoda hidup dengan menguburkan diri atau menempel pada substrat serta dengan minim pergerakan, cenderung menetap. Pada area persawahan gastropoda menempel pada padi dan menjadi hama. Gastropoda yang hidup pada perairan laut akan menempel pada terumbu karang, berada di laut dangkal maupun laut dalam. Gastropoda yang hidup di darat akan berada di tanah yang terdapat genangan air, seperti hutan bakau (Oktavia, 2018). Gastropoda dapat mengatur perubahan laju metabolisme akibat perubahan suhu dengan baik. Ia akan bermigrasi ke perairan yang lebih dalam pada saat musim gugur dan kembali ke habitat awalnya saat musim semi. Gastropoda juga akan memilih kondisi substrat yang lebih halus sebagai tempat tinggalnya (Brown & Lydeard, 2010).

*P. canaliculata* merupakan keong yang dapat beradaptasi pada lingkungan yang bervariasi, seperti pada darat maupun perairan, sawah, rawa danau dan

sungai. Umumnya, keong ini menyukai substrat berupa lumpur pada perairan yang dangkal. Di Indonesia sendiri, *P. canaliculata* memiliki persebaran dari Pulau Jawa hingga luar Pulau Jawa (Isnainingsih & Marwoto, 2011).

## 2.2 Hemosit

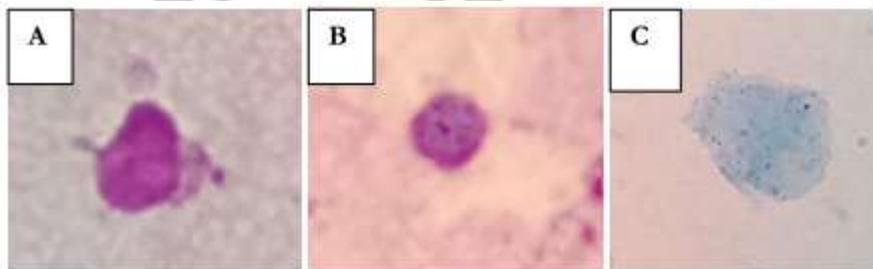
Hemolimfa atau darah mengalir serta memenuhi seluruh tubuh dan jaringan.

Di dalam hemolimfa terdapat cairan plasma, tempat sel-sel darah tersuspensi.

Cairan plasma mengandung banyak bahan kimia dan berfungsi untuk mempertahankan jaringan di dalam tubuh. Sedangkan hemolimfa berfungsi sebagai cadangan air guna dapat mempertahankan tingkat air di jaringan (Bay & Anggraeni, 2016). Di dalam hemolimfa terjadi proses pertahanan imun seperti fagositosis, enkapsulasi, koagulasi dan pembentukan nodul atau kapsul yang dilakukan oleh hemosit. Hemosit adalah elemen efektor utama reaksi pertahanan di gastropoda. Mereka terlibat dalam semua tahap reaksi pertahanan, identifikasi, isolasi dan eliminasi benda asing dan juga dalam memulihkan lingkungan internal moluska setelah reaksi pertahanan (Ataev *et al.*, 2016).

Peran lain dari hemosit diantaranya yaitu terlibat dalam penyembuhan luka, perbaikan saraf, pembentukan dan perbaikan cangkang, pembentukan kembali jaringan termasuk pelarutan gonad setelah pemijahan, dan pergerakan metabolit maupun nutrisi. Hemosit gastropoda juga terlibat dalam diapodesis, yaitu pergerakan bahan asing yang tertelan dan melintasi epitel eksternal atau usus (Loker, 2010). Imunostimulan yang masuk ke dalam tubuh akan meningkatkan aktifitas fagositosis. Imunostimulan merupakan zat asing yang akan merangsang peningkatan sistem imun saat berinteraksi langsung dengan sel-sel imun. Aktifitas fagositosis tersebut yang nantinya akan mempengaruhi jumlah hemosit di dalam hemolimfa (Putri *et al.*, 2013).

Ketika imunostimulan masuk ke dalam tubuh maka sistem imun akan meningkat dan kekebalan tubuh akan meningkat juga. Meningkatnya sistem imun ini dapat dilihat melalui jumlah THC (*Total Hemocyte Count*) dan DHC (*Differential Hemocyte Count*). THC merupakan jumlah hemosit dalam milliliter yang menunjukkan respon imun akibat adanya infeksi yang disebabkan oleh zat asing. DHC merupakan jenis hemosit serta jumlah hemosit granular dalam persen. Nilai THC dan DHC yang meningkat juga menunjukkan bahwa terdapat patogen di dalam tubuh (Rohmin *et al.*, 2017).



**Gambar 6.** (A) Hyalinosit, (B) Semi Granulosit dan (C) Granulosit (Hertika *et al.*, 2021)

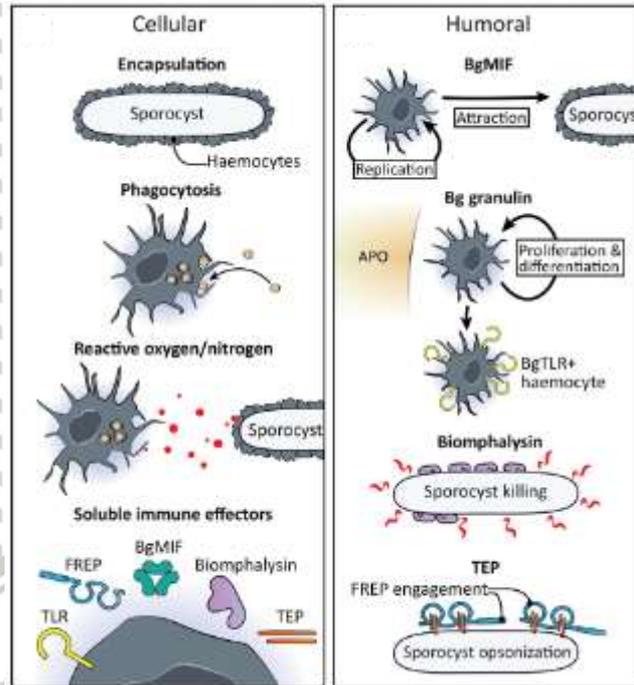
### 2.3 Respon Imun Gastropoda terhadap Bahan Pencemar

Bahan pencemar masuk ke dalam tubuh gastropoda melalui dua cara, yaitu melalui saluran pencernaan dan saluran pernapasan. Gastropoda mengambil makanannya menggunakan radula untuk kemudian dimasukkan ke dalam tubuh. Sedangkan pada sistem pernapasan, gastropoda yang hidup di air bernapas menggunakan insang. Insang akan menyaring air yang masuk untuk memisahkan oksigen dengan partikel lainnya (Pramana & Samino, 2014). Paparan yang cenderung dalam waktu lama akan menyebabkan bahan pencemar terakumulasi dan gastropoda mengalami keracunan kronik.

Secara umum, gastropoda memiliki ketahanan dan kemampuan beradaptasi yang besar. Dinamika resistensi dan kerentanan terhadap infeksi bergantung pada pengaruh berbagai faktor sistem imun bawaan moluska, yang melibatkan interaksi

respons seluler dan humoral. Dalam respon seluler, hemosit memainkan peran sentral dalam imunitas bawaan. Mereka adalah sel dengan morfologi yang bervariasi dan memiliki adhesi yang berbeda dalam membentuk proyeksi sitoplasma (filopodia atau pseudopodia) serta mem-fagositosis dan enkapsulasi patogen. Pada saat yang sama, pertahanan humoral dilakukan dengan memproduksi *Reactive Oxygen Species* (ROS), *Nitric Oxide* (NO), aktivitas enzimatik fenoloksidase, sekresi protein antimikroba spesifik untuk berbagai kategori patogen dan membangun respons sekunder yang efisien seperti melanisasi dan reaksi sitotoksik (Silva *et al.*, 2019).

Aktivitas pertahan diri juga terjadi akibat infeksi sporokista yang secara aktif dilakukan oleh hemosit. Aktivasi hemosit memicu produksi molekul sitotoksik seperti ROS. Produksi ROS yang dilakukan oleh NADPH-oksidadase dalam jumlah sedikit masih dapat membunuh sporokista. Selain itu terdapat hidrogen peroksida dan oksida nitrat yang membantu dalam pembunuhan sporokista pada gastropoda air tawar. Namun meskipun begitu, mekanisme yang tepat di mana hidrogen peroksida atau oksida nitrat membunuh sporokista belum ditentukan (Pila *et al.*, 2017).



Gambar 7. Respon Imun Gastropoda (Pila *et al.*, 2017)

## 2.4 Parameter Kualitas Air

### 2.4.1 Parameter Fisika

#### a. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang sangat penting untuk kehidupan organisme, dimana perubahan suhu mempengaruhi proses fisiologis dan biologis di dalam tubuh (Hasibuan *et al.*, 2018). Kenaikan suhu pada perairan mempengaruhi jumlah dan jenis organisme yang hidup di dalamnya. Suhu yang optimal untuk kelangsungan hidup organisme perairan yaitu 26°C – 30°C (Purwanto *et al.*, 2014). Kondisi suhu di suatu perairan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan, musim, garis lintang, sirkulasi udara, tutupan awan dan kedalaman air (Warman, 2015).

Habitat gastropoda berada pada kisaran suhu sebesar 28°C – 34°C. Suhu yang melebihi atau kurang dari batas toleransi tersebut dapat mengakibatkan metabolisme gastropoda menurun bahkan mengalami kematian (Hitalessy *et al.*,

2015). Peningkatan suhu juga akan meningkatkan laju metabolisme, namun jika suhu telah melewati suhu optimum maka laju metabolisme akan menurun hingga mencapai suhu yang mematikan. Pada organisme ektoterm penurunan laju metabolisme dapat menurunkan kinerja lainnya, seperti laju konsumsi dan laju respirasi karena asupan oksigen tidak cukup untuk menutupi kebutuhan energi yang meningkat. Selain itu, di bawah tekanan panas, organisme ektoterm akan menghasilkan *heat shock protein* dan akan mengurangi waktu makan, sehingga menurunkan tingkat metabolisme dan energi gastropoda (Suci *et al.*, 2019).

Suhu banyak dipelajari karena dapat mempengaruhi banyak proses fisiologis pada hewan, terutama ektoterm. Suhu dapat memengaruhi respons imun organisme meskipun efek suhu berbeda antar spesies (Matozzo & Marin, 2011).

Suhu mempengaruhi jumlah hemosit dalam tubuh organisme perairan, dimana meningkatnya suhu, hemosit dalam hemolimfa akan meningkat pula. Respons tersebut merupakan akibat dari kebutuhan serta kekuatan pompa jantung yang meningkat (Hartinah *et al.*, 2014).

#### **b. TSS (*Total Suspended Solid*)**

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan partikel di dalam air yang mengandung bahan organik, limbah, mikroorganisme maupun lanau. TSS dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas saring berukuran 0,042 mm.

Konsentrasi TSS dapat menentukan keseburan suatu perairan. Hal tersebut dikarenakan apabila nilai TSS tinggi maka perairannya keruh dan menghalangi sinar matahari yang masuk. Aktivitas fotosintesis yang terganggu menyebabkan

produksi oksigen akan berkurang dan organisme perairan dapat mengalami kematian (Wirasatriya, 2011). Nilai TSS dipengaruhi oleh parameter fisika dan kimia perairan seperti suhu, arus, kecerahan dan pH. Sungai bagian hilir akan memiliki nilai TSS yang tinggi karena adanya bahan organik yang terbawa arus (Arifelia *et al.*, 2017).

TSS dapat berasal dari zat padat seperti lumpur, tanah dan pasir; komponen biotik seperti bakteri, zooplankton, fitoplankton dan jamur maupun komponen biotik seperti detritus. Zat-zat tersebut menjadi tempat berlangsungnya reaksi kimia heterogen yang kemudian berfungsi sebagai endapan dan menghambat produksi zat organik. TSS secara langsung bisa mempengaruhi organisme perairan dimana partikel dapat tersaring di dalam insang (Rinawati *et al.*, 2016). Gastropoda dapat hidup dalam perairan dengan kekeruhan atau nilai TSS yang tinggi karena kandungan detritus dan bahan organik dalam TSS yang dapat dimanfaatkan. Kandungan senyawa seperti garam, natrium, kalium, magnesium, sulfat, karbonat, kalsium klorida, sebagian kecil unsur N dan P di dalam TSS dimanfaatkan gastropoda untuk pembentukan cangkang (Hamidah, 2015).

Nilai tinggi TSS yang diakibatkan dari erosi memiliki dampak buruk secara fisik berupa keruhnya kondisi perairan. Namun di saat yang bersamaan juga membawa dampak positif yaitu meningkatnya unsur hara yang sangat bermanfaat untuk vegetasi perairan (Surbakti, 2011). Baku mutu TSS untuk kualitas air menurut PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu 40 mg/L untuk air kelas 1, 50 mg/L untuk air kelas 2, 100 mg/L untuk air kelas 3 dan 400 mg/L untuk air kelas 4.

#### 2.4.2 Parameter Kimia

##### a. pH

Kestabilan suatu perairan dapat dilihat dari nilai pH-nya. Nilai pH menunjukkan log negatif dari ion *hydrogen* yang berada di perairan. Keberadaan organisme perairan sangat dipengaruhi oleh variasi nilai pH. Perairan tidak boleh terlalu asam maupun sangat basa karena akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi organisme perairan. Nilai pH ideal suatu perairan adalah 7 – 8,5. Nilai

pH pada perairan dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis organisme dan suhu (Hamuna *et al.*, 2018).

Sebagian besar moluska berkembang optimal pada kisaran nilai pH 7 – 8,5 (Wahyuni *et al.*, 2017). Gastropoda yang merupakan Filum moluska juga rentan terhadap pengasaman karena kalsium karbonat pada cangkangnya dapat terkikis apabila terkena pH rendah. Ion hidrogen yang berlebihan di perairan juga dapat mengganggu pembentukan cangkang. Moluska cenderung memiliki tingkat metabolisme yang lebih rendah dan tidak dapat dengan mudah mengimbangi gangguan pH. Dengan kondisi stres dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan reproduksi, peningkatan kerentanan terhadap penyakit serta penurunan angka kelangsungan hidup (Rumahlatu & Leiwakabessy, 2017).

Nilai pH perairan dapat mempengaruhi senyawa kimia dan toksisitasnya dari unsur renik yang berada di dalamnya. Pada pH rendah dan perairan tercemar banyak terdapat senyawa-senyawa toksik. pH juga mempengaruhi kadar nitrogen, fosfat dan senyawa lainnya serta DO di perairan. pH perairan tawar yang berada di bawah 5 dapat menyebabkan hewan bentik kehilangan berat badan bahkan kematian. Nilai pH perairan yang tinggi disebabkan oleh banyaknya bahan pencemar yang mengandung gugus hidroksil (OH). Gugus hidroksil biasanya terdapat pada limbah sabun rumah tangga (Syawal *et al.*, 2016).

#### **b. DO (*Dissolved Oxygen*)**

Kadar oksigen di dalam perairan disebut sebagai DO (*Dissolved Oxygen*) atau oksigen terlarut. Keberadaan oksigen di perairan dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis organisme perairan dan absorb dari atmosfer/udara. Kondisi perairan dikatakan baik apabila memiliki kadar oksigen yang tinggi di dalamnya. Ketika kadar oksigen rendah, perairan akan menghasilkan bau tidak sedap karena adanya degradasi anaerobik (As-Syakur & Wiyanto, 2016). DO dibutuhkan organisme untuk metabolisme, respirasi dan pertukaran zat yang kemudian akan

diubah menjadi energi untuk tumbuh kembangnya. Kadar optimal DO untuk hidup organisme perairan adalah lebih dari 5 mg/L (Amri *et al.*, 2018).

