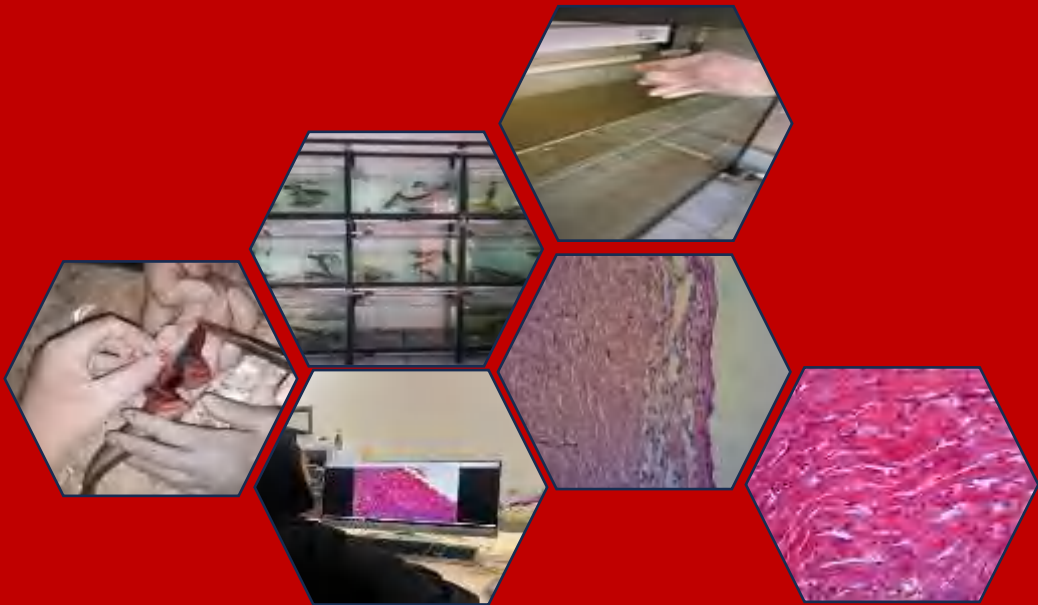


**GAMBARAN HISTOPATOLOGI JANTUNG IKAN LELE SANGKURIANG
(*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) YANG TERPAPAR LIMBAH SOLAR
PASCA PEMBERIAN BIOSURFAKTAN**



FIRDHANI ALWAALI

C031201009

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI JANTUNG IKAN LELE SANGKURIANG
(*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) YANG TERPAPAR LIMBAH SOLAR
PASCA PEMBERIAN BIOSURFAKTAN**

**FIRDHANI ALWAALI
C031 20 1009**



**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**HISTOPATHOLOGICAL IMAGE OF THE HEART OF SANGKURIANG
CATFISH (*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) EXPOSED TO SOLAR
WASTE AFTER BIOSURFACTANT ADMINISTRATION**

**FIRDHANI ALWAALI
C031 20 1009**



**ETERINARY MEDICINE STUDY PROGRAM
FACULTY OF MEDICINE
HASANUDDIN UNIVERSITY
MAKASSAR INDONESIA
2024**

Optimized using
trial version
www.balesio.com

**GAMBARAN HISTOPATOLOGI JANTUNG IKAN LELE SANGKURIANG
(*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) YANG TERPAPAR LIMBAH SOLAR
PASCA PEMBERIAN BIOSURFAKTAN**

**FIRDHANI ALWAALI
C031 20 1009**

SKRIPSI

untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kedokteran Hewan

Pada

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



**GAMBARAN HISTOPATOLOGI JANTUNG IKAN LELE SANGKURIANG
(*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) YANG TERPAPAR LIMBAH SOLAR
PASCA PEMBERIAN BIOSURFAKTAN**

FIRDHANI ALWAALI

C031 20 1009

SKRIPSI

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Kedokteran Hewan pada 30 Mei
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

Mengesahkan:
Pembimbing Utama



Andi Ninnong Renita Relatami, S.Pi, M.Si
1987550022



Mengetahui
Ketua Program Studi,



Dr. drh. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet.
NIP. 19730216 199903 2001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar adalah hasil karya saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa pernyataan saya ini tidak benar, maka skripsi dan gelar yang diperoleh dibatalkan dan dikenakan sanksi akademik yang berlaku. Demikian pernyataan keaslian ini dibuat untuk dapat digunakan seperlunya.

Makassar, 11 Juni 2024

Yang menyatakan

Firdhani Alwaali
C031201009



Optimized using
trial version
www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena berkat dan anugerah-Nya yang melimpah kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Gambaran Histopatologi Jantung Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus* Var. *Sangkuriang*) Yang Terpapar Limbah Solar Pasca Pemberian Biosurfaktan” sebagai salah satu syarat mengerjakan skripsi pada program pendidikan strata satu Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin dapat diselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari kedua orang tua saya tercinta ibu Suryani Hakim dan ayah Abdul Khalik serta saudara saya Fadhilah Awalia dan Fildzah Aliyah yang selalu ada setiap saat dari kecil hingga dewasa, memberikan dukungan serta doa kepada penulis. Kepada segenap keluarga saya atas doa dan dukungan yang tiada hentinya, serta berbagai pihak yang telah membantu selama proses penulisan dan penelitian. Oleh karena itu, penulis merasa sangat bersyukur dan ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, SpPD-KGH, SpGK selaku Dekan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin.
3. Dr. drh. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet selaku Ketua Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
4. Andi Ninnong Renita Relatami, S.Pi, M.Si dan Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet selaku pembimbing atas waktu, bimbingan, arahan, serta masukan selama penyusunan skripsi hingga selesainya skripsi ini.
5. Drh. Muhammad Ardiansyah Nurdin, M.Si dan Drh. Rini Amriani, M.Biomedsebagai dosen penguji seminar proposal dan seminar hasil yang telah memberikan masukan-masukan dan penjelasan untuk perbaikan penulisan skripsi ini.
6. Drh. Adryani Ris, M.Si. selaku penasehat akademik penulis selama menempuh pendidikan pada Program Studi Kedokteran Hewan.
7. Segenap panitia seminar proposal dan seminar hasil atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis.
8. Staf pengajar yang telah banyak membantu dan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan pada Program Studi Kedokteran Hewan.
9. Staf tata usaha Program Studi Kedokteran Hewan Ibu Ida, Ibu Ayu, Ibu Marta dan Pak Heri yang selalu membantu penulis melengkapi berkas,
10. Kepada teman penelitian Lele Toxic Dayana Amalia, Fatimah Nur Ilyina, Ghina Rizqi Iqbal dan Muh. Haikal yang senantiasa membantu dalam



