

**TOKSISITAS LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT TERHADAP
LAJU PENYERAPAN KUNING TELUR DAN PERFORMA
PENGLIHATAN LARVA IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*)**

SKRIPSI

Diajukan oleh:

**BADRATUN NAFIS
NIM. 180703013
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
TOKSISITAS LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT TERHADAP
LAJU PENYERAPAN KUNING TELUR DAN PERFORMA
PENGLIHATAN LARVA IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*)

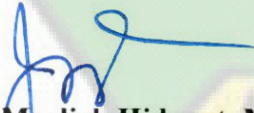
SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam ilmu/Prodi Biologi

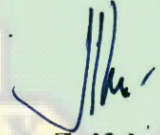
Oleh:
BADRATUN NAFIS
NIM. 180703013
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,


Muslich Hidayat, M.Si
NIDN. 2002037902

Pembimbing II,


Ilham Zulfahmi, M.Si
NIDN. 1316078801

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi


Muslich Hidayat, M.Si
NIDN. 2002037902

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
TOKSISITAS LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT TERHADAP
LAJU PENYERAPAN KUNING TELUR DAN PERFORMA
PENGLIHATAN LARVA IKAN NILA
(Oreochromis niloticus)

SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Prodi Biologi

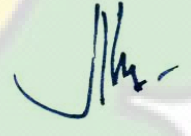
Pada Hari/Tanggal : Senin, 26 Desember 2022
22 Jumadil Awal 1443
Tempat : Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,


Muslich Hidayat, M.Si
NIDN. 2002037902

Sekretaris,


Ilham Zulfahmi, M.Si
NIDN. 1316078801

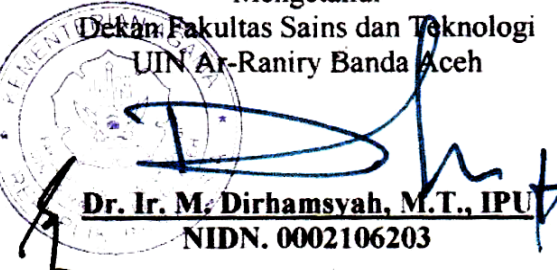
Penguji I,


Ayu Nirmala Sari, M.Si
NIDN. 2027028901

Penguji II,


Raudhah Hayatillah, M.Sc.
NIDN. 2025129302

Mengetahui
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU
NIDN. 0002106203

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Badratun Nafis
NIM : 180703013
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Laju
Penyerapan Kuning Telur dan Performa Penglihatan
Larva Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh 12 Desember 2022

Yang menyatakan


Badratun Nafis

ABSTRAK

Nama : Badratun Nafis
NIM : 180703013
Program Studi : Biologi
Judul : Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Laju Penyerapan Kuning Telur dan Performa Penglihatan Larva Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)
Tanggal Sidang : 26 Desember 2022
Jumlah Halaman : 54
Pembimbing I : Muslich Hidayat, M. Si
Pembimbing II : Ilham Zulfahmi, M.Si
Kata Kunci : Toksisitas, Limbah Cair Kelapa Sawit, Ikan Nila, Penyerapan Kuning Telur, Diameter Mata, *Oreochromis niloticus*.

Limbah cair kelapa sawit berpotensi menurunkan kualitas air dan mencemari lingkungan perairan. Limbah cair kelapa sawit mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan padatan tersuspensi yang begitu tinggi. Jenis logam berat yang masih teramati dari pembuangan akhir POME seperti Arsen(As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Merkuri (Hg), Selenium (Se), Seng (Zn), besi (Fe), dan nikel (Ni). Penelitian ini akan mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan perkembangan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Parameter yang dianalisis meliputi panjang tubuh, bobot larva, volume kuning telur, laju penyerapan kuning telur, dan diameter mata meliputi sumbu X dan Y mata ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Rancangan penelitian yang dilakukan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Konsentrasi limbah cair kelapa sawit untuk setiap perlakuan didasari pada nilai LC50-96 jam (15,65 ml/L) limbah cair kelapa sawit terhadap ikan nila. Perlakuan kontrol (0% limbah cair kelapa sawit), perlakuan A (10% atau 1,565 ml/L), perlakuan B (15% atau 2,347 ml/L) dan perlakuan C (20% atau 3,130 ml/L). Pengukuran dilakukan pada hari pertama hingga hari ketujuh setelah penetasan. Hasil penelitian menunjukkan limbah cair kelapa sawit tidak berpengaruh nyata terhadap panjang dan bobot hingga hari ketujuh setelah penetasan ($p > 0.05$). Meski demikian, paparan limbah cair kelapa sawit menunjukkan perbedaan yang signifikan pada volume kuning telur sejak hari pertama dan laju penyerapan kuning telur sejak hari ketiga ($p < 0.05$). Perbedaan yang nyata antar perlakuan juga teramati pada diameter mata pada hari ketujuh setelah penetasan. Penelitian terkait dampak limbah cair kelapa sawit terhadap jenis ikan yang berbeda perlu dilakukan mengingat limbah cair kelapa sawit bersifat toksik bagi organisme perairan.