Nilai DO optimal untuk kelangsungan hidup gastropoda adalah 5-8 mg/L (Nento *et al.*, 2013). Dalam beberapa kasus, organisme dapat beradaptasi dengan kondisi oksigenasi yang merugikan (hipoksia sedang hingga berat) dan mendominasi habitat yang seharusnya tidak memiliki kehidupan. Kurangnya persaingan yang kuat untuk mendapatkan makanan dan pengurangan jumlah predator juga merupakan keuntungan yang signifikan bagi spesies yang mampu beradaptasi dengan kondisi kritis ini (Kato *et al.*, 2018). Pada kebanyakan moluska dan artropoda, peran penting transportasi oksigen difasilitasi oleh protein hemocyanin. Menariknya, hemocyanin tidak hanya bertanggung jawab untuk transportasi oksigen tetapi juga untuk respon imun berdasarkan aktivitas enzim fenol oksidase (Zamorano & Hendrickx, 2012).

Hipoksia adalah kondisi rendahnya kadar oksigen di dalam sel dan jaringan.

Hipoksia memicu berbagai efek pada moluska. Oksigen terlarut yang rendah secara negatif mempengaruhi pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup.

Pada moluska dewasa, kekurangan oksigen juga menghambat peningkatan ukuran. Pada tingkat sel, hipoksia dapat menekan metabolisme dan menghambat fungsi kekebalan dari hemosit. Kekurangan oksigen dalam jangka pendek (24-96 jam) meningkatkan mortalitas hemosit dan secara negatif mempengaruhi fungsi kekebalan hemosit (aktivitas fagositik dan produksi ROS pada hemosit) (Andreyeva *et al.*, 2019).

### c. **BOD (Biochemical Oxygen Demand)**

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Nilai BOD juga dapat menunjukkan bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang masuk ke dalam perairan. Bahan organik yang

didekomposisi oleh mikroorganisme dalam perhitungan BOD merupakan bahan organik yang siap terdekomposisi atau *readily decomposable organic matter* (Atima, 2015). BOD dapat dijadikan sebagai tolak ukur tingkat pencemaran perairan oleh limbah. Nilai konsentrasi BOD yang semakin meningkat menunjukkan konsentrasi bahan organik yang juga tinggi (Hamuna *et al.*, 2018). Selain itu, nilai BOD yang tinggi juga menyebabkan bau menyengat yang tidak sedap (Tamyiz, 2015).

Konsentrasi BOD dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya suhu, pH, jenis air dan kondisi air secara keseluruhan (Nugroho *et al.*, 2014). Tinggi rendahnya nilai BOD dipengaruhi juga oleh nilai TOM (*Total Organic Matter*). Nilai TOM yang tinggi menyebabkan nilai BOD juga tinggi karena proses penguraian bahan organik sejalan dengan peningkatan penggunaan oksigen terlarut di dalam air. Penguraian bahan organik berarti bahan organik tersebut digunakan oleh organisme sebagai makanan dan energi yang diperoleh dari proses oksidasi. Monitoring BOD diperlukan untuk mengetahui beban pencemaran akibat air limbah rumah tangga maupun industri dan untuk merancang sistem pengolahan air yang telah tercemar (Wijayanti *et al.*, 2018).

Baku mutu nilai BOD menurut PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu 2 mg/L untuk air kelas 1, 3 mg/L untuk air kelas 2, 6 mg/L untuk air kelas 3 dan 12 mg/L untuk air kelas 4. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2004, kadar BOD yang dapat ditolerir organisme perairan adalah dibawah 20 mg/L. Nilai BOD akan berbanding terbalik dengan keanekaragaman gastropoda. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi nilai BOD maka konsentrasi oksigen terlarut akan berkurang karena digunakan untuk mendekomposisi bahan organik yang masuk ke perairan (Ayu *et al.*, 2015).

**d. NH<sub>3</sub> (Amoniak)**

Ammonia di dalam perairan berbentuk ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan union ammonia (NH<sub>3</sub>). Union ammonia bersifat toksik untuk organisme perairan, diantaranya merusak sel insang, mengganggu proses metabolisme hati dan ginjal serta mengurangi kapasitas darah membawa oksigen. Tingkat produktivitas dan pencemaran bahan organiknya mempengaruhi kadar ammonia di dalam perairan (Sulastrri *et al.*, 2016). Ammonia berasal dari ekskresi organisme perairan yang merupakan hasil dari proses metabolisme dan produk ekskretori (berasal dari ginjal dan jaringan insang). Dekomposisi protein dari plankton atau sisa pakan juga menghasilkan ammonia. Pada peningkatan suhu dan pH, kadar ammonia juga akan meningkat begitu pula dengan toksisitasnya (Wantasen, 2013).

Polutan nitrogen organik yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu akan diuraikan oleh mikroba dan menyebabkan polusi nitrogen amonia ke ekosistem. Mengenai toksisitas nitrogen amonia, telah diketahui bahwa nitrogen amonia dapat menyebabkan kejang, koma, dan kematian pada ikan. Sedangkan pada moluska, paparan amonia nitrogen dapat menyebabkan penurunan integritas lisosom, penurunan tingkat kelangsungan hidup, gangguan reaksi seluler dan kekebalan, serta gangguan alokasi energi (Cong *et al.*, 2017).

Peningkatan total ammonia yang berada di dalam perairan dapat meningkatkan pH darah, menurunkan ekskresi serta mengganggu reaksi katalis enzim dan stabilitas membran. Kadar total ammonia yang tinggi secara tidak langsung dapat meningkatkan stress organisme perairan. Keadaan stress tersebut dapat ditandai dengan tingginya nilai total hemosit dan rendahnya beban osmotik (Hastuti *et al.*, 2019). Nilai total hemosit dalam hemolimfa yang dipengaruhi oleh stressor lingkungan dan penyakit tersebut dapat digunakan sebagai indikator kesehatan lingkungan. Jumlah THC yang meningkat merupakan respon stress dan menunjukkan adanya perubahan pada lingkungan (Adiyana *et al.*, 2017).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa gastropoda *Pomacea canaliculata* yang diperoleh dari aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur serta struktur hemosit yang meliputi THC dan DHC. Parameter kualitas air yang digunakan sebagai pendukung diantaranya suhu, TSS, pH, DO, BOD dan amoniak.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Pengukuran kualitas air dilakukan bersama saat pengambilan sampel *Pomacea canaliculata* menggunakan alat dan bahan yang telah terlampir pada Lampiran 1.

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode deskriptif, dimana metode ini menggabungkan keadaan lokasi penelitian dengan analisis data-data yang telah diperoleh. Penelitian deskriptif bertujuan untuk menggambarkan suatu variabel, gejala maupun keadaan secara “apa adanya” dan bukan untuk menguji hipotesis. Penelitian ini umumnya dilakukan dengan mengumpulkan informasi mengenai gejala saat penelitian sedang berlangsung. Penelitian deskriptif bisa menjadi sangat sederhana karena dapat dilakukan pada lokasi lapang maupun di laboratorium, serta dengan metode pengumpulan data kualitatif maupun kuantitatif (Zellatifanny & Mudjiyanto, 2018).

Penelitian deskriptif memerlukan data-data untuk mendukung keseluruhan prsesnya. Data merupakan sekumpulan fakta dan keterangan yang jelas lingkup,

tempat serta waktunya (Sutopo *et al.*, 2016). Data yang digunakan pada penelitian ini terdapat 2 macam, yaitu:

**a. Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian.

Data ini berupa mentahan yang kemudian diolah untuk dijadikan acuan penelitian.

Data primer dapat diperoleh dengan cara pengamatan secara langsung di lapang

(Prakoso, 2018). Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa

parameter kualitas air suhu, TSS, pH, DO, BOD, amoniak, hasil THC dan DHC.

**b. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain. Data ini dapat

diperoleh melalui studi literatur, buku, internet dan laporan riset sebelumnya

(Prakoso, 2018). Penggunaan data sekunder berfungsi sebagai pendukung dari

data primer yang telah diperoleh saat di lapang.

### 3.4 Penentuan Stasiun

Stasiun penelitian ditetapkan dengan menggunakan metode *purposive*

*sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik sampling tidak random dengan

mempertimbangkan suatu keadaan tertentu (Zuliarni, 2012). Penentuan stasiun

didasarkan pada penggunaan lahan di sekitar lokasi, potensi limbah yang masuk

serta medan untuk pengambilan sampel. Perbedaan masukan air ke badan sungai

dapat memberikan informasi mengenai beragam bahan pencemar yang berada di

dalam hemosit spesies. Pengambilan sampel berada pada 1 lokasi yaitu di Sungai

Jagir, Kelurahan Jagir, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur yang

dilakukan menggunakan 3 stasiun dengan jarak 50 m antar stasiunnya.

Pengambilan sampel gastropoda dan kualitas air dilaksanakan di stasiun yang

sama. Pengambilan sampel dilaksanakan sebanyak 2 kali ulangan dengan jarak

pengambilan selama 3 minggu. Stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada

## Lampiran 2.

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Pengambilan Sampel Gastropoda dan Air Sampel

Pengambilan sampel gastropoda dilakukan secara langsung pada pinggiran sungai. Gastropoda yang telah didapatkan dicuci guna menghilangkan partikel kotoran yang menempel pada tubuhnya kemudian dimasukkan ke dalam botol yang diisi air sebagai media. Sampel gastropoda dibawa ke Laboratorium Penyakit dan Parasit Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya untuk diamati hemositnya. Sampel kualitas air diambil menggunakan botol air mineral pada permukaan air sungai kemudian dibawa ke Laboratorium Perikanan Air Tawar Sumber Pasir, Universitas Brawijaya untuk diuji kualitas airnya.

#### 3.5.2 THC (*Total Hemocyte Count*) dan DHC (*Differential Hemocyte Count*)

Perhitungan hemosit gastropoda mengacu pada metode Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya yaitu sampel hemolimfa diambil melalui operculumnya menggunakan *syringe* 1 cc yang terlebih dahulu diberi Na-sitrat 10% yang berfungsi sebagai anti koagulan agar hemolimfa tidak menggumpal, dengan perbandingan 1:1. Sampel dipindahkan ke appendorf dan diberi larutan Trypan Blue untuk pewarnaan dengan perbandingan 1:1 lalu diberi label agar tidak tertukar. Prosedur untuk pengamatan THC dan DHC yaitu diteteskan sebanyak 1 tetes sampel pada haemocytometer kemudian ditutup dengan cover glass dan dipastikan tidak ada gelembung pada sampel. Sampel diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x. Pengamatan DHC dihitung jumlah masing-masing sel hyalinosit, semi-granulosit dan granulosit. Total sel hyalinosit, semi-granulosit dan granulosit yang didapatkan

kemudian dihitung untuk THC. Perhitungan THC dan DHC dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{THC} = \frac{\text{Jumlah sel total} \times 5 \times 10000 \times \text{faktor pengencer}}{10} \text{ sel/ml.}$$

$$\text{DHC} = \text{C\%}$$

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. Hyalin          | $= \frac{\text{Jumlah sel hyalinosit}}{\text{Jumlah total hemosit}} \times 100\%$      |
| 2. Semi Granulosit | $= \frac{\text{Jumlah sel semi granulosit}}{\text{Jumlah total hemosit}} \times 100\%$ |
| 3. Granulosit      | $= \frac{\text{Jumlah sel granulosit}}{\text{Jumlah total hemosit}} \times 100\%$      |

### 3.5.3 Analisis Kualitas Air

#### 1. Parameter Fisika

##### a. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan *Thermometer Hg* dengan langkah sebagai berikut (Anwar et al., 2015):

1. Memasukkan *Thermometer Hg* ke dalam perairan beberapa menit.
2. Mengamati *Thermometer Hg* saat masih di dalam perairan dan dicatat perolehan suhunya.

##### a. TSS (*Total Suspended Solid*)

Mengacu pada prosedur Laboratorium Perikanan Air Tawar Sumber Pasir, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, pengukuran TSS dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memanaskan kertas saring dengan suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  menggunakan oven selama 1 jam.
2. Mendinginkan kertas saring
3. Menimbang kertas saring (a).

4. Menyaring air sampel sebanyak 100 ml (b) menggunakan kertas saring dan dilakukan pengambilan dengan *vacuum pump*.
5. Mengeringkan kertas saring di dalam oven selama 1 jam pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$ .
6. Mendinginkan kertas saring.
7. Menimbang kertas saring (c).

Nilai TSS dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(c-a)1000}{b}$$

## 2. Parameter Kimia

### a. pH

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter, dengan langkah-langkah sebagai berikut (Anwar *et al.*, 2015):

1. Memasukkan elektroda pH meter ke dalam perairan.
2. Membaca skala yang tertera pada pH meter.
3. Mencatat hasil pH yang didapatkan.

### b. DO

Pengukuran DO dapat dilakukan menggunakan DO meter, dengan langkah-langkah sebagai berikut (Laksana *et al.*, 2020):

1. Mengkalibrasi DO meter.
2. Memasukkan sensor DO meter ke dalam air sampel.
3. Mencatat nilai DO yang tertera pada layar digital DO meter.

### c. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Mengacu pada prosedur Laboratorium Perikanan Air Tawar Sumber Pasir, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, pengukuran BOD dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengambil air sampel DO menggunakan botol winkler.
2. Mengukur nilai DO di lapang menggunakan metode winkler sebagai DO<sub>1</sub>.

3. Mengambil air sampel DO menggunakan botol winkler untuk diinkubasi selama 5 hari.

4. Menginkubasi air sampel pada suhu 20°C dengan keadaan gelap.

5. Mengukur nilai DO setelah diinkubasi menggunakan metode winkler sebagai DO<sub>5</sub>.

6. Nilai BOD dihitung menggunakan rumus:

$$\text{BOD (mg/L)} = \text{DO}_1 - \text{DO}_5$$

**d. NH<sub>3</sub> (Amoniak)**

Mengacu pada prosedur Laboratorium Perikanan Air Tawar Sumber Pasir, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, pengukuran amoniak dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memasukkan air sampel sebanyak 25 ml ke dalam gelas ukur.
2. Menyaring air sampel menggunakan kertas saring ke dalam erlenmeyer.
3. Meneteskan larutan Nessler sebanyak 11 tetes lalu dihomogenkan.
4. Menutup Erlenmeyer dengan plastik wrap kemudian ditunggu selama 30 menit sampai warna berubah.
5. Memasukkan larutan ke dalam cuvet pada spektrofotometer pada Panjang gelombang 640 nm.
6. Mencatat nilai yang muncul.