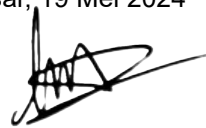
in seperjuangan dari BASGOR ARIFIN, Aulia Shafwana, Daud H, Fatimah Nur Illiyina, Dayana Amalia Putri Amalia Febriani H dan Zahrotunnisa Aningpura yang sudah menjadi tempat ah bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini, an-teman seperjuangan CIONE yang telah membantu dalam saran dan masukan selama pengerjaan skripsi, khususnya A.

Nurabrar Triwinarsih yang selalu memberikan dukungan positif kepada penulis,

13. Terima kasih kepada muhammad rafly yang selalu ada membimbing, menemani dan menjadi pendengar segala keluhan penulis selama perkuliahan, penelitian sampai skripsi ini selesai.
14. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu-persatu yang telah memberikan bantuan dan motivasi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya. Sehingga akhirnya proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Makassar, 19 Mei 2024



Firdhani Alwaali



ABSTRAK

FIRDHANI ALWAALI. Gambaran Histopatologi Jantung Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus* Var. *Sangkuriang*) Yang Terpapar Limbah Solar Pasca Pemberian Biosurfaktan. (dibimbing oleh Andi Ninnong Renita Relatami dan Dwi Kesuma Sari).

Latar Belakang. Indonesia adalah kawasan industri yang masif memproduksi minyak mentah, namun hal tersebut dapat berdampak kepada lingkungan. Tercatat ada banyak kasus tumpahan minyak khususnya solar ke perairan yang berdampak bagi hewan disana, sala satunya ikan lele. Upaya untuk meminimalisir efek senyawa toksik yang terkandung di dalam minyak solar yang tumpah keperairan dapat melalui teknik bioremediasi dengan biosurfaktan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh pemberian biosurfaktan terhadap gambaran histopatologi jantung ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratoris dengan total sampel 24 ekor ikan lele sangkuriang yang dikelompokkan menjadi 4, diantaranya A sebagai kelompok kontrol negatif; B sebagai kelompok kontrol positif dengan penambahan limbah solar; C sebagai kelompok perlakuan limbah solar ditambah biosurfaktan dari *Lysinibacillus fusiformis*; D sebagai kelompok perlakuan limbah solar ditambah biosurfaktan dari *Bacillus cereus*. **Hasil.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biosurfaktan memberikan perubahan pada pengamatan histopatologi jantung. Kelompok terpapar limbah solar pada jantung ditemukan hemoragi, infiltrasi sel radang, nekrosis dan vakuolisasi. Setelah diberi biosurfaktan dari *Lysinibacillus fusiformis* pada jantung ditemukan vakuolisasi disertai infiltrasi sel radang dan kelompok yang diberi biosurfaktan dari *Bacillus cereus* pada jantung ditemukan hemoragi, infiltrasi sel radang dan vakuolisasi. **Kesimpulan.** Paparan limbah solar pada jantung menyebabkan kerusakan tingkat berat, namun setelah diberi biosurfaktan menunjukkan perubahan tingkat kerusakan. Perubahan setelah pemberian biosurfaktan dari *Lysinibacillus fusiformis* menunjukkan kerusakan kategori minim jika dibandingkan pemberian biosurfaktan dari *Bacillus cereus* dengan hasil pengamatan menunjukkan kerusakan kategori sedang. Jenis biosurfaktan yang berbeda menunjukkan perubahan yang berbeda.

Kata kunci : Biosurfaktan, Jantung, Histopatologi, Ikan lele sangkuriang, Limbah solar



ABSTRACT

FIRDHANI ALWAALI. Histopathological Image of the Heart of Sangkuriang Catfish (*Clarias Gariepinus* Var. *Sangkuriang*) Exposed to Solar Waste After Biosurfactant Administration (supervised by oleh Andi Ninnong Renita Relatami and Dwi Kesuma Sari).

Background. Indonesia is an industrialized country that generates a lot of crude oil, which might have an impact on the environment. There have been numerous reports of oil spills, particularly diesel fuel, into the waters, which have had an influence on the animals present, one of which is catfish. **Objective.** The purpose of this study is to see how biosurfactant administration affects the histological picture of the heart of sangkuriang catfish exposed to diesel waste. **Method.** This study employed laboratory experimental methods with a total sample of 24 Sangkuriang catfish divided into four groups: A as the negative control group; B as the positive control group with the addition of diesel waste; C as the treatment group for diesel waste plus biosurfactant from *Lysinibacillus fusiformis*; and D as the treatment group for diesel waste plus biosurfactant from *Bacillus cereus*. **Results.** The results demonstrated that administering biosurfactant resulted in changes in heart histological observations. The group exposed to diesel exhaust discovered bleeding, inflammatory cell infiltration, necrosis, and vacuolization in the heart. After administering a biosurfactant from *Lysinibacillus fusiformis* to the heart, vacuolization was detected as well as inflammatory cell infiltration; in the group administered a biosurfactant from *Bacillus cereus* to the heart, hemorrhage, inflammatory cell infiltration, and vacuolization were found. **Conclusion.** Exposure to diesel waste caused serious damage to the heart, however after receiving biosurfactant, the extent of damage was reduced.