ABSTRACT

Name : Badratun Nafis
Student Id Number : 180703013
Major : Biology
Title : Toxicity of Palm Oil Mill Effluent Towards Yolk Absorption and Vision Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)
Date of Session : 26 December 2022
Number of Page : 55
Advisor I : Muslich Hidayat, M. Si
Advisor II : Ilham Zulfahmi, M.Si
Keywords : Toxicity, Palm Oil Mill Effluent, Nile tilapia, Yolk Absorption, Eye Diameter, *Oreochromis niloticus*.

Palm oil mill effluent has the potential to reduce water quality and pollute the aquatic environment. Palm oil mill effluent contains high concentration of Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and suspended solids. Types of heavy metals that are still observed from POME final disposal such as Arsenic (As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Copper (Cu), Lead (Pb), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Slenium (Se) , zinc (Zn), iron (Fe), and nickel (Ni). This study will examine the impact of palm oil wastewater on yolk sac absorption and eye biometrics of nile tilapia. Parameters analyzed included body lengt, weigh,., yolk volume, yolk absorption rate, and eye diameter. The research design was done in the form of a completely randomized design (CRD) with four treatments and five replications. The concentration of palm effluent for each treatment had an impact on the LC50-96 hours (15,65 mg/L) of palm effluent on tilapia which was 15,65 ml/L. Control (0% Palm Oil Effluent). treatment A (10% or 1.565 ml/L). treatment B (15% or 2.347 ml/L) and treatment C (20% or 3.130 ml/L). Parameter measurements were carried out on the first day to the seventh day after hatching. The results showed that palm oil effluent had no significant effect on length and weight until the seventh day after hatching ($p > 0.05$). However, exposure to palm oil showed a significant difference in egg yolk volume from the first day and yolk absorption rate from the third day ($p < 0.05$). Significant differences between treatments were also observed in eye diameter on the seventh day after hatching. Research related to the impact of palm oil liquid waste on different types of fish needs to be done considering that palm oil mill effluent waste is toxic to aquatic organisms.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji beserta syukur hanya kepada Allah SWT, setelah melalui perjuangan untuk melawan masa-masa jenuh atas kegagalan penetasan telur ikan yang terjadi berkali-kali hingga pergantian topik beberapa waktu lalu. Akhirnya rampung sudah pengerjaan skripsi ini. Shalawat dan salam saya sanjungkan kepada Rasulullah SAW, dengan harapan semoga beliau berkenan memberikan syafaatnya di hari akhirat kelak. Rampungnya skripsi ini tidak terlepas dari banyaknya orang yang membantu dan mendorong saya untuk dapat menyelesaikannya. Untuk itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.Y., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.
2. Muslich Hidayat, M. Si selaku Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus pembimbing I yang telah memberikan masukan selama proses bimbingan.
3. Ilham Zulfahmi, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu selama proses bimbingan, memberi dukungan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Lina Rahmawati, M.Si selaku dosen penasihat akademik yang telah banyak mengarahkan sejak awal memasuki perkuliahan, dan memberikan dukungan dalam banyak kegiatan yang sempat dikonsultasikan.
5. Ayu Nirmala Sari, M.Si, Rizky Ahady, M.Pd, Raudhah Hayatillah, M.Sc, Arif Sardi, M.Si, Diannita Harahap, M.Si, serta Kamaliah, M.Si selaku Dosen Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
6. Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Ujong Batee, Khususnya Pak Jack, Pak Sanani dan Pak Hendro yang telah membantu dalam pengadaan sampel penelitian.
7. Staf Program Studi Biologi yang telah membantu segala keperluan mahasiswa selama proses penyusunan tugas akhir.
8. Laboran Prodi Biologi Firman Rija Arhas, M.Pd yang telah banyak membantu dan mendukung selama berlangsungnya penelitian.
9. Ayahanda Sofyani Achmad dan Ibunda Fadhilah serta saudara tercinta