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Indeks Pencemaran (IP)

Metode Indeks Pencemaran (IP) digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air di aliran Sungai Brantas, Kota

Surabaya, Jawa Timur. Indeks Pencemaran dapat diketahui melalui rumus yang

telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115

Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, yaitu:

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

**Keterangan:**

- IP<sub>j</sub> = Indeks pencemaran bagi peruntukan air kelas j
- C<sub>i</sub> = Konsentrasi parameter kualitas air i
- L<sub>ij</sub> = Konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum pada peruntukan air kelas j
- M = Maksimum
- R = Rata-rata

Apabila nilai konsentrasi parameter kualitas air menurun namun merepresentasikan pencemaran yang meningkat, seperti DO, maka digunakan

rumus  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  baru, yaitu:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{C_{im} - C_i \text{ hasil pengukuran}}{C_{im} - L_{ij}}$$

**Keterangan:**

- C<sub>im</sub> = Nilai jenuh

Berikut adalah nilai DO jenuh berdasarkan tekanan atmosfer (Boyd, 1984):

°C	mg/litre	°C	mg/litre	°C	mg/litre
0	14.16	12	10.43	24	8.25
1	13.77	13	10.20	25	8.11
2	13.40	14	9.98	26	7.99
3	13.05	15	9.76	27	7.86
4	12.70	16	9.56	28	7.75
5	12.37	17	9.37	29	7.64
6	12.06	18	9.18	30	7.53
7	11.76	19	9.01	31	7.42
8	11.47	20	8.84	32	7.32
9	11.19	21	8.68	33	7.22
10	10.92	22	8.53	34	7.13
11	10.67	23	8.38	35	7.04

Gambar 8. Nilai DO Jenuh (Boyd, 1984)

Apabila nilai  $L_{ij}$  dalam baku mutu kualitas air memiliki rentang, maka digunakan rumus  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  baru, yaitu:

a. Apabila  $C_i \leq L_{ij}$  rata-rata, maka:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{minimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]}$$

b. Apabila  $C_i > L_{ij}$  rata-rata, maka:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{maksimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]}$$

Nilai  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  yang lebih besar dari 1,0 digunakan rumus  $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)$  baru, yaitu:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = 1,0 + P. \log \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right) \text{ hasil pengukuran}$$

Berikut adalah kriteria pencemaran dari metode Indeks Pencemaran:

**Tabel 1.** Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Metode Indeks Pencemaran

Nilai	Keterangan
$0 \leq IP \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu
$1,0 < IP \leq 5,0$	Tercemar ringan
$5,0 < IP \leq 10$	Tercemar sedang
$IP > 10$	Tercemar berat

### 3.6.2 CCA (*Canonical Correspondence Analysis*)

Metode analisis data yang digunakan untuk menentukan hubungan antara kualitas air dan profil hemosit gastropoda *Pomacea canaliculata* adalah CCA (*Canonical Correspondence Analysis*). CCA adalah metode multivariat untuk menjelaskan hubungan antara kumpulan biologis spesies dan lingkungannya. Penggunaan yang paling sering adalah untuk mengidentifikasi gradien lingkungan dalam kumpulan data ekologi, khususnya variabel lingkungan mana yang penting dalam penentuan komposisi komunitas. CCA juga sering digunakan untuk penilaian kualitas air biologis dan masalah pengelolaan terkait (Braak & Verdonschot, 1995).

CCA digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai hubungan linear yang berkorelasi antara dua variabel. CCA akan membentuk kombinasi linier dari setiap variabel sehingga hubungan dari keduanya dapat terbentuk. Ide pokok dari metode CCA ini adalah mencari hubungan dari kombinasi linier yang memiliki korelasi terbesar. Pasangan ini nantinya disebut dengan variabel kanonik dan korelasinya disebut korelasi kanonik (Riana *et al.*, 2015).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

#### 4.1.1 Lokasi Penelitian

Sungai Brantas merupakan sungai kebanggaan Jawa Timur yang bermata air di Kota Batu yang alirannya melewati 17 kabupaten/kota diantaranya Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang dan Mojokerto. Di Mojokerto, Sungai Brantas terbagi menjadi dua yang alirannya melewati Surabaya dan Sidoarjo, kemudian bertemu kembali di Selat Madura. Di Surabaya sendiri, Sungai Brantas mengalir melewati Sungai Mas yang membelah Kota Surabaya dan merupakan sungai tertua. Sungai Mas bercabang pada sungai buatan Belanda yaitu Sungai Jagir yang memiliki panjang 5 km dan mengalir ke arah pantai timur Surabaya.

Sungai Jagir ini kini menjadi sumber utama kebutuhan air bersih masyarakat Surabaya seperti PDAM yang mengolah air sungai untuk didistribusikan kepada masyarakat. Sungai ini juga dijadikan sebagai sumber penghidupan dimana protein ikan didapatkan. Masyarakat juga memanfaatkan cacing sutera yang terdapat di sungai untuk mencari penghasilan dengan membuatnya menjadi pakan ikan, meski cacing sutera menjadi indikasi adanya pencemaran bahan organik di sungai. Selain itu, di badan sungai juga terdapat banyak sampah yang mengapung, seperti plastik dan popok. Limbah yang tak terlihatpun juga sering kali dibuang ke sungai, ditandai dengan kerap kali ikan-ikan yang mabuk dan mati.

#### 4.1.2 Stasiun 1

Pengambilan sampel stasiun 1 terletak pada titik koordinat  $7^{\circ} 18' 2,121''$  LS dan  $112^{\circ} 44' 27,029''$  BT. Stasiun 1 ini berada di sebelah barat pintu air, dimana

banyak terdapat sampah plastik yang mengapung di pinggiran sungai. Selain itu, juga terdapat sampah basah seperti sayuran.



**Gambar 9.** Stasiun 1 (Dokumentasi Pribadi, 2021)

#### 4.1.3 Stasiun 2

Pengambilan sampel stasiun 2 terletak pada titik koordinat  $7^{\circ} 18' 2,044''$  LS dan  $112^{\circ} 44' 29,149''$  BT. Stasiun 2 berada di sebelah barat pintu air dimana memiliki sirkulasi air yang cukup tinggi. Sirkulasi yang tinggi ini memungkinkan terdifusinya oksigen ke dalam perairan.



**Gambar 10.** Stasiun 2 (Dokumentasi Pribadi, 2021)

#### 4.1.4 Stasiun 3

Stasiun 3 terletak pada titik koordinat  $7^{\circ} 18' 2,81''$  LS dan  $112^{\circ} 44' 31,972''$  BT. Sungai Jagir ini biasa digunakan untuk kebutuhan masyarakat yang tinggal di sekitar sungai. Pada stasiun 3 ini terdapat spot yang landai dan biasa digunakan masyarakat untuk kebutuhan MCK, mandi, mencuci dan memancing.



**Gambar 11.** Stasiun 3 (Dokumentasi Pribadi, 2021)

#### 4.2 Analisis Kualitas Air

Pengukuran kualitas air pada penelitian kali ini menggunakan parameter fisika (suhu dan TSS) dan parameter kimia (pH, DO, BOD dan amoniak).

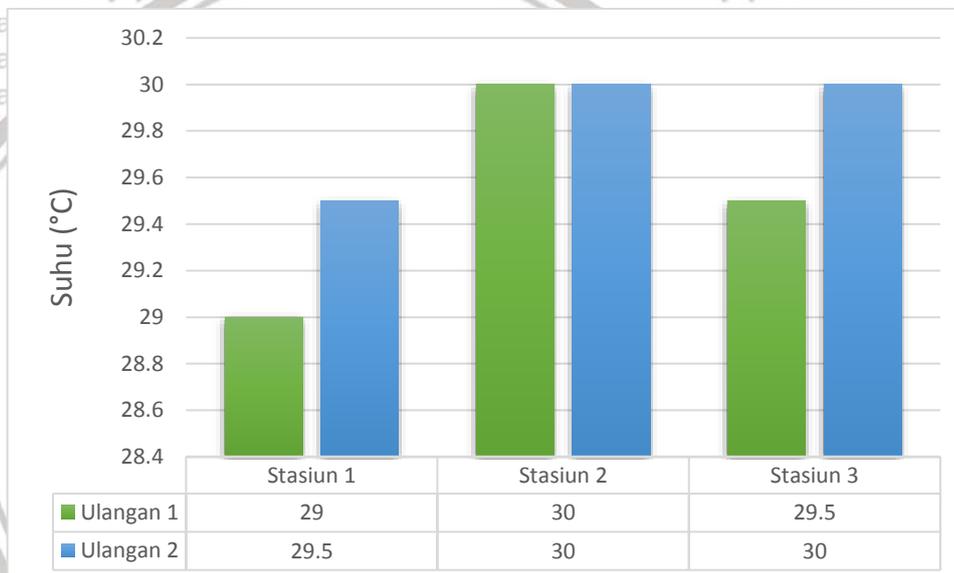
Berdasarkan wawancara dengan masyarakat sekitar, Sungai Jagir digunakan masyarakat sekitar sungai untuk membuang limbah kegiatan mereka. Pabrik penyedap rasa yang berada di dekat aliran sungai juga diketahui membuang limbahnya ke sungai sehingga menyebabkan ikan-ikan mati secara berkala. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengukuran kualitas air yang menunjukkan tingginya nilai TSS dan amoniak. Baik buruknya kualitas air dapat mempengaruhi hasil THC dan DHC pada *Pomacea canaliculata* yang digunakan untuk menduga kesehatan lingkungan perairan. Adapun hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada

Lampiran 3.

#### 4.2.1 Parameter Fisika

##### a. Suhu

Suhu yang menggambarkan keadaan panas dinginnya suatu perairan menjadi parameter kualitas air yang sangat penting. Suhu dapat mempengaruhi reaksi biologi dan kimiawi yang terjadi di dalam air. Suhu juga menjadi faktor yang sangat penting terhadap tumbuh kembang organisme akuatik karena mempengaruhi metabolisme tubuhnya. Hasil pengukuran suhu Sungai Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada **Gambar 12**.



**Gambar 12.** Hasil Pengukuran Suhu (°C)

Nilai suhu yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 29°C hingga 30°C. Hasil yang tidak terlalu bervariasi didapatkan dari tempat pengukuran yang kondisinya tidak terlalu berbeda, dimana tidak ada vegetasi perairan dan hanya ada sedikit pepohonan di tepi sungai yang menyebabkan penetrasi sinar matahari ke dalam air tanpa adanya halangan yang berarti. Suhu Sungai Jagir dipengaruhi oleh lingkungan di sekitarnya yang memang memiliki nilai tinggi. Namun suhu yang didapatkan selama pengukuran masih berada di ambang baku mutu yang sebesar deviasi 3.

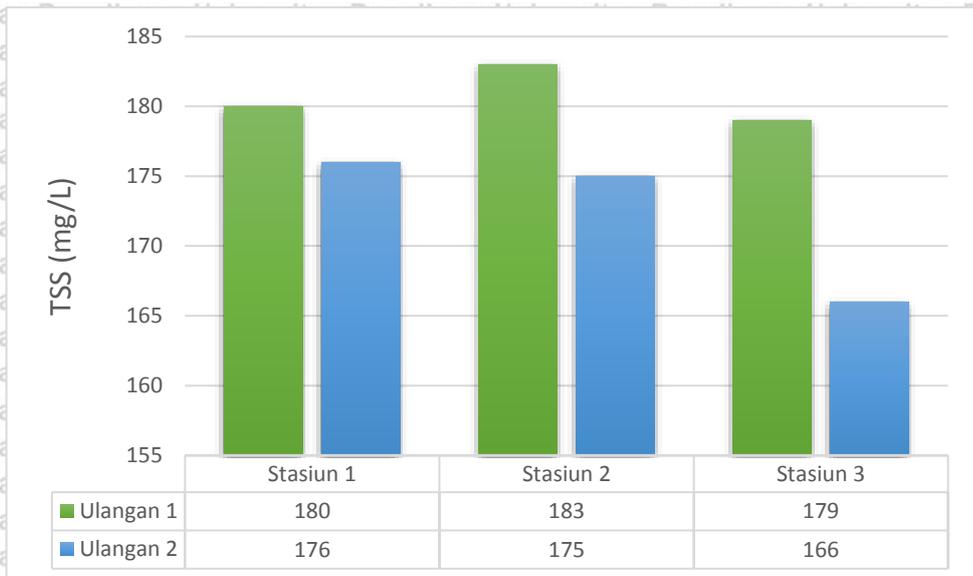
Hasil diatas sesuai dengan pernyataan bahwa *P. canaliculata* dapat mentoleransi habitat dengan rentang suhu 10°C hingga 35°C; namun untuk suhu yang ideal untuk pertumbuhan yaitu berada pada rentang 18°C hingga 28°C (Saputra *et al.*, 2018). Suhu yang cenderung tinggi akan meningkatkan laju metabolisme organisme perairan sehingga dapat meningkatkan toksisitas serta akumulasi logam berat. Setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan mempengaruhi pemasukan dan pengeluaran logam berat ke dalam tubuh organisme sehingga dapat mempengaruhi kuantitas bioakumulasi logam berat pada organisme perairan (Jakfar *et al.*, 2014).

Perubahan suhu mempengaruhi jumlah sel hemosit di dalam hemolimfa. Perubahan mendadak ke suhu yang rendah dapat mengaktifkan migrasi hemosit. Jumlah hemosit yang bersirkulasi meningkat berbanding lurus dengan kenaikan suhu. Namun suhu yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan jumlah hemosit karena terjadinya penurunan denyut jantung pada suhu yang lebih tinggi atau kematian sel (Suresh *et al.*, 1994).

#### b. **TSS (Total Suspended Solid)**

TSS mengukur jumlah materi partikulat (potongan kecil benda) yang mengambang di air. Di sungai, TSS dapat mencakup partikel dari ganggang, bahan organik lainnya, lumpur, tanah liat dan zat anorganik lainnya (seperti mineral, garam dan logam). Bahan anorganik dapat dengan mudah tersuspensi karena limpasan, erosi dan suspensi dari aliran air musiman. Meski TSS adalah fenomena alami, namun apabila konsentrasinya melebihi yang diharapkan, mereka dapat berdampak negatif pada badan air. Hasil pengukuran TSS Sungai

Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada **Gambar 13**.



**Gambar 13.** Hasil Pengukuran TSS (mg/L)

Nilai TSS yang didapatkan selama pengukuran terendah sebesar 166 mg/L pada stasiun 3 pengulangan kedua dan tertinggi sebesar 183 mg/L pada stasiun 2 pengulangan pertama. Nilai TSS berbanding lurus dengan kekeruhan sungai, dimana sungai yang keruh cenderung memiliki nilai TSS yang tinggi. Kekeruhan sungai dapat berasal dari sedimen tanah atau lumpur yang terbawa bersama arus.

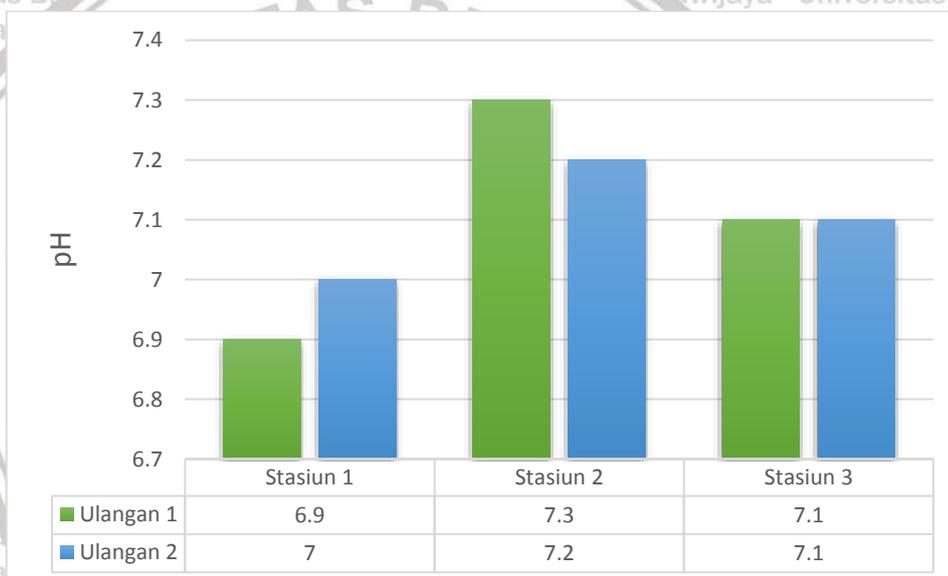
Sungai Jagir yang berada pada hilir Sungai Brantas sehingga terdapat masukan bahan organik maupun partikel-partikel lain dari aliran yang sebelumnya.