Keywords: Biosurfactant, Heart, Histopathology, Sangkuriang catfish, Solar waste



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	II
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	V
UCAPAN TERIMA KASIH	VI
ABSTRAK	VIII
ABSTRACT	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIII
DAFTAR LAMPIRAN.....	XIV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	1
1.3 TUJUAN PENELITIAN	1
1.3.1 TUJUAN UMUM	1
1.3.2 TUJUAN KHUSUS	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4.1 MANFAAT PENGEMBANGAN ILMU	2
1.4.2 MANFAAT APLIKASI	2
1.5 HIPOTESIS	2
1.6 KEASLIAN PENELITIAN.....	2
1.7 KAJIAN PUSTAKA	2
1.7.1 LIMBAH SOLAR.....	2
1.7.2 BIOSURFAKTAN.....	3
A. <i>BACILLUS CEREUS</i>	4
B. <i>LYSINIBACILLUS FUSIFORMIS</i>	4
1.7.3 KANDUNGAN SANGKURIANG	5
.....	6
.....	6
.....	6
.....	6



1.7.5 DAMPAK LIMBAH SOLAR TERHADAP ORGAN JANTUNG	7
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	8
2.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	8
2.2 JENIS PENELITIAN	8
2.3 METODE PENELITIAN	8
2.3.1 ALAT	8
2.3.2 BAHAN	8
2.4 PROSEDUR PENELITIAN	8
2.4.1 PERSIAPAN SAMPEL	8
2.4.2 PENGAMBILAN SAMPEL	9
2.4.3 PEMBUATAN PREPARAT HISTOPATOLOGI	9
2.4.4 PENGAMATAN SAMPEL	10
2.5 ANALISIS DATA	10
2.6 ALUR PENELITIAN	11
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	12
3.1 HASIL DAN PEMBAHASAN	12
3.1.1 PENGAMBILAN SAMPEL PERTAMA	12
3.1.2 PENGAMBILAN SAMPEL KEDUA	13
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	18
4.1 KESIMPULAN	18
4.2 SARAN	18
DAFTAR PUSTAKA	19
DAFTAR LAMPIRAN	23
RIWAYAT HIDUP PENULIS	27



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1 ILUSTRASI MEKANISME KERJA BIOSURFAKTAN	3
GAMBAR 2 <i>BACILLUS CEREUS</i>	4
GAMBAR 3 <i>LYSINIBACILLUS FUSIFORMIS</i>	4
GAMBAR 4 IKAN LELE SANGKURIANG.....	5
GAMBAR 5 ANATOMI JANTUNG IKAN LELE	6
GAMBAR 6 HISTOLOGI JANTUNG IKAN LELE NORMAL	7
GAMBAR 7 ALUR PENELITIAN	11
GAMBAR 8 HISTOPATOLOGI PADA PENGAMBILAN SAMPEL PERTAMA	12
GAMBAR 9 HISTOPATOLOGI PADA PENGAMBILAN SAMPEL KEDUA	14



DAFTAR TABEL

TABEL 1. PERSYARATAN KUALITAS AIR	6
TABEL 2. KELOMPOK PERCOBAAN	9



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PERSETUJUAN ETIK	23
LAMPIRAN 2. PERSIAPAN AKUARIUM	24
LAMPIRAN 3. PENGUKURAN DAN PENIMBANGAN IKAN	24
LAMPIRAN 4. PEMBERIAN INTERVENSI	24
LAMPIRAN 5. PEMELIHARAAN SELAMA 7 HARI	25
LAMPIRAN 6. PENGAMBILAN SAMPEL ORGAN	25
LAMPIRAN 7. PEMBUATAN PREPARAT HISTOLOGI	25
LAMPIRAN 8. PEMBACAAN HASIL	26



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan yang pesat disertai dengan adanya potensi sumber daya, membentuk Indonesia menjadi kawasan industri yang masif, sektor minyak dan gas (migas) merupakan salah satu diantaranya. Demi pemenuhan kebutuhan masyarakat, ekspansi sektor migas terus dilakukan. Berbagai usaha hulu (*up stream*) seperti penggalan bahan bakar fosil, eksplorasi minyak mentah dan usaha (*down stream*) seperti produk terkait minyak mentah (minyak tanah, solar, bensin) dilakukan untuk memudahkan gaya hidup masyarakat di seluruh dunia (Jimoh dan Lin, 2019). Namun, mulai dari kegiatan usaha hulu hingga usaha hilir industri migas berpotensi mencemari lingkungan (Sulistiyono, 2015).

Tercatat jumlah kejadian tumpahan minyak dari hasil produksi hulu dan hilir industri migas pada tahun 2020 mencapai 138,03 barel (Imron et al., 2021). Salah satu yang dominan adalah kasus tumpahan solar di lingkungan perairan sungai. Solar mengandung hidrokarbon yang bersifat berbahaya dan beracun (B3). Sehingga, baik keterpaparan langsung maupun tidak langsung dari tumpahan solar dapat beresiko menyebabkan kerusakan lingkungan perairan sungai (Astuti dan Harmin, 2021).

Ikan lele merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang memiliki habitat di perairan sungai dan banyak dibudidayakan. Kemampuannya untuk tumbuh dalam berbagai kondisi lingkungan membuat ikan ini menjadi salah satu komoditas penting dalam industri perikanan budidaya (Tarigan et al., 2023). Meskipun demikian, penggunaan air tercemar bahan berbahaya dan beracun (B3) dalam budidaya dapat menimbulkan dampak buruk bagi status kesehatan ikan lele sangkuriang (Garcia dan Purwanti, 2022).