Tanty Carissa, A.Md.Farm, Rina Zahara, S.E., M.M, Elvina Zuhra, S.Tr. Kes, Alfian Hadi, A.Md. Pel, ANT III dan Aidil Syahrial atas ketulusan kasih sayangnya, sehingga memberikan dukungan dalam bentuk moril dan materil untuk kesuksesan ananda/adindanya dalam menyelesaikan kuliah.

10. Sahabat tersayang Nurul Saputri S.Ked, Nurul Fatwana S.Psi, Jihan Zathifal, dan Raihanil Fonna, S.Pd. Terimakasih telah menjadi keluarga kedua selama di perantauan, pemicu semangat, pendengar keluh kesah sejak 2012 lalu.
11. Teman sekaligus saudara terdekat saya di biologi yang telah sama-sama berjuang dimasa praktikum, KKP, KPM, dan masa penelitian yang penuh lika liku. Ulfa Natasya, Saviatudin, Rasya Sadria, Uswatul Annisa, Alya Syavira, Putroe Nurul Fazila, serta Eka Susanti. Tanpa kalian semua, rasanya kehidupan dikampus tak akan meninggalkan kesan yang sedemikian mendalam.
12. Muhammad Radhi dan Khaira yang telah membantu dan membersamai selama proses penelitian.
13. Teman-teman PEPELINGASIH ACEH, aceh bergerak, literasi visual, luna studio, IDWIKAT, alumni YLDP, *youthranger.id* dan HIMABIOS untuk pengalaman organisasi dan pendalaman *skill* yang sangat berharga.
14. Seluruh keluarga besar Biologi leting 2018 yang telah berjuang bersama-sama dengan penuh suka dan sedikit duka.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dorongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala bantuan dan doa yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Banda Aceh, 26 Desember 2022
Penulis,