Di sungai, berbagai jenis polutan organik diangkut bersama dengan padatan tersuspensi, sehingga menjadikan TSS berguna sebagai pelacak kualitas air dan juga distribusi polutan. Kadar TSS perairan juga berperan penting dalam pengelolaan kualitas air karena berhubungan langsung dengan produktivitas primer total, pengangkutan kontaminan seperti logam berat dan organik serta untuk menentukan kualitas kelangsungan hidup organisme perairan (Wu *et al.*, 2014). TSS di sungai dapat berperan sebagai pembawa logam berat dan polutan organik yang persisten, sedangkan beban TSS yang tinggi dapat menimbulkan dampak yang kuat terhadap kondisi biogeokimia wilayah pesisir dan perairan laut (Pizarro *et al.*, 2014).

#### 4.2.2 Parameter Kimia

##### a. pH

pH merupakan faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan organisme perairan serta digunakan sebagai salah satu penentu untuk menyatakan baik buruknya kualitas suatu perairan. Saat tingkat pH melebihi tingkat baku mutu yang ekstrim (naik atau turun), dapat membuat organisme akuatik stres dan mengancam kelangsungan hidupnya. Perubahan pH perairan dapat terjadi secara alami maupun akibat dari aktivitas manusia. Hasil pengukuran pH Sungai Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada **Gambar 14**.



**Gambar 14.** Hasil Pengukuran pH

Nilai pH yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 6,9 hingga 7,3.

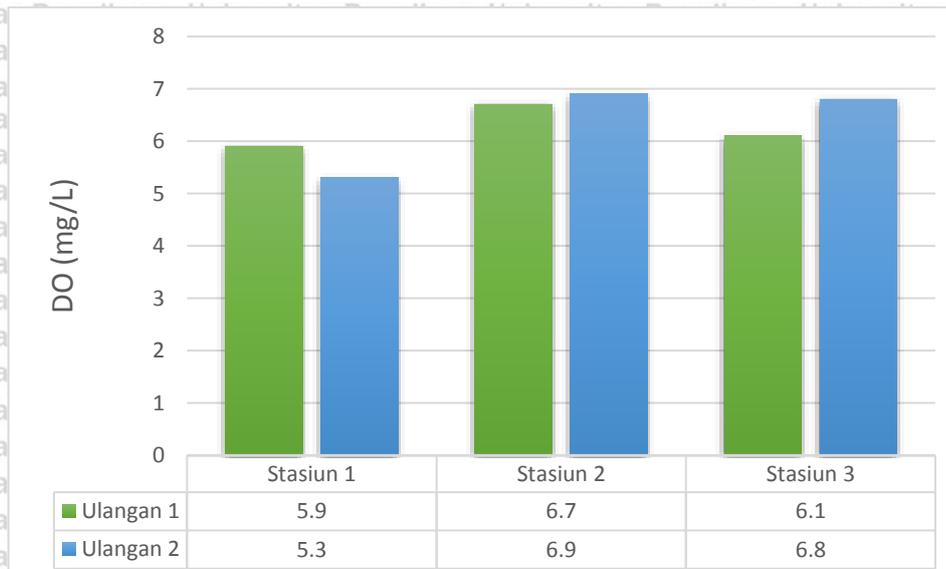
Nilai terendah didapatkan pada stasiun 1 pengulangan pertama dengan nilai sebesar 6,9. Sedangkan hasil tertinggi didapatkan pada stasiun 2 pengulangan pertama dengan nilai sebesar 7,3. Hasil tersebut didapatkan dari lokasi pengukuran yang biasa digunakan untuk kebutuhan MCK, mandi, mencuci serta terdapat tumpukan sampah basah seperti sayuran dan sampah plastik.

Nilai pH untuk perairan yang alami adalah berkisar antara 6 sampai 9. Nilai pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan toksisitas senyawa kimia yang berada di dalamnya. Apabila terlalu rendah maka akan menyebabkan proses nitrifikasi terganggu dan peningkatan toksisitas logam berat (Adrianto, 2018). Rendahnya nilai pH ini biasa disebabkan oleh bahan kimia yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri seperti detergen (Susana, 2009). Sedangkan *P. canaliculata* dapat bertahan hidup pada kisaran pH sebesar 5 hingga 8 (Saputra *et al.*, 2018).

pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi fisiologi siput. Perubahan pH media eksternal yang tiba-tiba dapat menyebabkan penurunan jumlah hemosit. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya migrasi hemosit atau karena kematian sel. Jumlah hemosit dapat stabil pada nilai pH yang berkisar antara 6,25 hingga 8,25 (Suresh *et al.*, 1994).

#### **b. DO (*Dissolved Oxygen*)**

Oksigen yang berada di perairan biasa disebut dengan DO atau oksigen terlarut. DO mempunyai peran yang sangat krusial atas keberlangsungan hidup organisme perairan. Oksigen terlarut diperlukan berbagai bentuk kehidupan termasuk ikan, invertebrata, bakteri dan tumbuhan untuk respirasi. Mikroba seperti bakteri dan jamur juga membutuhkan oksigen terlarut untuk menguraikan bahan organik di dasar badan air. Kadar DO tidak boleh kurang atau berlebih agar organisme perairan dapat tumbuh optimal. Hasil pengukuran DO Sungai Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada **Gambar 15**.



**Gambar 15.** Hasil Pengukuran DO (mg/L)

Nilai DO yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 5,3 mg/L – 6,9 mg/L. Nilai terendah sebesar 5,3 mg/L pada stasiun 1 pengulangan pertama. Sedangkan nilai tertinggi sebesar 6,9 mg/L pada stasiun 2 pengambilan kedua. Dari dua kali pengukuran, stasiun 2 mendapat nilai yang lebih tinggi dibanding dengan stasiun 1 dan stasiun 3. Hal tersebut dapat dikarenakan stasiun 2 bertempat setelah pintu air sehingga memiliki sirkulasi air yang tinggi.

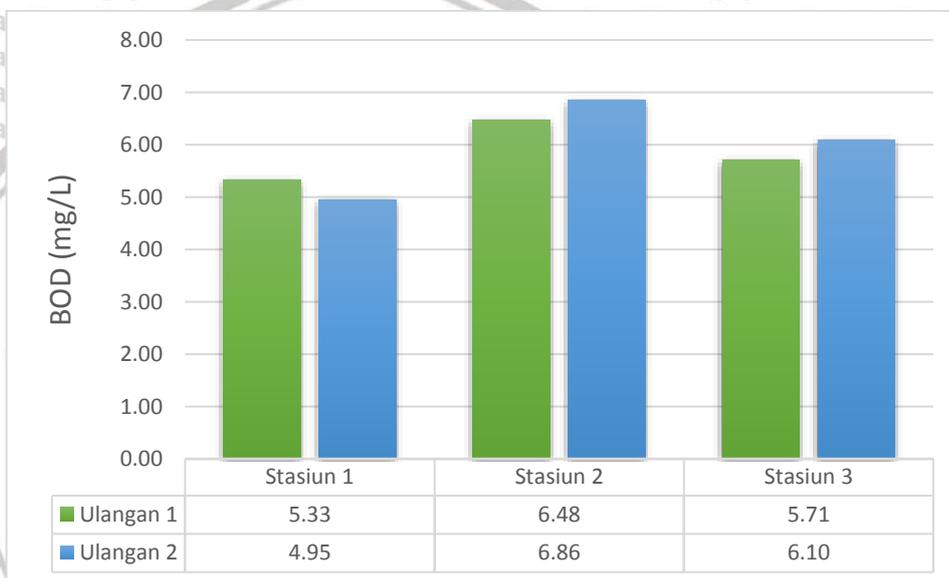
Oksigen terlarut di perairan berasal dari udara melalui aerasi dan fotosintesis vegetasi perairan serta dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya respirasi, suhu, kandungan mineral di dalam perairan dan tekanan atmosfer (Ramadhani *et al.*, 2013). *P. canaliculata* dapat bertahan hidup pada kondisi oksigen terlarut mendekati nol. Selain keadaan oksigen terlarut yang rendah, *P. canaliculata* juga mampu bertahan hidup pada perairan yang terjadi polusi organik (Riyanto, 2002).

Kondisi perairan dengan kadar oksigen rendah dapat menyebabkan penurunan respon imun pada moluska terhadap infeksi bakteri dan patogen lainnya. Paparan oksigen yang terlalu rendah menurunkan kemampuan sel untuk memproduksi ROS (*Reactive Oxygen Species*) pada aktivitas fagositosis, dan efisiensi pembersihan patogen. Hal ini menunjukkan bahwa DO yang lebih rendah

54% dari saturasi menurunkan kemampuan resistensi kekebalannya dan meningkatkan kerentanannya terhadap patogen (Cheng, Li, et al., 2004).

**c. BOD (Biochemical Oxygen Demand)**

BOD merupakan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh bakteri dan mikroorganisme lainnya saat mereka menguraikan bahan organik di bawah kondisi aerobik (ada oksigen) pada suhu tertentu. BOD digunakan sebagai parameter cemaran bahan organik di dalam air. Hasil pengukuran BOD Sungai Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada **Gambar 16**.



**Gambar 16.** Hasil Pengukuran BOD (mg/L)

Nilai BOD yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 4,95 mg/L – 6,86 mg/L. Nilai terendah sebesar 4,95 mg/L pada stasiun 1 pengulangan kedua. Sedangkan nilai tertinggi sebesar 6,86 mg/L pada stasiun 2 pengulangan kedua.

Limbah yang berasal dari pabrik-pabrik di dekat sungai maupun limbah aktivitas warga yang dibuang langsung ke sungai menyebabkan peningkatan nilai BOD.

Hal ini terjadi ketika bakteri menggunakan oksigen terlarut untuk menguraikan bahan organik secara aerobik.

Nitrat yang berada di perairan dapat membuat nilai DO perairan menjadi rendah sehingga kualitas air menurun, berbau busuk dan rasa tidak enak sehingga

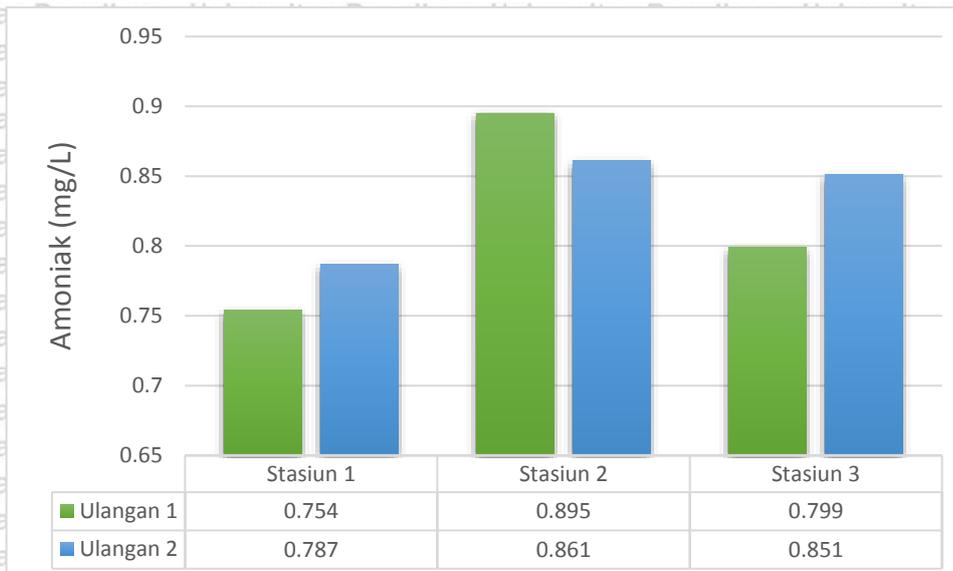
menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia. Limbah domestik, peternakan, dan pertanian juga sangat mempengaruhi nilai BOD sungai. Nilai DO rendah dan nilai BOD yang tinggi juga dapat dipengaruhi oleh debit air sungai. Intensitas curah hujan merupakan faktor utama yang mempengaruhi debit air, dimana setiap hujan akan meningkatkan volume air permukaan. Semakin tinggi curah hujan maka air sungai akan mengalami pengenceran sehingga dapat menurunkan nilai BOD (Susilowati *et al.*, 2018).

Kondisi hipoksia dapat terjadi akibat dari berbagai kegiatan antropogenik, termasuk pengayaan bahan organik dan nutrisi dari limbah, pembuangan industri, dan limpasan pertanian. Hipoksia dapat memicu berjangkitnya penyakit pada moluska dengan melemahkan respon imun. Oksigen yang berfluktuasi memiliki potensi yang merugikan seperti stres oksidatif dan kerusakan asam nukleat pada sel. Hipoksia mendorong peningkatan pesat dalam produksi ROS (Reactive Oxygen Species) yang selanjutnya memicu stres oksidatif pada hewan. Stres oksidatif dapat mengakibatkan kematian sel melalui peroksidasi lipid membran, yang merupakan akibat secara umum dari akumulasi ROS (Nam *et al.*, 2020).

#### d. $\text{NH}_3$ (Amoniak)

Terdapat 2 bentuk amonia di dalam air yaitu amonia yang tidak terionisasi ( $\text{NH}_3$ ) atau ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Keberadaan dari dua bentuk tersebut dipengaruhi oleh pH. Amonia yang tidak terionisasi adalah bentuk beracun dan mendominasi ketika pH tinggi. Ion amonium relatif tidak beracun dan mendominasi ketika pH rendah. Hasil pengukuran amoniak Sungai Jagir di tiga stasiun dapat dilihat pada

**Gambar 17.**



**Gambar 17.** Hasil Pengukuran NH<sub>3</sub> (mg/L)

Nilai amoniak yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 0,755 mg/L – 0,895 mg/L. Nilai terendah yang didapatkan sebesar 0,755 mg/L pada stasiun 1 pengambilan pertama. Sedangkan nilai tertinggi sebesar 0,895 mg/L pada stasiun 2 pengambilan pertama. Kegiatan MCK, mandi dan mencuci yang dilakukan dapat menyebabkan tingginya nilai amoniak yang diperoleh. Selain itu terdapat pabrik-pabrik di sekitar sungai yang membuang limbahnya langsung ke sungai. Menurut pernyataan masyarakat sekitar kematian ikan secara masal terjadi secara berkala.

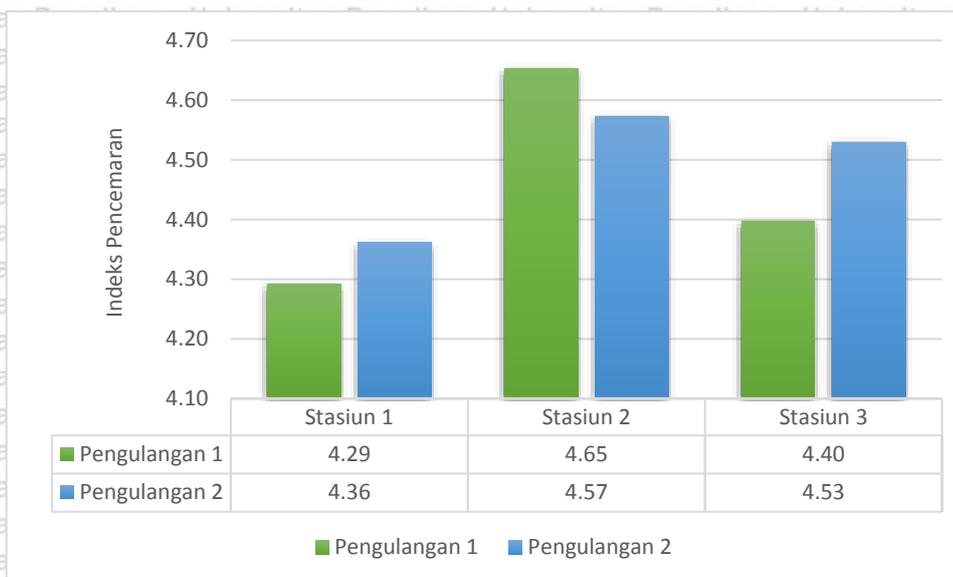
Amoniak dapat menyebabkan kematian pada hewan air melalui runtuhnya lamela insang dan kerusakan insang lainnya, penurunan ventilasi insang, degenerasi ginjal serta tertahannya sistem kekebalan tubuh. Meski begitu, gastropoda memiliki toleransi yang tinggi dan dapat memulihkan diri dengan cepat dari paparan amoniak (Dewhatley, 2018). Amoniak berasal dari aktivitas manusia di daerah perkotaan, metabolisme organisme perairan, proses pertanian dan industri, serta dari desinfeksi dengan kloramin. Konsentrasi amonia-nitrogen dalam air permukaan dipengaruhi oleh hidrogeologi dan perubahan iklim. Amoniak

merupakan indikator penting kualitas air yang dapat menunjukkan kemungkinan polusi bakteri, limbah dan kotoran hewan (Fu *et al.*, 2012).