Upaya untuk meminimalisir efek senyawa toksik yang terkandung di dalam minyak solar dapat ditanggulangi melalui teknik bioremediasi dengan biosurfaktan (Amelia dan Titah, 2021). Biosurfaktan digunakan untuk mengemulsikan dua fluida yang tidak saling bercampur dengan menurunkan tegangan permukaan, sehingga memungkinkan degradasi hidrokarbon di air yang tercemar solar (Reningtyas dan Mahreni, 2015). Konsentrasi biosurfaktan merupakan faktor penting dalam efektivitas dan potensi penerapannya. Biosurfaktan Kemampuan terurai secara hayati yang lebih tinggi, sifat ramah lingkungan dan stabilitas pada kondisi ekstrem seperti pH, salinitas, dan suhu (Eras-Munoz et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh pemberian biosurfaktan terhadap gambaran histopatologi jantung ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar.

1.2 Rumusan Masalah



erian Biosurfaktan berpengaruh terhadap gambaran histopatologi angkuriang (*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) yang terpapar

litian
m

t Gambaran histopatologi jantung ikan lele sangkuriang (*Clarias uriang*) yang terpapar limbah solar pasca pemberian biosurfaktan.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengidentifikasi gambaran Histopatologi yang terjadi pada Jantung Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus* var. *sangkuriang*) yang terpapar limbah solar tanpa pemberian Biosurfaktan
2. Mengidentifikasi gambaran Histopatologi yang terjadi pada Jantung Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus* var. *sangkuriang*) yang terpapar limbah solar dengan pemberian Biosurfaktan

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Pengembangan Ilmu

Manfaat pengembangan ilmu dari penelitian ini yakni dapat memberikan informasi dan literatur ilmiah untuk penelitian-penelitian selanjutnya terkait kemampuan bioremediasi biosurfaktan terhadap kesehatan ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar.

1.4.2 Manfaat Aplikasi

Manfaat aplikasi dari penelitian ini untuk menyajikan kemampuan bioremediasi biosurfaktan dalam memperbaiki status kesehatan ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian bahwa akan terjadi pengaruh positif yang dapat dilihat melalui gambaran histopatologi jantung ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar setelah pemberian biosurfaktan.

1.6 Keaslian Penelitian

Untuk menentukan keaslian penelitian berdasarkan pengetahuan peneliti sebagai penulis dengan judul "Gambaran Histopatologi Jantung Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus* Var. *Sangkuriang*) Yang Terpapar Limbah Solar Pasca Pemberian Biosurfaktan", peneliti tidak menemukan penelitian yang memiliki judul yang sama dengan penelitian peneliti, tetapi terdapat penelitian serupa dengan objek penelitian yang berbeda dengan judul penelitian: "Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan *Rhamnolipida* dan Surfaktan pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar *Crude Oil*" (Amelia dan Titah, 2021).

1.7 Kajian Pustaka

1.7.1 Limbah Solar

Limbah solar merupakan zat berbahaya yang terkenal karena adanya bahan tambahan yang terdegradasi dan zat yang tidak diinginkan dapat menimbulkan dampak buruk (misalnya karsinogenik, mutagenik, dan efek reproduksi) terhadap kesehatan manusia, hewan dan lingkungan (misalnya polusi air dan tanah, ekosistem yang rapuh, dan perubahan iklim) (Lam et al., 2016). Tumpahan minyak solar yang terjadi akibat kebocoran tangki, pecahnya pipa, lahan pembuangan limbah minyak, serta kecelakaan aktif disengaja dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya (Sari et al., 2016).

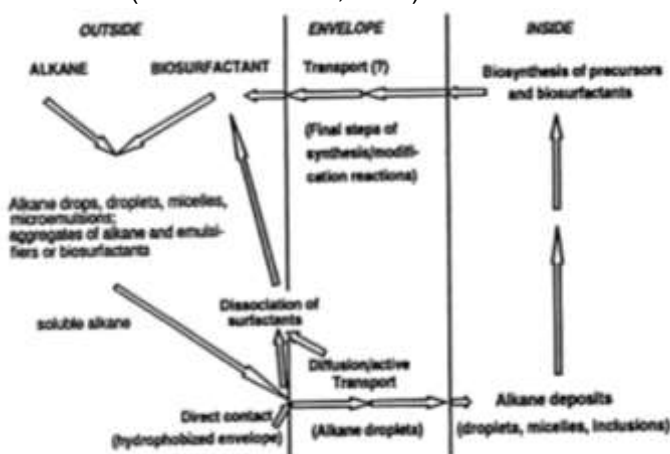
Limbah solar dapat diartikan sebagai suatu buangan atau limbah yang sifat dan kandungan zat yang beracun dan berbahaya sehingga secara langsung dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengganggu kehidupan hidup manusia serta organisme lainnya (Elvania, 2022).



Limbah solar dapat dikategorikan sebagai limbah B3 karena mengandung senyawa hidrokarbon yang akan masuk dan terakumulasi dalam tubuh hewan akuatik (Hasyimuddin et al., 2016). Akibat jangka pendek dari limbah solar terhadap hewan akuatik adalah terjadinya kerusakan pada membran sel oleh senyawa hidrokarbon yang mengakibatkan cairan sel dan meresapnya bahan tersebut ke dalam sel (Darza, 2020). Dampak jangka panjang senyawa hidrokarbon tersebut pada hewan akuatik yaitu bersifat *lethal* (mematikan) dan *sublethal* (menghambat pertumbuhan reproduksi dan proses fisiologis lainnya) (Kurniawan et al., 2017).