Badratun Nafis

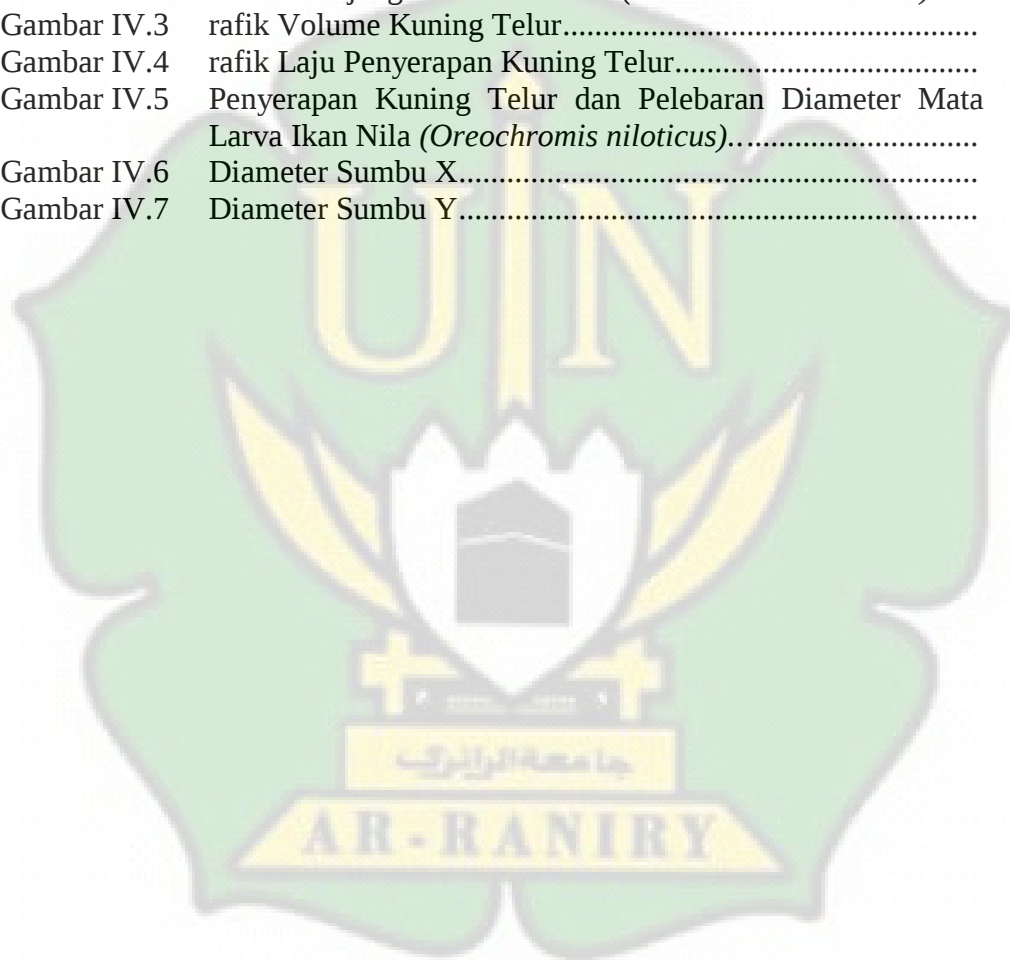
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Kelapa Sawit (<i>Elaeis guinensis</i> Jacq).....	5
II.1.1 Perkembangan Kelapa Sawit (<i>Elaeis guinensis</i> Jacq)	5
II.1.2 Klasifikasi Kelapa Sawit.....	6
II.1.3 Limbah Cair Kelapa Sawit.....	6
II.1.4 Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit.....	8
II.2 Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8
II.2.1 Sejarah Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8
II.2.2 Klasifikasi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	9
II.2.3 Morfologi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	9
II.2.4 Habitat Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
II.2.5 Kebiasaa Makan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
II.2.5 Tahapan Embriogenesis Ikan	12
II.2.6 Mata Ikan	18

BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	20
III.1 Tempat dan Waktu.....	20
III.2 Objek Penelitian	20
III.3 Alat dan Bahan Penelitian	20
III.4 Metode Penelitian	21
III.5 Prosedur Kerja	21
III.5.1 Koleksi Limbah Cair Kelapa Sawit dan Telur Ikan Nila.....	21
III.5.2 <i>Sampling</i> dan Pengukuran Parameter	22
III.6 Analisis Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
IV.1 Hasil Penelitian.....	24
IV.1.1 Pertumbuhan Bobot dan Panjang	24
IV.1.2 Volume dan Laju Penyerapan Kuning Telur.....	26
IV.2 Pembahasan	30
BAB V PENUTUP	35
V.1 Kesimpulan	35
V.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	45
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	10
Gambar II.2	Tahapan Embriogenesis pada Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	17
Gambar II.3	Struktur Bola Mata.....	19
Gambar III.1	Panduan Pengukuran Diameter Mata.....	22
Gambar IV.1	Grafik Bobot Larva Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	24
Gambar IV.2	Grafik Panjang Larva Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	25
Gambar IV.3	rafik Volume Kuning Telur.....	26
Gambar IV.4	rafik Laju Penyerapan Kuning Telur.....	27
Gambar IV.5	Penyerapan Kuning Telur dan Pelebaran Diameter Mata Larva Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	28
Gambar IV.6	Diameter Sumbu X.....	29
Gambar IV.7	Diameter Sumbu Y.....	30



DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit (Ngatirah, 2019).....	7
Tabel II.2	Perkembangan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	17
Tabel III.1	Rincian Pelaksanaan Penelitian.....	20



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Keterangan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.....	45
Lampiran 2: Surat Keterangan Bebas Laboratorium.....	46
Lampiran 3: Tabel Hasil Penelitian.....	47
Lampiran 4: Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	50
Lampiran 5: Daftar Harga Alat dan Bahan.....	53



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia tercatat sebagai negara pemimpin produksi kelapa sawit dunia. Luas perkebunan sawit Indonesia mencapai 11 juta hektar (Mha) dan menghasilkan 31 juta ton minyak kelapa sawit pada tahun 2015 (Harahap, 2019). Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (Kementan), total nilai ekspor kelapa sawit dari Indonesia mencapai US\$ 17,36 miliar pada tahun 2020. Angka tersebut memberikan kontribusi sebesar 53,46% dari total nilai ekspor kelapa sawit global yang mencapai US\$32 atau 48 miliar pada tahun 2020. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Proses pengolahan satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan dua setengah ton limbah cair pabrik kelapa sawit (Taha dan Ibrahim, 2014; Madaki dan Seng, 2013). Limbah kelapa sawit yang dihasilkan berupa limbah padat, cair, dan gas yang berpotensi menurunkan kualitas air dan menimbulkan pencemaran (Mauliza, 2020).