Adanya paparan amoniak dapat memicu penyakit karena fungsi pertahanan inang telah terpengaruhi. Fakta ini menunjukkan bahwa konsentrasi kecil amoniak dalam air menyebabkan penurunan resistensi kekebalan pada moluska terhadap infeksi patogen. Hal ini juga menunjukkan bahwa penurunan aktivitas fenoloksidase di bawah tekanan amonia adalah konsekuensi dari berkurangnya THC dan sel granular. Selain itu, paparan amoniak dapat meningkatkan pelepasan anion superoksida. Peningkatan kecil dalam anion superoksida dianggap bermanfaat sehubungan dengan peningkatan kekebalan. Namun, peningkatan yang pesat bisa menjadi racun bagi tubuh inang (Cheng, *et al.*, 2004).

#### 4.3 Indeks Pencemaran

Kondisi suatu perairan dapat dinilai menggunakan cara perbandingan parameter kualitas airnya dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Nilai yang didapatkan kemudian dapat dijadikan acuan untuk menentukan pengelolaan agar sumber dayanya dapat dimanfaatkan dengan optimal tanpa merusak ekosistem perairannya. Metode yang digunakan untuk menilai kualitas perairan aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya kali ini adalah dengan metode Indeks Pencemaran. Dengan membandingkan baku mutu kualitas air kelas II menurut PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, nilai IP Sungai Jagir dapat dilihat pada **Gambar 18**.



**Gambar 18.** Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran

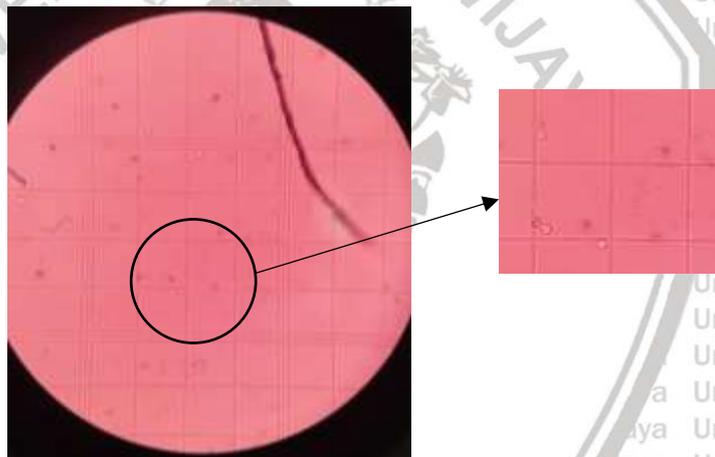
Nilai Indeks Pencemaran yang didapatkan selama pengukuran berkisar antara 4,29 – 4,65. Nilai terendah yang didapatkan sebesar 4,29 pada stasiun 1 pengulangan pertama. Sedangkan nilai tertinggi sebesar 4,65 pada stasiun 2 pengulangan pertama dan stasiun 3 pengulangan kedua. Seluruh stasiun dan pengulangannya memiliki nilai  $1 < IP \leq 5$ , dimana nilai tersebut berada pada kriteria tercemar ringan. Dari hasil yang telah didapatkan dapat disimpulkan bahwa Sungai Jagir tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas 2 dengan peruntukan sebagai sarana dan prasarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan untuk mengairi tanaman.

#### 4.4 Hasil Analisis *Total Hemocyte Count* (THC) *Gastropoda Pomacea canaliculata*

Moluska memiliki baik respons stres maupun respons imun yang berpusat pada hemosit, karena sel-sel darah ini menghasilkan mediator stres dan respons imun utama. Terdapat penurunan dalam jumlah hemosit, aktivitas migrasi, fagositosis dan produksi superoksida selama stress akibat kondisi lingkungan.

Perubahan tersebut kemudian diikuti oleh peningkatan jumlah hemosit, aktivitas

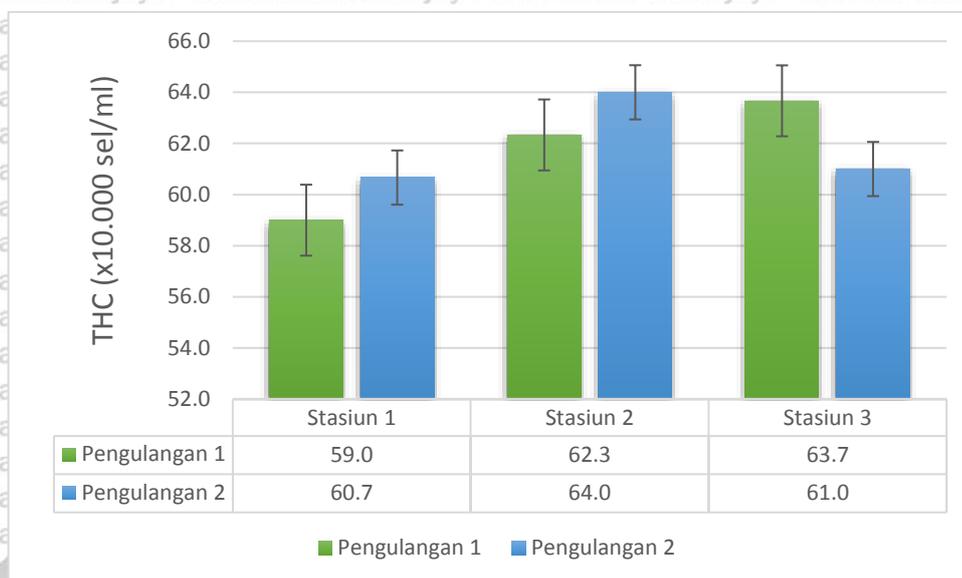
migrasi, dan kemampuan fagositosis sebagai respon imun untuk mempertahankan diri setelah stress (Hooper *et al.*, 2007). Jumlah sel hemosit atau THC (*Total Haemocyte Count*) dianggap sebagai parameter imunologi penting karena menunjukkan kemampuan organisme dalam melawan patogen yang masuk ke dalam tubuhnya. Pengamatan THC gastropoda *Pomacea canaliculata* dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pengamatan dilakukan menggunakan *Neubauer Improved Haemocytometer Counting Chambers* di bawah Mikroskop Olympus CX 21 dengan perbesaran 400x. Hasil pengamatan hemosit dapat dilihat pada **Gambar 19**.



**Gambar 19.** Pengamatan THC *Pomacea canaliculata* (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Hemosit pada gastropoda diklasifikasikan menjadi dua morfotipe dasar berdasarkan ukuran dan granularitas, yaitu granulosit dan hyalinosit. Proporsi hyalinosit dan granulosit serta fluktuasinya dalam menanggapi berbagai patogen berbeda antara spesies siput. Baik granulosit dan hyalinosit dapat memfagositosis mikroba atau mikrosfer. Granulosit paling relevan dalam keterlibatannya pada proses enkapsulasi, yang biasanya menghasilkan eliminasi parasit. Ultrastruktur

dan biokimia kapsul hemositnya menunjukkan bahwa granulosit adalah tipe hemosit utama yang kontak dengan patogen (Pila *et al.*, 2017).



**Gambar 20.** Hasil Pengamatan THC

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar 11 bahwa didapatkan hasil nilai rata-rata THC dengan kisaran 59 – 64 x 10<sup>4</sup> sel/ml. Nilai THC terendah didapatkan pada stasiun 1 pengulangan 1 dengan nilai 59 x 10<sup>4</sup> sel/ml. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 2 pengulangan 2 dengan nilai 64 x 10<sup>4</sup> sel/ml. Pada gastropoda normal diperkirakan 200 µL hemolim berisi sekitar 6x10<sup>5</sup> sel hemosit (Cueto *et al.*, 2015).

Nilai THC dapat dengan mudah dipengaruhi oleh berbagai faktor intrinsik maupun ekstrinsik. Seperti paparan bahan pencemar yang berlebihan dapat menyebabkan penipisan hemolim karena kematian sel sehingga total hemositnya menurun (Xian *et al.*, 2016). Faktor-faktor intrinsik yang dapat mempengaruhi kelimpahan hemosit diantaranya adalah ukuran dan berat badan, nutrisi, status reproduksi serta jenis kelamin. Sedangkan faktor ekstrinsik yang mempengaruhi kelimpahan hemosit diantaranya musim, suhu, salinitas dan oksigen terlarut (Sari *et al.*, 2014).

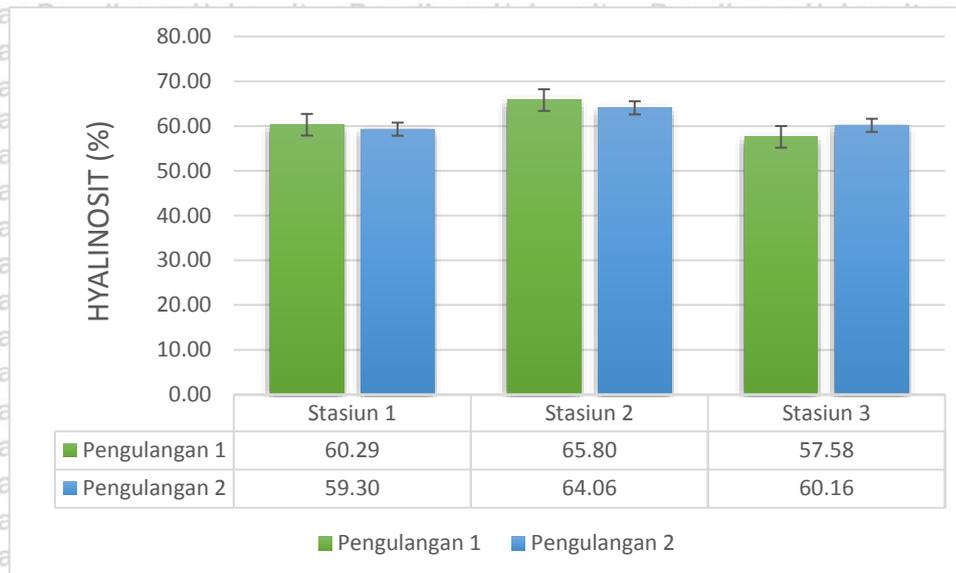
#### 4.5 Hasil Analisis *Differential Hemocyte Count (DHC) Gastropoda Pomacea canaliculata*

*Differential Haemocyte Count* atau DHC pada dasarnya menghitung sel hemosit berdasarkan pada jenis-jenis selnya. Jenis sel yang dihitung pada DHC gastropoda *P. canaliculata* ini terdiri dari sel hyalinosit, sel semi-granulosit dan sel granulosit. Pengamatan DHC dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pengamatan dilakukan menggunakan *Neubauer Improved Haemocytometer Counting Chambers* di bawah Mikroskop Olympus CX 21 dengan perbesaran 400x. Hasil pengamatan DHC dapat dilihat pada **Gambar 21**.



**Gambar 21.** Hasil Pengamatan (A) Hyalinosit, (B) Semi-Granulosit, (C) Granulosit

Terdapat tiga jenis sel hemosit yang berbeda secara morfologis, diantaranya yaitu sel hyalinosit, sel semi-granulosit dan sel granulosit. Jenis sel hemosit yang berbeda akan menjalankan fungsi yang berbeda di dalam sistem imun. Oleh karena itu, jumlah *Differential Haemocyte Count (DHC)* juga dapat dianggap sebagai indikator kekebalan tubuh. Karena fungsi kekebalan yang berbeda-beda, ketiga jenis hemosit tersebut juga memiliki respons yang berbeda terhadap infeksi patogen (Xian *et al.*, 2016). Berikut ini adalah hasil pengamatan DHC yang pertama pada *P. canaliculata* yaitu sel hyalinosit dapat dilihat pada **Gambar 21**.



**Gambar 22.** Hasil Pengamatan DHC Sel Hyalinosit

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar 12 bahwa didapatkan hasil nilai rata-rata DHC sel hyalinosit dengan kisaran 57,58% - 65,8%. Nilai sel hyalinosit terendah didapatkan pada stasiun 3 pengulangan 1 dengan nilai sebesar 57,58%. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 2 pengulangan 1 dengan nilai sebesar 65,8%. Gastropoda normal, umumnya memiliki jumlah hyalinosit berkisar antara  $58,5 \pm 6,5\%$  dari jumlah total hemosit (Ataev *et al.*, 2016).

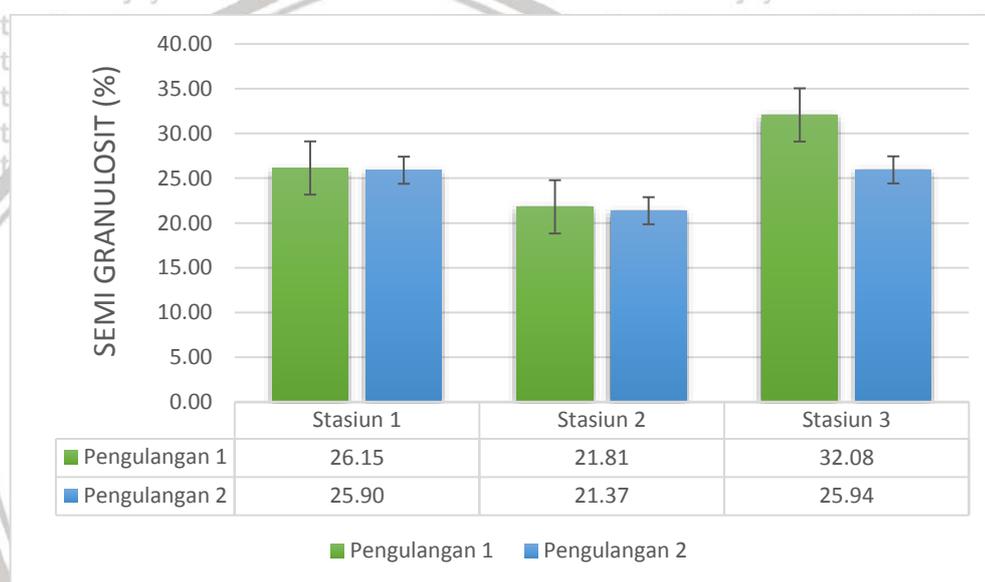
Hyalinosit memiliki gerakan amoeboid yang kemudian akan membentuk filopodia. Mereka akan mempertahankan bentuk bulat ketika menempel pada kaca objek dan hanya menyebar sedikit untuk membentuk beberapa filopodia kecil. Hyalinosit memiliki peran sentral dalam agregasi hemosit (Aladaileh *et al.*, 2007).

Sel hyalinosit memiliki ciri-ciri bentuk oval cenderung bulat dengan nukleus yang kecil. Di dalam sitoplasma sel hyalinosit tidak terdapat granula seperti dua tipe sel yang lainnya. Sel hyalinosit berfungsi sebagai barikade pertama saat patogen masuk ke dalam tubuh dengan cara mengenali partikel asing yang masuk tersebut.