1.7.2 Biosurfaktan

Biosurfaktan adalah senyawa aktif permukaan yang dihasilkan oleh mikroorganisme (bakteri), biosurfaktan memiliki kemampuan terurai secara hayati yang lebih tinggi, sifat ramah lingkungan dan stabilitas pada kondisi ekstrem seperti pH, salinitas, dan suhu (Eras-Munoz et al., 2022). Semakin tinggi kemampuan mikroorganisme (bakteri) mengurai senyawa hidrokarbon, maka produksi biosurfaktan juga akan semakin besar (Amelia dan Titah, 2021).



Gambar 1. Ilustrasi mekanisme kerja biosurfaktan. Dapat dilihat hidrokarbon yang masuk dalam tubuh akan mengaktifkan sintesis biosurfaktan yang kemudian akan dikeluarkan kembali (Reningtyas dan Mahreni, 2015)

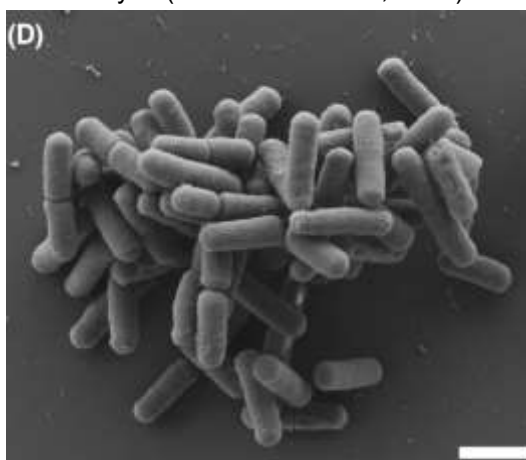
Mikroorganisme yang mampu beradaptasi di lingkungan substrat hidrofobik seperti hidrokarbon akan membangkitkan sistem metabolisme sel untuk menghasilkan suatu zat yang dapat menguraikan hidrokarbon agar dapat masuk ke dalam sel melalui dinding sel. Proses metabolisme sel akan mengaktifasi enzim khusus untuk mengatalisis reaksi pembentukan metabolit berupa biosurfaktan, biosurfaktan akan dirilis ke lingkungan untuk mengurai rantai hidrokarbon agar dapat masuk ke dalam tubuh bakteri.



Biosurfaktan dalam skala industri masih perlu ditinjau, sebab diperlukan pemurnian dan pemurnian produk serta proses produksi biosurfaktan masih cukup lambat (berkisar 14-72 jam) (Reningtyas dan Mahreni, 2021) dan bakteri yang berpotensi menghasilkan biosurfaktan seperti, *Bacillus* (John et al., 2021) dan *Lysinibacillus fusiformis* (John et al., 2021).

a. ***Bacillus cereus***

Bacillus cereus merupakan bakteri dari genus *bacillus* yang menghasilkan biosurfaktan berupa lipopeptida yang diperoleh melalui proses metabolisme yang karakteristik utamanya adalah tingkat emulsifikasi yang tinggi serta bersifat antioksidan, antibakteri, antijamur antivirus dll. Bakteri ini dapat aktif dan memproduksi biosurfaktan pada suhu 37°C dengan 5% CO₂ dan kelembapan 95% (Durval et al., 2021). Biosurfaktan dari *Bacillus cereus* memiliki kandungan enzim *alkane monooxygenase* dimanfaatkan mendegradasi minyak (Mohammed et al., 2023).



Gambar 2. *Bacillus cereus*. Dapat dilihat bakteri *Bacillus cereus* adalah bakteri gram positif berbentuk batang (Tuipulotu et al., 2020)

b. ***Lysinibacillus fusiformis***

Lysinibacillus fusiformis merupakan bakteri yang menghasilkan biosurfaktan berupa glikolipid dan lipopeptida. Biosurfaktan dari *Lysinibacillus fusiformis* memiliki kandungan enzim *alkane monooxygenase* dimanfaatkan mendegradasi minyak dengan kandungan hidrokarbon seperti solar. *Lysinibacillus fusiformis* memproduksi biosurfaktan dengan memanfaatkan sumber nitrogen dan karbon pada suhu 35°C dan pH 7 (John et al., 2021).



illus fusiformis. Dapat dilihat *Lysinibacillus fusiformis* bakteri gram positif berbentuk batang (Sari dan Simarani, 2019)



1.7.3 Ikan Lele Sangkuriang

Menurut Sari (2015), klasifikasi taksonomi ikan lele Sangkuriang adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Pisces
Subkelas	: Teleostei
Ordo	: Ostariophysi
Subordo	: Siluridae
Family	: Clariidae
Genus	: <i>Clarias</i>
Spesies	: <i>Clarias gariepinus</i>
Strain	: <i>Var. sangkuriang</i> (Augusta, 2017)



Gambar 4. Ikan lele sangkuriang. Dapat dilihat tubuh ikan lele sangkuriang berwarna abu-abu kehitaman pada tubuhnya (Zakariah et al., 2017)

Ikan lele sangkuriang dalam komoditas dihasilkan dari persilangan balik antara indukan lele dumbo generasi kedua dan lele dumbo jantan generasi keenam. Ikan lele sangkuriang memiliki laju pertumbuhan tinggi, mampu hidup dalam tempat terbatas dan kepadatan tinggi dan tahan terhadap penyakit. Dalam pemeliharaan, pemberian pakan yang baik dan ketersediaan oksigen yang cukup sangat diperlukan untuk menjaga pertumbuhan yang optimal (Findayani dan Madinawati, 2022).