Limbah cair kelapa sawit mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dengan konsentrasi tinggi yang berkisar antara 25000-65714 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebanyak 44300-102696 mg/L dan padatan tersuspensi dengan kisaran 18000 hingga 46011 mg/L (Wang, 2015). Beberapa toksikan yang terkandung di dalam limbah cair kelapa sawit diantaranya seperti senyawa fenolik dan logam berat (Madaki dan Seng, 2013). Jenis logam berat yang masih teramati dari pembuangan akhir POME seperti Arsen(As), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Merkuri (Hg), Selenium (Se), Seng (Zn), besi (Fe), dan nikel (Ni) (Hashiguchi *et al.*, 2020).

Peneliti terdahulu telah membuktikan bahwa limbah cair kelapa sawit mengakibatkan terdegradasinya keanekaragaman plankton secara signifikan serta mengganggu fisiologis dan reproduksi pada ikan (Muliari dan Zulfahmi 2016; Muliari *et al.*, 2020). Beberapa organisme yang telah teridentifikasi berdampak negatif akibat paparan limbah cair kelapa sawit diantaranya daphnia, mikroalga,

dan embrio ikan (Hashiguchi *et al.*, 2020; Muliari *et al.*, 2020; Jasni *et al.* 2020) Limbah cair kelapa sawit mengakibatkan rusaknya reproduksi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) seperti menurunnya kinerja hormon ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan mengakibatkan menurunnya indeks gonadsomatik dan spermatokrit (Muliari *et al.*, 2020). Paparan limbah cair kelapa sawit menurunkan konsentrasi hormon estradiol, testosteron, dan progesteron pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Muliari *et al.*, 2019). Embrio ikan zebra (*Danio rerio*) yang terpapar limbah cair kelapa sawit mengakibatkan terjadinya malformasi mandibula, malformasi kepala, edema pada kantung kuning telur, dan malformasi pada mata ikan zebra (Hashiguchi *et al.*, 2021). Paparan limbah cair kelapa sawit berdampak negatif terhadap tingkat penetasan, tingkat kelangsungan hidup, dan denyut jantung ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Tingkat penetasan dan tingkat kelangsungan hidup menurun secara signifikan seiring dengan meningkatnya kandungan limbah cair kelapa sawit. Malformasi yang terjadi berupa lordosis, kyphosis, dan ekor melengkung. Tingkat malformasi dan denyut jantung meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit (Muliari *et al.*, 2019, 2020).

Tahap awal kehidupan ikan sangatlah sensitif terhadap paparan polutan dan akan berdampak pada kehidupan ikan selanjutnya (Zhang *et al.*, 2016). Selama masa pertumbuhan dan perkembangan, ikan sangat bergantung pada nutrisi yang disimpan di dalam telur (Puangchit *et al.*, 2017). Tahap awal kehidupan larva adalah wujud visualisasi pemindahan nutrisi dari kuning telur ke organisme. Sebelum terjadinya proses penetasan, kuning telur bertugas menyuplai nutrisi yang akan membantu tahap embriogenesis hingga organogenesis. Selanjutnya, kuning telur berperan dalam pembentukan energi melalui proses metabolisme yang akan membantu terjadinya penetasan (Riddle dan Hu, 2021). Proses metabolisme ini akan terus menerus berlangsung selama perjalanan hidup ikan (Sant dan Timme, 2018). Kantung kuning telur adalah satu-satunya sumber energi pada tahap awal kehidupan ikan. Kerusakan kantung kuning telur dapat menghalangi suplai nutrisi selama perkembangan embrio (Jiang, 2020). Penelitian

terdahulu telah membuktikan bahwa paparan nikel (*Ni*) (Liu *et al.*, 2020) dan tembaga (*Cu*) (Wang *et al.*, 2020) pada ikan medaka (*Oryzias melastigma*) menyebabkan peningkatan pada diameter kuning telur. Pemaparan *triclocarbon* mengakibatkan penundaan pada penyerapan kuning telur ikan zebra (*Danio rerio*) (Dong *et al.*, 2018). Paparan limbah cair kelapa sawit menyebabkan edema pada kantung kuning telur sebagai salah satu tanda kegagalan perkembangan pada embrio ikan zebra (*Danio rerio*) (Hashiguchi *et al.*, 2021)