Adanya partikel asing yang masuk ke dalam tubuh dapat ditandai dengan

meningkatnya aktivitas fagositosis yang terjadi di dalam sel hyalinosit dan akibatnya jumlah sel hyalinosit juga meningkat (Hertika *et al.*, 2021).

Hasil pengamatan DHC yang kedua yaitu semi-granulosit. Ciri utama dari sel semi-granulosit yaitu adanya granular yang terdapat pada sitoplasma. Jumlah granular yang terdapat pada semi-granulosit cenderung lebih sedikit dibanding dengan sel granulosit (Hertika *et al.*, 2021). Hal ini yang dapat digunakan untuk membedakan kedua sel tersebut. Berikut ini adalah hasil pengamatan DHC pada *P. canaliculata* yaitu sel semi-granulosit dapat dilihat pada **Gambar 23**.



**Gambar 23.** Hasil Pengamatan DHC Sel Semi-Granulosit

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar 13 bahwa didapatkan hasil nilai rata-rata DHC sel semi-granulosit dengan kisaran 21,37% - 26,15%. Nilai sel semi-granulosit terendah didapatkan pada stasiun 2 pengulangan 2 dengan nilai sebesar 21,37%. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 1 pengulangan 1 dengan nilai sebesar 26,15%.

Sel semi-granulosit adalah tipe seluler yang berada diantara sel hyalinosit dan sel granulosit, dimana sel ini berperan aktif dalam enkapsulasi benda asing yang berukuran lebih besar dan tidak dapat difagosit oleh hyalinosit (Risjani *et al.*, 2021). Fagositosis merupakan mekanisme pertahanan seluler utama pada

invertebrata yang terdiri dari kemotaksis, pencernaan, penghancuran patogen dan eksositosis. Sel semi-granulosit juga bertanggung jawab untuk mengenali agen penyerang dan enkapsulasinya dengan protein yang bekerja sebagai opsonin yang terkait dengan sistem aktivasi proPO. Protein ini bertindak sebagai faktor degranulasi dan adhesi untuk semi-granulosit dan granulosit, dan sebagai promotor enkapsulasi (Aguirre-Guzmán *et al.*, 2009).

Hasil pengamatan DHC yang ketiga yaitu granulosit. Sel granulosit memiliki bentuk bulat atau ada juga yang berbentuk tidak beraturan. Sel ini memiliki granula yang banyak pada sitoplasmanya. Fungsi dari sel granulosit yaitu mengatur Prophenoloksidase (proPO) dalam proses fagositosis (Hertika *et al.*, 2021). Berikut ini adalah hasil pengamatan DHC pada *P. canaliculata* yaitu sel granulosit dapat dilihat pada **Gambar 24**.



**Gambar 24.** Hasil Pengamatan DHC Sel Granulosit

Jumlah granulosit (granulosit dan semi-granulosit) pada gastropoda normal umumnya berkisar antara  $37,1 \pm 7,3\%$  (Ataev *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar 14 bahwa didapatkan hasil nilai rata-rata DHC sel granulosit dengan kisaran 10,35% - 14,8%.

Nilai sel granulosit terendah didapatkan pada stasiun 3 pengulangan 1 dengan

nilai sebesar 10,35%. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 1 pengulangan 2 dengan nilai sebesar 14,8%.

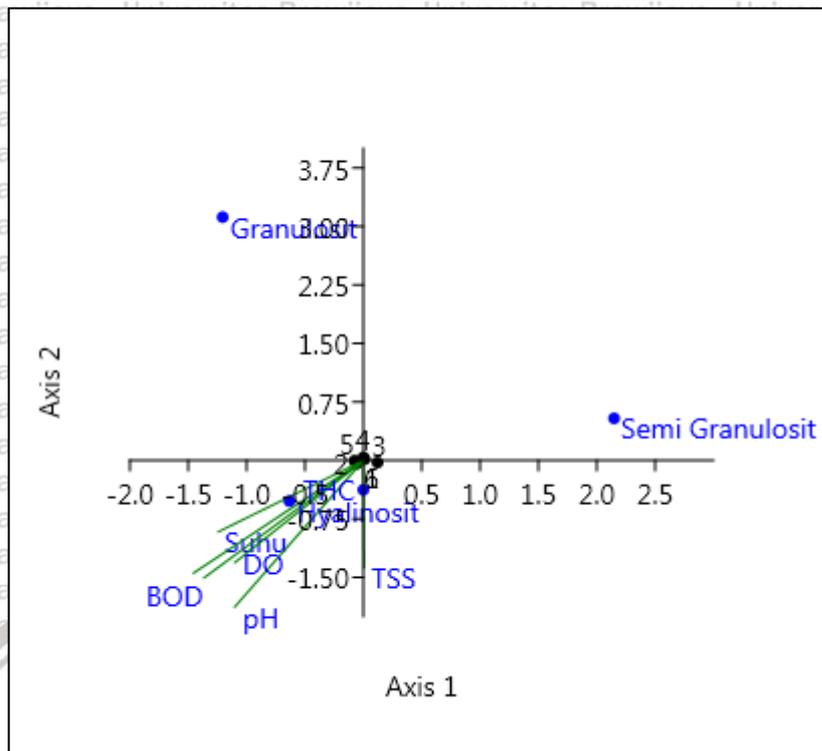
Sel granulosit memiliki variabilitas yang signifikan dalam ukuran dan morfologi. Sel-sel ini dapat berubah bentuk, dimensi dan jumlah pseudopodianya.

Selain itu, granulosit juga memiliki kemampuan untuk menyebar melintasi substrat dan menempel pada sel lain. Hal ini dapat menegaskan peran utama mereka dalam proses enkapsulasi benda asing. Peningkatan jumlah hemosit dan dominasi granulosit pada moluska dengan diameter cangkang besar menunjukkan bahwa sistem pertahanan moluska memperoleh resistensi yang lebih besar terhadap pengaruh berbagai antigen selama hidup individu (Ataev *et al.*, 2016).

#### 4.6 CCA (*Canonical Correspondence Analysis*)

CCA atau *Canonical Correspondence Analysis* biasa digunakan untuk menganalisis ada hubungan antara parameter lingkungan dengan karakter fisik spesies yang hidup di dalamnya (Rustam *et al.*, 2019). Parameter lingkungan yang digunakan dalam penelitian kali ini diantaranya suhu, TSS, pH, DO, BOD dan amoniak yang berperan sebagai variabel *dependent*. Sedangkan karakter biologi spesies sebagai variabel *independent* yaitu THC dan DHC *Pomacea canaliculata*.

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa hemosit pada moluska dipengaruhi oleh stressor lingkungan seperti perubahan salinitas, penurunan oksigen terlarut, peningkatan suhu serta konsentrasi amonia dan nitrat (Hooper *et al.*, 2007). Hasil analisis CCA pada penelitian ini yang menggunakan aplikasi PAST 4.03 dapat dilihat pada **Gambar 25**.



**Gambar 25.** Triplot Analisis CCA Kualitas Air dengan THC dan DHC *Pomacea canaliculata*

Berdasarkan analisis CCA pada **Gambar 25**, menunjukkan bahwa THC dan sel hyalinosit cenderung berasosiasi dengan konsentrasi TSS, pH, BOD, amoniak, suhu dan DO yang sedang hingga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa THC dan sel hyalinosit dipengaruhi oleh konsentrasi TSS, pH, BOD, amoniak, suhu dan DO yang sedang hingga tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa meningkatnya stressor lingkungan seperti suhu dan ph juga dapat meningkatkan THC (Cheng & Chen, 2001).

Variabel sel semi-granulosit cenderung menunjukkan asosiasi dengan TSS, pH, BOD, amoniak, suhu dan DO yang berkonsentrasi rendah hingga sedang. Hal ini berarti sel semi-granulosit dipengaruhi oleh TSS, pH, BOD, amoniak, suhu dan DO dengan konsentrasi rendah hingga sedang. Sedangkan variabel sel granulosit cenderung berasosiasi dengan DO dan suhu konsentrasi sedang hingga tinggi, amoniak dan BOD konsentrasi sedang, pH dan TSS konsentrasi sedang hingga

rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sel granulosit dipengaruhi oleh DO dan suhu dengan konsentrasi sedang hingga tinggi, amoniak dan BOD dengan konsentrasi sedang, pH dan TSS dengan konsentrasi sedang hingga rendah.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di aliran Sungai Brantas Kota Surabaya, Jawa Timur dalam rangka menganalisis kesehatan lingkungan perairan menggunakan profil hemosit gastropoda *Pomacea canaliculata* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dilakukan pengukuran 6 parameter kualitas air dengan hasil sebagai berikut:  
suhu berkisar 29°C - 30°C; TSS berkisar antara 166 mg/L – 183 mg/L; pH berkisar antara 6,9 – 7,3; DO berkisar 4,7 mg/L – 6,9 mg/L; BOD berkisar antara 4,95 mg/L – 6,86 mg/L dan amoniak berkisar antara 0,754 mg/L – 0,895 mg/L. Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran, Sungai Jagir berada pada kategori tercemar ringan.
2. Pengamatan hemosit *Pomacea canaliculata* didapatkan hasil THC sebesar 59 – 64 x 10<sup>4</sup> sel/ml; DHC sel hyalinosit sebesar 57,58% - 65,8%; DHC sel semi-granulosit sebesar 21,37% - 32,08% dan DHC sel granulosit sebesar 10,35% - 14,8%.
3. Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan metode CCA, THC dan sel hyalinosit dipengaruhi oleh 6 variabel parameter kualitas air dengan konsentrasi sedang hingga tinggi. Sel semi-granulosit dipengaruhi 6 variabel parameter kualitas air dengan konsentrasi sedang hingga rendah dan sel granulosit dipengaruhi DO dan suhu dengan konsentrasi sedang hingga tinggi, amoniak dan BOD dengan konsentrasi sedang, pH dan TSS dengan konsentrasi sedang hingga rendah.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di aliran Sungai Brantas, Kota Surabaya, Jawa Timur dalam rangka menganalisis kesehatan lingkungan perairan menggunakan profil hemosit gastropoda *Pomacea canaliculata* dapat dinyatakan bahwa Sungai Jagir berada dalam keadaan tercemar. Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan yang lebih serius dari pemerintah maupun masyarakat sekitar sungai.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyana, K., Supriyono, E., Pamungkas, A., & Thesiana, L. (2017). Evaluasi penggunaan sistem jaring terhadap respons produksi penderaan juvenil lobster pasir (*Panulirus homarus*) menggunakan teknologi resirkulasi. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(3), 139–150. <https://doi.org/10.15578/jkn.v10i3.6188>
- Adrianto, R. (2018). Pemantauan jumlah bakteri Coliform di perairan sungai Provinsi Lampung. *Majalah Tekno Agro Industri (Tegi)*, 10(1), 1–6.
- Aguirre-Guzmán, G., Sánchez-Martínez, J. G., Campa-Córdova, A. I., Luna-González, A., & Ascencio, F. (2009). Penaeid shrimp immune system. *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 39(3), 205–215.
- Aladaileh, S., Nair, S. V., Birch, D., & Raftos, D. A. (2007). Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) hemocytes: Morphology and function. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96(1), 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.02.011>
- Amri, K., Muchlizar, & Ma'mun, A. (2018). Variasi bulanan salinitas, pH, dan oksigen terlarut di Perairan Estuari Bengkalis. *Majalah Ilmiah Globe*, 20(2), 57–66. <https://doi.org/10.24895/mig.2018.20-2.645>
- Andreyeva, A. Y., Efremova, E. S., & Kukhareva, T. A. (2019). Morphological and functional characterization of hemocytes in cultivated mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and effect of hypoxia on hemocyte parameters. *Fish and Shellfish Immunology*, 89(1), 361–367. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.04.017>
- Anwar, Kardhinata, E. H., & Mutia, H. (2015). Identifikasi jenis-jenis ikan di Sungai Batang Gadis Kecamatan Muarasipongi Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*, 2(1), 38–46.
- Arifelia, D., Dianysah, G., & Surbakti, H. (2017). Analisis kondisi perairan ditinjau dari konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan sebaran klorofil-a di muara Sungai Lumpur, Sumatera Selatan. *Maspri Journal*, 9(2), 95–104.
- As-Syakur, A. R., & Wiyanto, D. B. (2016). Studi kondisi hidrologis sebagai lokasi pemantauan terumbu buatan di Perairan Tanjung Benoa. *Jurnal Kelautan*, 9(1), 85–92. <https://journal.trunojoyo.ac.id/jurnalkelautan/article/view/1293/1120>
- Ataev, G. L., Prokhorova, E. E., Kudryavtsev, I. V., & Polevshchikov, A. V. (2016). The influence of trematode infection on the hemocyte composition in *Planorbarius corneus* (Gastropoda, Pulmonata). *Invertebrate Survival Journal*, 13, 164–171. <https://doi.org/10.25431/1824-307x/isj.v13i1.164-171>
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1), 83–98.
- Ayu, D. M., Nugroho, A. S., & Rahmawati, R. C. (2015). Keanekaragaman gastropoda sebagai bioindikator pencemaran lindi TPA Jatibarang di Sungai Kreo Kota Semarang. *Proceeding Biology Education Conference*, 12(1), 700–707.

Bay, M. M., & Anggraeni, T. (2016). Identifikasi tipe sel hemosit larva serangga Trigona Sp ( Hymenoptera : Apidae ) dan fungsinya terhadap pertahanan tubuh. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(3), 39–41.

Boyd, C. E. (1984). Water quality management in aquaculture. *CMFRI Special Publication*, 22.

Braak, C. J. F., & Verdonschot, P. F. M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3), 255–289.

[https://www.researchgate.net/profile/Piet\\_Verdonschot/publication/226318177\\_Canonical\\_correspondence\\_analysis\\_and\\_related\\_multivariate\\_methods\\_in\\_aquatic\\_ecology/links/02e7e5200df9cb6563000000/Canonical-correspondence-analysis-and-related-multivariate-met](https://www.researchgate.net/profile/Piet_Verdonschot/publication/226318177_Canonical_correspondence_analysis_and_related_multivariate_methods_in_aquatic_ecology/links/02e7e5200df9cb6563000000/Canonical-correspondence-analysis-and-related-multivariate-met)

Brown, K. M., & Lydeard, C. (2010). Mollusca: Gastropoda. In *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (Third Edit). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00010-8>

Chaichana, R., & Sumpun, T. (2014). The potential ecological impact of the exotic snail *Pomacea canaliculata* on the Thai native snail *Pila scutata*. *ScienceAsia*, 40(1), 11–15. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2014.40.011>

Cheng, W., & Chen, J. C. (2001). Effects of intrinsic and extrinsic factors on the haemocyte profile of the prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish and Shellfish Immunology*, 11(1), 53–63. <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0293>

Cheng, W., Hsiao, I. S., & Chen, J. C. (2004). Effect of ammonia on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 17(3), 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.03.004>

Cheng, W., Li, C. H., & Chen, J. C. (2004). Effect of dissolved oxygen on the immune response of *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 232(1–4), 103–115. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00488-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00488-5)

Cong, M., Wu, H., Yang, H., Zhao, J., & Lv, J. (2017). Gill damage and neurotoxicity of ammonia nitrogen on the clam *Ruditapes philippinarum*. *Ecotoxicology*, 26, 459–469. <https://doi.org/10.1007/s10646-017-1777-4>

Cueto, J. A., Rodriguez, C., Vega, I. A., & Castro-Vazquez, A. (2015). Immune defenses of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae): Phagocytic hemocytes in the circulation and the kidney. *PLoS ONE*, 10(4), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123964>

Dewhatley, M. C. (2018). *Impacts of ammonia and temperature on freshwater snail behavior and physiology*. University of Louisville.

Estebenet, A. L., & Martín, P. R. (2002). *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): Life-history traits and their plasticity. *Biocell*, 26(1), 83–89.