Ikan lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus var. sangkuriang*) termasuk jenis ikan air tawar yang memiliki kulit halus serta memiliki tubuh memanjang berlendir tanpa sisik dengan bagian tengah agak membulat dan punggung rata. Ada empat pasang antena taktil di sekitar mulut, berfungsi untuk mencari makan dan bergerak. Selain itu, taktil juga digunakan untuk penciuman, serta penglihatan pada ikan lele (Saputri, 2018).



iang umumnya berwarna hitam atau abu-abu, bertubuh panjang ala datar dan tidak bersisik. Insang lele berukuran kecil dan terletak apala. Ikan lele memiliki 68-79 sirip, 9-10 sirip dada, 5-6 sirip perut, 4 pasang antena taktil. Sirip dada memiliki duri tajam sepanjang kurang 1/8 panjang kepala. Gigi berbentuk vili dan melekat pada (2019).

Pada sirip dada (*pectoral*) terdapat sebuah patil yang beracun sebagai alat protektif ikan lele dari serangan atau ancaman luar. Ukuran patil ikan lele sangkuriang lebih pendek dan tumpul dibandingkan jenis lele lainnya (Waraulia et al., 2019).

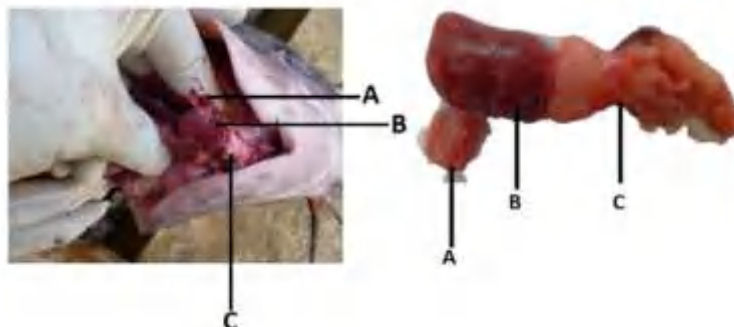
Tabel 1. Persyaratan kualitas air. Dapat dilihat pada tabel, standar kualitas air untuk melakukan budidaya ikan lele (Badan Standardisasi Nasional, 2014)

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Suhu	°C	25-30
2.	Ph	-	6,5-8
3.	Oksigen terlarut	mg/L	Minimal 3
4.	Kecerahan	Cm	25-30
5.	Amonia (NH ₃)	mg/L	Maksimal 0,1

1.7.4 Jantung

a. Anatomi Jantung

Anatomi jantung dari ikan lele terdiri dari (A-*Conus venoseus*, B-Atrium, C-Ventrikel). Jantung adalah organ pertama yang terbentuk selama embriogenesis vertebrata. Jantung mamalia empat bilik, sedangkan ikan memiliki dua bilik, terdiri dari satu atrium dan satu ventrikel. Mirip dengan mamalia, jantung ikan terdiri dari tiga lapisan jaringan utama yaitu epikardium, miokardium dan endokardium. Miokardium selanjutnya dibagi lagi menjadi lapisan kompak dan trabekula dan terdiri dari terutama kardiomiosit. Sel kontraktile berasal dari miokardium (Evans et al., 2014).



Gambar 5. Anatomi jantung ikan lele. Dapat dilihat jantung ikan lele terdiri Anatomi jantung dari ikan lele terdiri dari A-*Conus venoseus*, B-Atrium, C-Ventrikel (Zakariah et al., 2017).

b. Fisiologi Jantung

Ikan memiliki pola sirkulasi tunggal, dimana darah melewati jantung hanya sekali selama setiap rangkaian lengkap. Darah yang kurang oksigen dari jaringan tubuh masuk ke jantung kemudian dipompa ke insang. Pertukaran gas terjadi dalam insang, dimana darah melepaskan oksigen dari insang yang beredar ke seluruh tubuh (Purnamasari et al., 2017).



ntung

sinus venosus merupakan bagian jantung yang paling kaudal. Dinding *sinus venosus* tipis dan tampak berserat pada sebagian besar spesies. Namun, bervariasi antar kelompok ikan. Pada *teleost*, dinding *sinus venosus*

sebagian besar terdiri dari jaringan ikat dan sebagian besar terdiri dari miokardium atau sel otot polos. Atrioventrikular merupakan segmen morfologi jantung ikan yang berbeda. Pada sebagian besar *teleost*, katup atrioventrikular adalah cincin miokardium yang padat dan terovaskularisasi. Susunan serat otot pada miokardium pada atrium dan ventrikel terlihat berbeda. Lapisan endokardium terlihat seperti spons pada banyak spesies *teleost*. Otot atrioventrikular juga mudah dibedakan pada spesies yang menunjukkan kompakta ventrikel. Cincin katup atrioventrikular dikelilingi oleh cincin kolagen yang mengisolasi otot atrioventrikular dari daerah sekitarnya. Namun, isolasi tidak lengkap karena katup atrioventrikular tetap terhubung ke miokardium atrium dan ventrikel. Ventrikel jantung ikan adalah ruang berotot tunggal yang bertanggung jawab untuk menghasilkan keluaran jantung (Kirschbaum dan Formicki, 2020).



Gambar 6. Histologi jantung ikan lele normal. Dapat dilihat lapisan perikardium serta pembuluh darah koroner (Laily et al., 2018)

1.7.5 Dampak Limbah Solar Terhadap Organ Jantung

Dampak dapat dilihat dari perubahan histopatologi yang diamati pada jaringan jantung ikan yang terkena limbah solar menunjukkan terjadi terjadinya hemoragi ataupun kongesti di dinding jantung. Tingkat perubahannya dapat dikaitkan dengan gerakan yang terus menerus dan cepat mulut dan menghirup udara yang mungkin melemahkan dan merusak jaringan jantung, akibat penumpukan minyak. Hal ini sesuai dengan tingkat degenerasi jaringan jantung tergantung pada konsentrasi, jumlah minyak dan periode paparan (Afolabi et al., 2023).



BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan februari hingga maret tahun 2024. Sampel uji didapatkan dari Unit Pelaksana Teknis (UPT) Balai Benih Ikan Parang Tambung yang akan dipelihara dan diberikan perlakuan di Konservasi *Aquatic Celebes*. Pemeriksaan sampel dilakukan di Balai Besar Veteriner Maros.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratoris untuk melihat pengaruh pemberian biosurfaktan terhadap gambaran histopatologi jantung ikan lele sangkuriang yang terpapar limbah solar.

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 80 x 40 x 40 cm, *Blade* No.11, jaring ikan, meteran, pinset anatomis, *scalpel* No.3, timbangan digital dan wadah tertutup.

2.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu biosurfaktan dari ODB 3 (*Lysinibacillus fusiformis*) dan ODB 5 (*Bacillus cereus*) yang berasal dari isolat bakteri hasil koleksi Avialiasi *Fuel* Terminal Hasanuddin, formalin 10%, *handscoon*, label, masker, sampel organ jantung ikan lele sangkuriang dan solar.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Persiapan Sampel

Sampel penelitian yang digunakan adalah ikan lele sangkuriang dengan bobot 200-300g dan ukuran 30-35 cm yang diberi intervensi berupa pemberian biosurfaktan dari ODB 3 (*Lysinibacillus fusiformis*) dan ODB 5 (*Bacillus cereus*). Sampel dihitung menggunakan rumus *federer* untuk mendapatkan jumlah sampel per kelompok percobaan, yaitu:

$$(n - 1)(t - 1) \geq 15$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

t = jumlah kelompok/perlakuan

Penelitian ini menggunakan 4 kelompok perlakuan yang terdiri dari 2 kelompok kontrol dan 2 kelompok yang diberi perlakuan. Oleh karena itu, nilai t pada rumus *federer* yang digunakan adalah 4 dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$(n - 1)(t - 1) \geq 15$$

$$(n - 1)(4 - 1) \geq 15$$

$$3(n - 1) \geq 15$$

$$3n - 3 \geq 15$$

$$3n \geq 18$$

$$n \geq 6$$



rumus *federer* didapatkan jumlah hasil sampel yang akan r kelompok, sehingga total sampel yang digunakan adalah 24 ekor pengambilan sampel dengan masing-masing 3 sampel per kelompok

Tabel 2. Kelompok percobaan. Dapat dilihat pada tabel terdapat kelompok kontrol dan kelompok perlakuan uji.

KODE	PERLAKUAN
A	Perlakuan kontrol negatif tanpa limbah solar
B	Perlakuan kontrol positif dengan limbah solar 200 ppm
C	Perlakuan limbah solar 200 ppm + Biosurfaktan <i>Lysinibacillus fusiformis</i> 600 ppm
D	Perlakuan limbah solar 200 ppm + Biosurfaktan <i>Bacillus cereus</i> 600 ppm

Sebelum diberi perlakuan, ikan lele sangkuriang diadaptasikan terlebih dahulu selama 7 hari dan diberi pakan komersil sebanyak 2x sehari secara *ad satiation*. Setelah masa adaptasi, intervensi langsung dilakukan sekaligus lalu dipelihara selama 7 hari. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2x yakni sebelum dan setelah intervensi lalu dipelihara selama 7 hari.

2.4.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum dilakukan dan setelah dilakukan intervensi lalu dipelihara selama 7 hari. Pada Pengambilan sampel dilakukan dengan terminasi 3 ekor ikan lele sangkuriang pada masing-masing perlakuan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel organ jantung yang akan diambil dengan melakukan nekropsi terhadap lele sangkuriang lalu organ jantung akan disimpan dalam wadah berisikan formalin 10%. Wadah akan diberi label berdasarkan kelompok perlakuan.

2.4.3 Pembuatan Preparat Histopatologi

Tahapan pembuatan preparat histopatologi yaitu diawali dengan fiksasi yang merupakan proses penambahan formalin 10% selama 48 jam yang bertujuan untuk memberhentikan aktivitas sel agar tidak membelah dan mencegah sel/jaringan mengalami pembusukkan, dilanjutkan dengan proses *trimming* yaitu memotong sampel organ menjadi lebih kecil lalu di masukkan kedalam *cassete* jaringan dengan ukuran 0,5-1 cm lalu di berikan label berisi kode spesimen (Balai Besar Veteriner, 1999).

Tahapan berikutnya *embedding* yaitu memasukkan jaringan ke *embedding cassette* lalu dimasukkan ke dalam *tissue processor*. Didalam *tissue processor* berlangsung tahapan dehidrasi menggunakan alkohol bertingkat yaitu alkohol 70%, 90% dan *absolute* I, II dan III selama masing-masing 1 jam, proses ini bertujuan untuk mengeluarkan air secara bertahap pada organ uji dilanjut dengan tahapan *clearing* menggunakan *Toluen* I, II dan III masing-masing 1 jam. Setelah itu, tahapan impregnasi menggunakan paraffin selama 2-5 jam untuk menjaga struktur jaringan. Lalu, *Embedding cassette* dikeluarkan dari *tissue processor* dan masukkan ke dalam wadah yang telah disediakan di *embedding center*. Keluarkan contoh spesimen dari keranjang oleh paraffin satu-persatu. Cetakan dipindahkan pada bagian paraffin mengeras pisahkan cetakan dengan keranjang dan siap (Balai Besar Veteriner, 1999).

Setelah itu dilakukan dengan menggunakan mikrotom, yang menghasilkan ketebalan 5-7 μm yang disesuaikan dengan kebutuhan. Hasil kemudian dimasukkan ke dalam *floating bath* yang berisi air dengan



suhu 40°C yang bertujuan untuk merenggangkan hasil potongan dan meletakkannya pada kaca preparat. Lalu, *Slide* yang berisi tempelan potongan jaringan ditempatkan diatas pelat pemanas *slide*, minimal dua jam (Balai Besar Veteriner, 1999).