Diferensiasi visual merupakan unsur penting bagi larva ikan. Perkembangan bagian ini sangat mempengaruhi orientasi ruang atau lingkungan dan kemampuan ikan dalam menghindari predator (Bauman *et al.*, 2016). Terhambatnya perkembangan mata akan mengganggu perilaku lokomotor seperti kegagalan pemangsa atau kematian individu (shi *et al.*, 2019). Sistem visual sangat rentan terhadap efek toksikan berbahaya (chen *et al.*, 2020). Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa paparan *triclocarbon* dapat secara signifikan menurunkan diameter mata ikan zebra (*Danio rerio*) (Caioni *et al.*, 2021). Paparan *dydrogestrone* berdampak buruk pada sistem visual dan fungsi mata normal pada ikan zebra (*Danio rerio*) (Shi *et al.*, 2019). Paparan *polychlorinated biphenyls* (PCB) (Lovato *et al.*, 2016) dan 2,2',4,4' *tetrabromodiphenyl ether* (BDE47) (Xu *et al.*, 2017) dapat mengubah respon perilaku terhadap ancaman visual larva ikan zebra. Toksisitas *mepanipyrin* juga terbukti menurunkan diameter mata, serta berdampak pada perubahan perilaku larva ikan zebra (*Danio rerio*) (Shen *et al.*, 2022)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) seringkali dijadikan bahan uji untuk penelitian toksisitas karena sebarannya yang begitu luas di lingkungan perairan (Zulfahmi *et al.*, 2017). Meskipun mampu beradaptasi dengan baik, ikan nila tergolong sensitif terhadap paparan polutan (Muliari *et al.*, 2019) Pengujian toksisitas pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sejauh ini sudah dilakukan pada beberapa jenis polutan seperti diklofenak (Groner *et al.*, 2017), dan limbah cair kelapa sawit (Muliari *et al.*, 2020; Muliari *et al.*, 2019; Zulfahmi *et al.*, 2017; Zulfahmi *et al.*, 2018). Meski demikian, sejauh ini belum ada penelitian terkait

dampak limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur dan diferensiasi visual ikan nila. Menyikapi hal tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis efek toksik dari limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur, dan diameter mata ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap panjang dan bobot ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
2. Bagaimana pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
3. Bagaimana pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap diameter mata ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap panjang dan bobot larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
2. Mengetahui pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur pada larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
3. Mengetahui pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap diameter mata larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak paparan limbah cair kelapa sawit terhadap perkembangan embrio ikan nila (*Oreochromis niloticus*), dan juga sebagai peningkat wawasan peneliti serta masyarakat luas terkait dampak paparan limbah cair kelapa sawit terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis* Jacq)

II.1.1 Sejarah dan Perkembangan Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis* Jacq)

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jack) pertama kali ditemukan di Benua Afrika. Minyak kelapa sawit dengan komponen utama asam lemak jenuh palmitat menjadi bahan baku penting untuk berbagai masakan tradisional di Afrika Barat sejak abad ke-14 sampai abad ke 17. Pemerintah belanda mulai mengenalkan kelapa sawit di wilayah Indonesia pada tahun 1848. Uji coba penanaman kelapa sawit di Indonesia dilakukan di Banyumas, Jawa Tengah dan Palembang, Sumatera Selatan. Hasil uji coba menunjukkan tanaman kelapa sawit berbuah dan berhasil dibudiyakan. Namun, di beberapa daerah lain seperti Bangka Belitung maupun Sumatera Selatan pohon kelapa sawit menunjukkan pertumbuhan yang tidak optimal. Hal ini dipengaruhi oleh faktor iklim yang tidak sesuai dengan pola pertumbuhan kelapa sawit (Lubis, 2011).