Fu, Q., Zheng, B., Zhao, X., Wang, L., & Liu, C. (2012). Ammonia pollution characteristics of centralized drinking water sources in China. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 24(10), 1739–1743.

[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(11\)61011-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(11)61011-5)

Global Biodiversity Information Facility . 2021. Classification of *Pomacea canaliculata*. <https://www.gbif.org/species/2292582> diakses pada tanggal 21 Juni 2021.

Hamidah, A. (2015). Jenis dan kepadatan moluska di Danau Kerinci Provinsi Jambi. *Prosiding Semirata*, 66–73.

Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>

Hartinah, Sennung, L. P. La, & Hamal, R. (2014). Performa jumlah dan diferensiasi sel hemosit juvenil udang windu (*Penaeus monodon* Fabr.) pada pemeliharaan dengan tingkat teknologi budidaya yang berbeda. *Jurnal Bionature*, 15(2), 104–110.

Hasibuan, R. B., Irawan, H., & Yulianto, T. (2018). Pengaruh suhu terhadap daya tetas telur Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*). *Intek Akuakultur*, 2(2), 49–57.

Hastuti, Y. P., Affandi, R., Millaty, R., Tridesianti, S., & Nurussalam, W. (2019). Suhu terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih Kepiting Bakau *Scylla serrata* di sistem resirkulasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2), 311–322. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i2.22727>

Hertika, A. M. S., Supriatna, Darmawan, A., Nugroho, B. A., Handoko, A. D., Qurniawati, A. Y., & Prasetyawati, R. A. (2021). Profil hemosit Susuh Kura (*Sulcospira testudinaria*) dalam rangka mengevaluasi kualitas perairan wilayah konservasi Badher Bank, Desa Tawangrejo, Kecamatan Binangun, Kabupaten Blitar. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(1), 106–118.

Hitalessy, R. B., Leksono, A. S., & Herawati, E. Y. (2015). Struktur komunitas dan asosiasi gastropoda dengan tumbuhan lamun di Perairan Pesisir Lamongan Jawa Timur. *J-PAL*, 6(1), 64–73.

Hooper, C., Day, R., Slocombe, R., Handlinger, J., & Benkendorff, K. (2007). Stress and immune responses in abalone: Limitations in current knowledge and investigative methods based on other models. *Fish and Shellfish Immunology*, 22(4), 363–379. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2006.06.009>

Ira, Rahmadani, & Irawati, N. (2015). Keanekaragaman dan kepadatan gastropoda di Perairan Morindo Kecamatan Kambowa Kabupaten Buton Utara. *Aquasains*, 265–271.

Isnainingsih, N. R., & Marwoto, R. M. (2011). Keong hama Pomacea di Indonesia: Karakter morfologi dan sebarannya (Mollusca, Gastropoda: Apullariidae). *Berita Biologi*, 10(4), 441–447.

Jakfar, Agustono, & Manan, A. (2014). Deteksi logam timbal (Pb) pada ika nila (*Oreochromis niloticus*) di sepanjang Sungai Kalimas Surabaya. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 6(1), 43–48. <https://e-journal.unair.ac.id/JIPK/article/view/11380>

Karyanto, P., Maridi, & Indrowati, M. (2004). Variasi cangkang gastropoda



- ekosistem mangrove Cilacap sebagai alternatif sumber pembelajaran moluska; gastropoda. *Bioedukasi*, 1(1), 1–6.
- Kato, S., Matsui, T., Gatsogiannis, C., & Tanaka, Y. (2018). Molluscan hemocyanin: structure, evolution, and physiology. *Biophysical Reviews*, 10, 191–202. <https://doi.org/10.1007/s12551-017-0349-4>
- Laksana, I., Mahmud, & Prihatin, N. S. (2020). Peningkatan transfer oksigen pada Cascade Aerator dengan inovasi bak terjunan. *JTAM*, 3(1), 49–60.
- Loker, E. S. (2010). Gastropod Immunobiology. In *Invertebrate Immunity* (pp. 17–43).
- Lusiana, N., Widiatmono, B. R., & Luthfiyana, H. (2020). Beban pencemaran BOD dan karakteristik oksigen terlarut di Sungai Brantas Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 354–366. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366>
- Matozzo, V., & Marin, M. G. (2011). Bivalve immune responses and climate changes: is there a relationship? *Invertebrate Survival Journal*, 8(1), 70–77.
- Muslim, M. A., Setyawan, R. A., Basuki, A., & Razak, A. A. (2020). Sistem monitoring kesehatan berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal EECCIS*, 14(2), 41–44. <https://doi.org/10.31602/ajst.v5i2.2913>
- Nam, S. E., Haque, M. N., Lee, J. S., Park, H. S., & Rhee, J. S. (2020). Prolonged exposure to hypoxia inhibits the growth of Pacific abalone by modulating innate immunity and oxidative status. *Aquatic Toxicology*, 227, 105596. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105596>
- Nento, R., Sahami, F., & Nursinar, S. (2013). Kelimpahan, keanekaragaman dan pemerataan gastropoda di Ekosistem Mangrove Pulau Dudepo, Kecamatan Angrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 1(1), 41–47.
- Nugroho, A. A., Rudiyantri, S., & Haeruddin. (2014). Efektivitas penggunaan ikan sapu-sapu (*Hypostomus plecostomus*) untuk meningkatkan kualitas air limbah pengolahan ikan (berdasarkan nilai BOD, COD, TOM). *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(4), 15–23.
- Oktavia, R. (2018). Inventarisasi hewan invertebrata di Perairan Pasir Putih Lhok Mee Kabupaten Aceh Besar. *Bionatural*, 5(1), 61–72.
- Pila, E. A., Li, H., Hambrook, J. R., Wu, X., & Hanington, P. C. (2017). Schistosomiasis from a Snail's Perspective: Advances in Snail Immunity. *Trends in Parasitology*, 33(11), 845–857. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.07.006>
- Pizarro, J., Vergara, P. M., Morales, J. L., Rodríguez, J. A., & Vila, I. (2014). Influence of land use and climate on the load of suspended solids in catchments of Andean rivers. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 835–843. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3420-z>
- Prakoso, A. A. (2018). Arahan pengembangan kawasan wisata Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan (JUARA)*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.31101/juara.v1i1.361>
- Pramana, I. Id. A. W., & Samino, S. (2014). Uji toksisitas akut biopestisida pada *Bellamyia javanica*, v. d Bush 1884 dan *Lymnaea rubiginosa*, Michellin 1831.

- Biotropika*, 2(4), 235–239.
- Prastowo, B. W., Lareu, R., Caccetta, R., & Fotedar, R. (2020). Determination of cell type and haemocyte morphometric characteristics of Western Australia Freshwater Crayfish (*Cherax cainii*) at different temperatures in vitro. *E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 8(2), 1009–1028.
- Purnama, P. R., Nastiti, N. W., Agustin, M. E., & Affandi, M. (2011). Diversitas Gastropoda di Sungai Sukamade, Taman Nasional Meru Betiri, Jawa Timur. *Berkala Penelitian Hayati*, 16, 143–147. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.16.2.20116>
- Purwanto, H., Pribadi, T. A., & Martuti, N. K. (2014). Struktur komunitas dan distribusi ikan di Perairan Sungai Juwana Pati. *Unnes Journal of Life Science*, 3(1), 59–67.
- Putri, M. F., Sarjito, & Suminto. (2013). Pengaruh penambahan Spirulina sp. dalam pakan buatan terhadap jumlah total hemosit dan aktivitas fagositosis Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 2(1), 102–112.
- Rahmasari, T., Purnomo, T., & Ambarwati, R. (2015). Keanekaragaman dan kelimpahan gastropoda di Pantai Selatan Kabupaten Pamekasan, Madura. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 7(1), 48–54. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v7i1.3535>
- Ramadhani, N. S., Purnaini, R., & Utomo, K. P. (2013). Analisis sebaran oksigen terlarut saluran Sungai Jawi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v1i1.2110>
- Riana, F., Erfiani, & Wigena, A. H. (2015). Perbandingan metode kekar Boweright Midcovariance dan Minimum Covariance Determinant dalam analisis korelasi kanonik. *Jurnal Krea-TIF*, 3(2), 38–50.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P. S. (2016). Penentuan kandungan zat padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 36–46.
- Risjani, Y., Mutmainnah, N., Manurung, P., Wulan, S. N., & Yunianta. (2021). Exopolysaccharide from *Pophyridium cruentum* (purpureum) is not toxic and stimulates immune response against vibriosis: The assessment using zebrafish and white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Marine Drugs*, 19(133), 1–17.
- Riyanto. (2002). Studi faktor abiotik yang mempengaruhi kehidupan populasi keong mas (*Pomacea canaliculata* L.) di Kecamatan Belitang Oku. *Forum MIPA*, 7(1), 44–48.
- Rodriguez, C., Prieto, G. I., Vega, I. A., & Castro-Vazquez, A. (2018). Assessment of the kidney and lung as immune barriers and hematopoietic sites in the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *PeerJ*, 2018(10), 1–25. <https://doi.org/10.7717/peerj.5789>
- Rohmin, M. F. T., Mahasri, G., & Rantam, F. A. (2017). Response analysis of urban vaname (*Litopenaeus vannamei*) which is exposed to crude protein *Zoothamniumpenaei* oral and maintained in ponds. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(2), 143–157.

- Rumahlatu, D., & Leiwakabessy, F. (2017). Biodiversity of gastropoda in the coastal waters of Ambon Island, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(2), 285–296.
- Rustam, S. N. R. N., Hadi, U. K., & Soviana, S. (2019). Distribusi Simulium Spp. (Diptera : Simuliidae) pradewasa pada kualitas air dan karakteristik fisik sungai berbeda di Kabupaten Bogor. *Jurnal Veteriner*, 20(4), 511–518. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2019.20.4.511>
- Sagita, R., Suwondo, & Yustina. (2017). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berdasarkan bioindikator keong mas (*Pomacea canaliculata*) sebagai rancangan modul biologi-konsep pencemaran di SMA. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau*, 4(2), 1–13.
- Saputra, K., Sutriyono, & Brata, B. (2018). Populasi dan distribusi keong mas (*Pomacea canaliculata* L.) sebagai sumber pakan ternak pada ekosistem persawahan di Kota Bengkulu. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 13(2), 189–201.
- Sari, A. H. W., Risjani, Y., & Mahendra, A. P. W. (2014). Efek konsentrasi sublethal fenol terhadap Total Haemocyte Count (THC) dan histologi insang Kepiting Bakau (*Scylla serata*). *The Journal of Experimental Life Sciences*, 2(2), 82–88. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2012.002.02.04>
- Saripantung, G. L., Tamanampo, J. F. W. S., & Manu, G. (2013). Struktur komunitas gastropoda di hamparan lamun daerah intertidal Kelurahan Tongkeina Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3), 102–108. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- Silva, B. B. T. N., Alves, L. C., Brayner, F. A., Portela Junior, N. C., Tenório, F. das C. A. M., Lira, A. C. S., de Albuquerque, Y. M. L., Neto, C. J. C. L., Wanderley-Teixeira, V., & Teixeira, A. A. C. (2019). Immunological parameters of the *Pomacea lineata* Spix, 1827 (Mollusca: Caenogastropoda) exposed to *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907. *Acta Parasitologica*, 64(1), 31–43. <https://doi.org/10.2478/s11686-018-00005-9>
- Suci, A. N. N., Bengen, D. G., & Zamani, N. P. (2019). Maximum thermal tolerance of tropical marine gastropods, *Haliotis squamata* (Reeve 1846). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 595–600.
- Sulastri, Nomosatriyo, S., & Hamdani, A. (2016). Kondisi lingkungan perairan dan keanekaragaman sumber daya ikan di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Bawal*, 8(1), 1–12.
- Surbakti, S. B. (2011). Biologi dan ekologi Thiaridae (Moluska: Gastropoda) di Danau Sentani Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 3(2), 59–66. <http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/JBP/article/view/550>
- Suresh, P. G., Reju, M. K., & Mohandas, A. (1994). Factors influencing Total Haemocyte Counts in freshwater gastropods. *Comparative Haematology International*, 4, 17–24.
- Susana, T. (2009). Tingkat keasaman (pH) dan oksigen terlarut sebagai indikator kualitas air perairan sekitar muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 33–39.
- Susilowati, Sutrisno, J., Masykuri, M., & Maridi. (2018). Dynamics and factors that

- affects DO-BOD concentrations of Madiun River. *AIP Conference Proceedings*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.5082457>
- Sutopo, P., Cahyadi, D., & Arifin, Z. (2016). Sistem informasi eksekutif sebaran penjualan kendaraan bermotor roda 2 di Kalimantan Timur berbasis web. *Informatika Mulawarman*, 11(1), 23–28. <https://doi.org/10.30872/jim.v11i1.199>
- Syawal, M. S., Wardiatno, Y., & Hariyadi, S. (2016). Pengaruh aktivitas antropogenik terhadap kualitas air, sedimen dan moluska di Danau Maninjau Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(1), 1–14.
- Tamyiz, M. (2015). Perbandingan rasio BOD/COD pada area tambak di hulu dan hilir terhadap biodegradabilitas bahan organik. *Journal of Research and Technology*, 1(1), 9–15.
- Wahyuni, I., Indah Juwita Sari, & Bambang Ekanara. (2017). Biodiversitas mollusca (gastropoda dan bivalvia) sebagai bioindikator kualitas perairan di Kawasan Pesisir Pulau Tunda, Banten. *Jurnal Biodidaktika*, 12(2), 45–56. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/biodidaktika/article/viewFile/2329/1822>
- Wantasen, A. S. (2013). Kondisi kualitas perairan dan substrat dasar sebagai faktor pendukung aktivitas pertumbuhan mangrove di Pantai Pesisir Desa Basaan I, Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(4), 204–209. <https://doi.org/10.35800/jip.1.4.2013.3704>
- Warman, I. (2015). Uji kualitas air muara sungai Lais untuk perikanan di Bengkulu Utara. *Jurnal Agroqua*, 13(2), 24–33.
- Wijayanti, D. A., Hertika, A. M. S., & Yanuwadi, B. (2018). An analysis on hemocytes profile in Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) and water quality in freshwater aquaculture ponds. *The Journal of Experimental Life Sciences*, 8(1), 7–14. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2018.008.01.02>
- Wirasatriya, A. (2011). Pola distribusi klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Toli Toli, Sulawesi. *Buletin Oseanografi Marina*, 1(1), 137–149.
- Wu, J. L., Ho, C. R., Huang, C. C., Srivastav, A. L., Tzeng, J. H., & Lin, Y. T. (2014). Hyperspectral sensing for turbid water quality monitoring in freshwater rivers: Empirical relationship between reflectance and turbidity and total solids. *Sensors (Switzerland)*, 14(12), 22670–22688. <https://doi.org/10.3390/s141222670>
- Xian, J. A., Zhang, X. X., Guo, H., Wang, D. M., & Wang, A. L. (2016). Cellular responses of the tiger shrimp *Penaeus monodon* haemocytes after lipopolysaccharide injection. *Fish and Shellfish Immunology*, 54, 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.130>
- Zahida, F., & Subagja, J. (2010). Penggunaan operkulum dalam penentuan umur pada *Rhinoclavis sinensis* Gmelin 1791 (Gastropoda: Cerithiidae). *Biota*, 15(3), 435–440.
- Zamorano, P., & Hendrickx, M. E. (2012). Distribution of *Lucinoma heroica* (Mollusca: Bivalvia: Lucinidae) in the minimum oxygen zone in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biodiversity Records*, 5, 1–8. <https://doi.org/10.1017/S1755267212000644>

Zellatifanny, C. M., & Mudjiyanto, B. (2018). Tipe penelitian deskripsi dalam ilmu komunikasi. *Diakom: Jurnal Media Dan Komunikasi*, 1(2), 83–90. <https://doi.org/10.17933/diakom.v1i2.20>

Zuliarni, S. (2012). Pengaruh kinerja keuangan terhadap harga saham pada perusahaan mining and mining service di Bursa Efek Indonesia (BEI). *Jurnal Aplikasi Bisnis*, 3(1), 36–48.