Tahapan pewarnaan (*staining*) merupakan proses pemberian warna pada jaringan yang telah dipotong sehingga jaringan dapat dikenali dan memudahkan dalam pengamatan jaringan dengan mikroskop. Pulasan (pewarna) yang digunakan yaitu hematoksin-eosin (HE). *Slide* direndam didalam larutan *xylo* I dan I selama masing-masing 2 menit, lalu direndam didalam larutan alkohol bertingkat *absolute* I dan II, alkohol 95% I dan II masing-masing 1 menit. Setelah itu di rendam dalam pewarnaan hematoksin selama 15 menit, dikeringkan lalu masukkan ke dalam eosin selama 15 detik-2 menit. Setelah melalui pewarnaan, slide kemudian di rendam kembali pada alkohol bertingkat 95% I dan II lalu ke alkohol *absolute* I dan II masing-masing selama 2 menit. Setelah itu, dilakukan perendaman pada larutan *xylo* I, II dan III masing-masing selama 2 menit (Balai Besar Veteriner, 1999).

Tahapan terakhir dilakukan penempelan (*mounting*) yaitu proses penempelan *coverglass* pada kaca preparat dengan menggunakan cairan perekat yang disebut dengan *entellan* sebanyak 1-2 tetes. Bersihkan slide dengan *xylo* lalu berilah nomor sesuai dengan nomor dan siap untuk diperiksa di bawah mikroskop cahaya (Balai Besar Veteriner, 1999).

2.4.4 Pengamatan Sampel

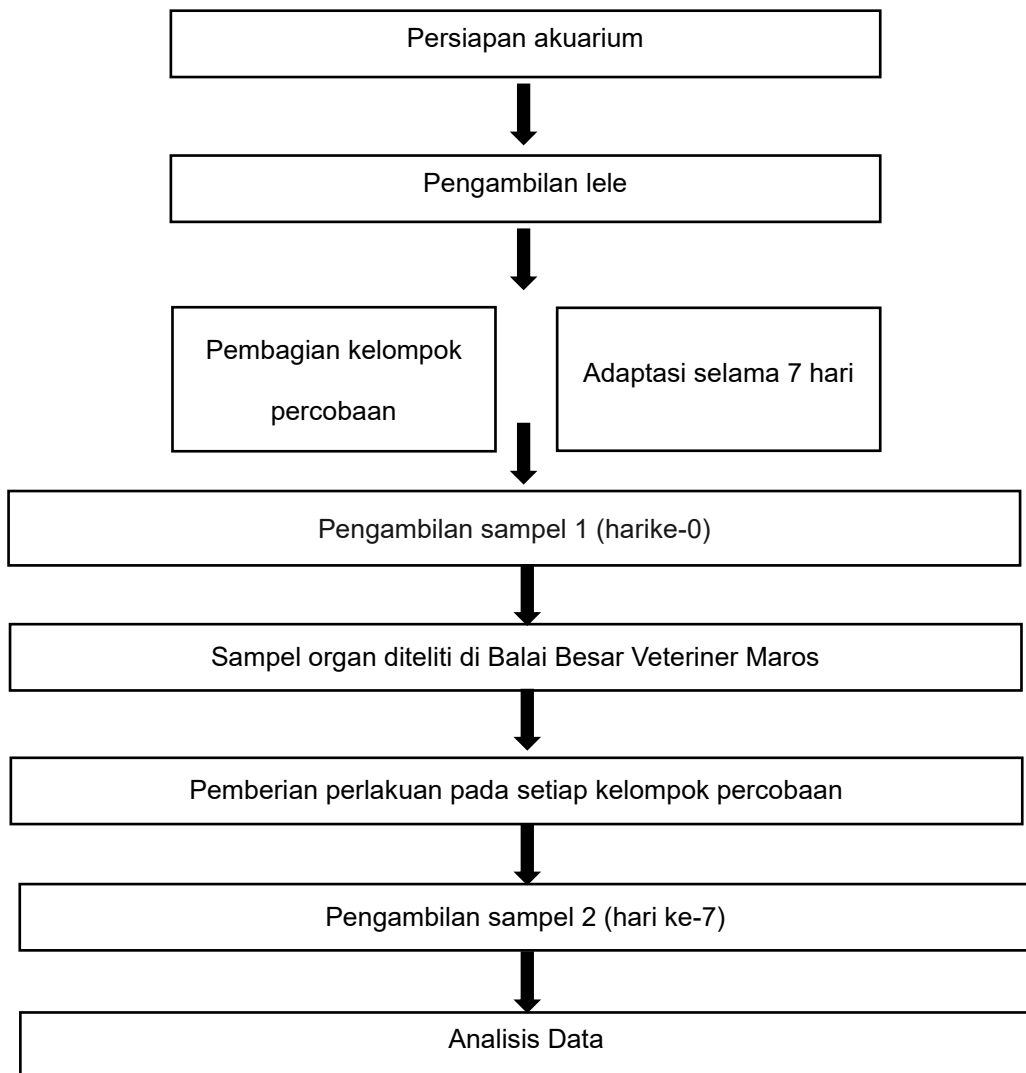
Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop, menggunakan perbesaran lensa okuler 10x dan lensa objektif 10x, sehingga diperoleh pembesaran 100x. Perubahan histopatologi yang diamati yaitu hemoragi, infiltrasi sel radang, nekrosis dan vakuolisasi.

2.5 Analisis Data

Pengamatan hasil gambar sampel histopatologi dianalisis dan dibahas secara deskriptif untuk membandingkan tiap kelompok secara berurutan dan menentukan apakah perbedaan antara kelompok tersebut secara signifikan dengan pendekatan literatur yang berkaitan dengan penelitian ini.



2.6 Alur Penelitian



Gambar 7. Alur Penelitian. Dapat dilihat pada skema ilustrasi di atas terkait mekanisme alur penelitian