## LAMPIRAN

## Lampiran 1. Alat dan Bahan

Tabel 2. Alat dan Kegunaannya

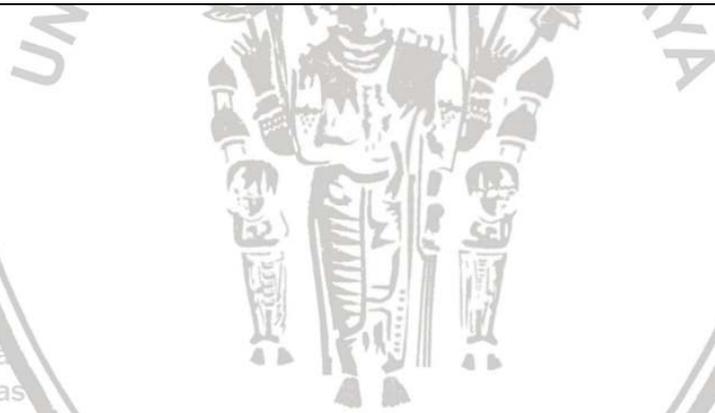
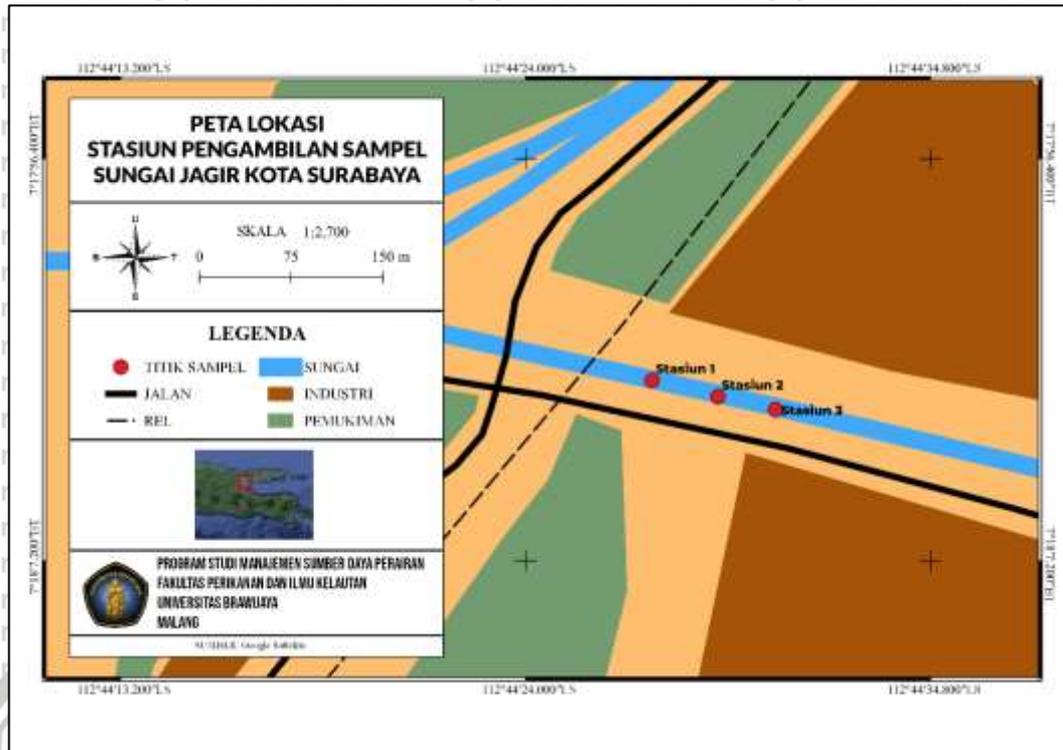
No	Alat	Kegunaan
1	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengukuran parameter kualitas air dan hemosit <i>Pomacea canaliculata</i>
2	Termometer Hg	Untuk mengukur suhu perairan
3	DO meter	Untuk mengukur kadar DO perairan
4	Erlenmeyer	Untuk tempat menghomogenkan larutan
5	Cuvet	Untuk tempat larutan saat dimasukkan ke dalam spektrofotometer
6	Tabung gelas	Untuk tempat larutan
7	Spektrofotometer	Untuk menghitung kadar ammonia, Cd, Pb, Hg
8	<i>Washing bottle</i>	Untuk wadah akuades
9	Gelas ukur	Untuk mengukur larutan dan air sampel
10	Mikroskop	Untuk mengamati hemosit gastropoda
11	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan dalam skala kecil
12	Sputit	Untuk mengambil hemolimfa gastropoda
13	Appendorf	Untuk tempat semetara hemolimfa gastropoda
14	Nampan	Untuk tempat membedah gastropoda
15	Haemocytometer	Untuk menghitung hemosit gastropoda
16	GPS	Untuk mengetahui letak geografis lokasi sampel
17	Botol air mineral	Untuk wadah air sampel dan gastropoda sementara
18	pH paper	Untuk mengukur nilai pH perairan
19	Botol DO	Untuk mengukur kandungan oksigen terlarut pad pengukuran BOD
20	<i>Vacuum pump</i>	Untuk mengukur TSS

21	Toples kecil	Untuk wadah gastropoda sementara
22	Cool box	Untuk wadah air sampel sementara
23	Oven	Untuk mengeringkan kertas saring
24	Neraca analitik	Untuk mengukur berat konstan

**Tabel 3.** Bahan dan Kegunaannya

No	Bahan	Kegunaan
1	Air sampel	Sebagai bahan yang diuji
2	Larutan nessler	Sebagai pengikat amoniak
3	Larutan natrium sitrat 10%	Sebagai antikoagulan
4	Aquades	Sebagai larutan pengkalibrasi
5	Hemolimfa gastropoda <i>Pomacea canaliculata</i>	Sebagai objek yang diamati
6	Tissue	Sebagai pembersih alat dan bahan yang kotor
7	Alumunium foil	Sebagai penutup botol DO dalam perhitungan BOD
8	Cover glass	Sebagai penutup objek pengamatan
9	Kertas saring	Sebagai penyaring padatan tersuspensi
10	Lateks	Sebagai pelindung tangan

## Lampiran 2. Lokasi Penelitian



Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Kalitas Air

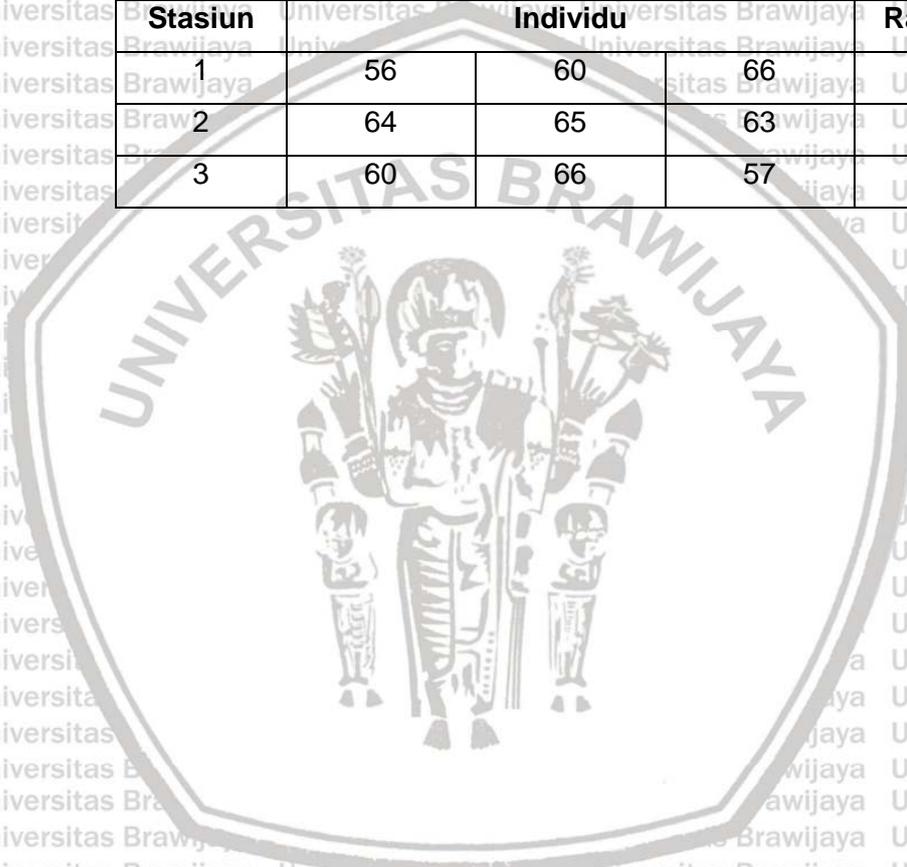
Tabel 4. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Parameter	Satuan	Pengulangan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Baku mutu air kelas 2 (PP No 22 Th. 2021)
Suhu	°C	1	29	30	29.5	Deviasi 3
		2	29.5	30	30	
TSS	mg/L	1	180	183	179	50
		2	176	175	166	
pH		1	6.9	7.3	7.1	6-9
		2	7	7.2	7.1	
DO	mg/L	1	5.9	6.7	6.1	4
		2	5.3	6.9	6.8	
BOD	mg/L	1	5.33	6.48	5.71	3
		2	4.95	6.86	6.10	
Amoniak	mg/L	1	0.754	0.895	0.799	0,2
		2	0.787	0.861	0.851	

Lampiran 4. Data Hasil THC (*Total Haemocyte Count*) Gastropoda *Pomacea canaliculata*

Tabel 5. Hasil THC (*Total Haemocyte Count*) Gastropoda *Pomacea canaliculata*

Pengulangan 1				
Stasiun	Individu			Rata-rata
1	62	60	55	59
2	61	60	66	62,3
3	66	64	61	63,7
Pengulangan 2				
Stasiun	Individu			Rata-rata
1	56	60	66	60,7
2	64	65	63	64
3	60	66	57	61



Lampiran 5. Data Hasil DHC (*Differential Haemocyte Count*) Gastropoda *Pomacea canaliculata*

Tabel 6. Hasil DHC (*Differential Haemocyte Count*) Gastropoda *Pomacea canaliculata*

Pengulangan 1					
Nama sel	Stasiun	Individu			Rata-rata
Hyalinosit		64.52	60.00	56.36	60.29
Semi Granulosit	1	24.19	23.33	30.91	26.15
Granulosit		11.29	16.67	12.73	13.56
Hyalinosit		65.57	66.67	65.15	65.80
Semi Granulosit	2	19.67	20.00	25.76	21.81
Granulosit		14.75	13.33	9.09	12.39
Hyalinosit		56.06	60.94	55.74	57.58
Semi Granulosit	3	27.27	31.25	37.70	32.08
Granulosit		16.67	7.81	6.56	10.35
Pengulangan 2					
Nama sel	Stasiun	Individu			Rata-rata
Hyalinosit		57.14	61.67	59.09	59.30
Semi Granulosit	1	26.79	26.67	24.24	25.90
Granulosit		16.07	11.67	16.67	14.80
Hyalinosit		65.63	63.08	63.49	64.06
Semi Granulosit	2	20.31	20.00	23.81	21.37
Granulosit		14.06	16.92	12.70	14.56
Hyalinosit		60.00	59.09	61.40	60.16
Semi Granulosit	3	21.67	33.33	22.81	25.94
Granulosit		18.33	7.58	15.79	13.90

Lampiran 6. Data Hasil Pengukuran Panjang *Pomacea canaliculata*

Tabel 7. Hasil Pengukuran Panjang *Pomacea canaliculata*

Pengulangan 1			
Stasiun	Panjang (cm)		
1	5.98	5.59	5.83
2	5.17	6.85	6.74
3	4.17	6.33	5.21
Pengulangan 2			
Stasiun	Panjang (cm)		
1	4.14	5.56	6.08
2	4.93	4.22	5.02
3	5.94	6.48	5.35

Tabel 8. Pengukuran Panjang-Berat *Pomacea canaliculata* (Chaichana & Sumpun, 2014)

No	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (gr)
1.	2,20±0,68	1,94±0,62	3,2±2,1
2.	2,12±0,58	2,04±0,66	2,6±1,4

Lampiran 7. Data Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran

Tabel 9. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran

No	Stasiun	Parameter	Ci	LiJ	Ci/LiJ	Ci/LiJ baru	Ci/LiJ baru rata-rata	Ci/LiJ baru max	IP	Status
1	1	Suhu	29	27-32		0.20	1.83	3.88	4.29	Tercemar ringan
		Ph	6.9	6-9		0.40				
		DO	5.9	4		0.48				
		BOD	5.33	3	1.78	2.25				
		TSS	180	50	3.60	3.78				
		Amoniak	0.754	0.2	3.77	3.88				
1	2	Suhu	30	27-32		0.20	1.89	4.25	4.65	Tercemar ringan
		Ph	7.3	6-9		0.13				
		DO	6.7	4		0.24				
		BOD	6.48	3	2.16	2.67				
		TSS	183	50	3.66	3.82				
		Amoniak	0.895	0.2	4.48	4.25				
3	3	Suhu	29.5	27-32		0.00	1.81	4.01	4.40	Tercemar ringan
		Ph	7.1	6-9		0.27				

No	Stasiun	Parameter	Ci	LiJ	Ci/LiJ	Ci/LiJ baru	Ci/LiJ baru rata-rata	Ci/LiJ baru max	IP	Status
		DO	6.1	4		0.42				
		BOD	5.71	3	1.90	2.40				
		TSS	179	50	3.58	3.77				
		Amoniak	0.799	0.2	4.00	4.01				
	1	Suhu	29.5	27-32		0.00				
	1	Ph	7	6-9		0.33				
	1	DO	5.3	4		0.64	1.80	3.97	4.36	Tercemar ringan
	1	BOD	4.95	3	1.65	2.09				
	1	TSS	176	50	3.52	3.73				
	1	Amoniak	0.787	0.2	3.94	3.97				
	2	Suhu	30	27-32		0.20				
	2	Ph	7.2	6-9		0.20				
	2	DO	6.9	4		0.18	1.88	4.17	4.57	Tercemar ringan
	2	BOD	6.86	3	2.29	2.80				
	2	TSS	175	50	3.50	3.72				
	2	Amoniak	0.861	0.2	4.31	4.17				

No	Stasiun	Parameter	Ci	LiJ	Ci/LiJ	Ci/LiJ baru	Ci/LiJ baru rata-rata	Ci/LiJ baru max	IP	Status
	3	Suhu	30	27-32		0.20	1.83	4.14	4.53	Tercemar ringan
		Ph	7.1	6-9		0.27				
		DO	6.8	4		0.21				
		BOD	6.1	3	2.03	2.54				
		TSS	166	50	3.32	3.61				
		Amoniak	0.851	0.2	4.26	4.14				

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian

a. Pengukuran Kualitas Air



Pengukuran suhu



Pengukuran BOD



Pengukuran TSS



Pengukuran amoniak



Wawancara dengan penduduk setempat

b. Pengambilan Hemosit *Pomacea canaliculata*



Pengambilan Na-Sitrat 10%



Pengambilan hemolim gastropoda



Memasukkan hemolim pada appendorf



Penambahan larutan *Trypan Blue*

c. Pengamatan THC dan DHC *Pomacea canaliculata*



Meneteskan hemolim pada *haemocytometer*



Menutup *haemocytometer* dengan *cover glass*



Pengamatan hemosit