Teknik budidaya tanaman kelapa sawit di Indonesia pertama kali diperkenalkan oleh Adrien Hallet. Ia seorang laki-laki berkebangsaan Belgia yang memperkenalkan tanaman kelapa sawit pada tahun 1911. Jejak Adrien Hallet yang merupakan sosok perintis perkebunan kelapa sawit kemudian diikuti oleh K. Schadt yang menjadi tonggak dimulainya sejarah perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia pertama kali dikembangkan di pantai timur Pulau Sumatera (Deli) dan Aceh. Saat itu luas perkebunan yang diusahakan sudah cukup luas, yaitu mencapai 5,123 Ha. Pada tahun 1919 Indonesia sudah mulai mengekspor minyak sawit ke negara-negara eropa sebesar 576 ton. Selanjutnya pada tahun 1923 Indonesia juga mampu mengekspor minyak inti sawit sebanyak 850 ton (Suriana, 2019)

Luas perkebunan kelapa sawit dari tahun ke tahun menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Sejalan dengan perkembangan areal, produksi kelapa sawit juga ikut meningkat. Sejak dua tahun terakhir, Indonesia telah

menjadi penghasil minyak kelapa sawit mentah (CPO, *crude palm oil*) terbesar di dunia dengan catatan produksi 21,5 juta ton pada tahun 2009 dengan areal panen lebih dari 6 juta hektar. Nilai ini telah melampaui malaysia yang menghasilkan sekitar 17,5 ton CPO. Ekspor CPO dan turunannya telah melampaui 16 juta ton dan menjadikan CPO sebagai industri berdaya saing tinggi dan pembawa dampak besar bagi devisa (Pardamean, 2012)

II.1.2 Klasifikasi Kelapa Sawit

Menurut Suriana (2019) kelapa sawit diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi	: Embryophyta Siphonagama
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Arecaceae
Subfamili	: Cocoideae
Genus	: Elaeis
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq

II.1.3 Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah kelapa sawit merupakan sisa hasil olahan kelapa sawit yang tidak termasuk ke dalam produk utama atau hasil ikutan proses pengolahan kelapa sawit. Berdasarkan tempat pembentukannya, limbah kelapa sawit terbagi menjadi limbah perkebunan kelapa sawit dan limbah industri kelapa sawit. Limbah perkebunan kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan dari sisa tanaman di areal perkebunan, peremajaan dan panen kelapa sawit. Jenis limbahnya dapat berupa kayu, pelepah, dan gulma. Sedangkan limbah industri merupakan limbah yang dihasilkan saat proses pengolahan kelapa sawit. Hasil yang diperoleh dapat berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Limbah cair kelapa sawit

mempunyai kadar bahan organik yang tinggi sehingga menimbulkan pencemaran besar (Ngatirah, 2019)

Proses pengolahan minyak kelapa sawit menghasilkan tiga macam limbah cair (*effluent*), yaitu hasil dari kondensat rebusan, *centrifuge sludge*, dan pencucian hidrosiklon (*hydrocyclon*) atau *claybath*. Jumlah air yang dibuang tergantung pada sistem pengolahan, kapasitas olahan, dan peralatannya. Limbah yang dihasilkan ini mengandung air dalam jumlah besar, banyaknya limbah cair yang dihasilkan dalam setiap ton hasil minyak mentah yaitu sebanyak 2.500 L/ton (Febriana *et al.*, 2017). Limbah cair kelapa sawit menghasilkan lumpur primer dan lumpur sekunder. Lumpur primer berasal dari proses klarifikasi limbah cair yang dihasilkan dalam proses pengolahan kelapa sawit, sedangkan lumpur yang telah mengalami proses sedimentasi disebut lumpur sekunder (Rois *et al.*, 2017).

Tabel II. 1 Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit (Ngatirah, 2019)

No	Parameter	Satuan	Kandungan
1	pH	-	3,8-4,5
2	Suhu	°C	30-75
3	Minyak dan Lemak	Mg/L	6.000-8.600
4	Padatan total	Mg/L	11.500-67.900
5	Padatan Tersuspensi	Mg/L	4.100-60.400
6	BOD	Mg/L	10.300-47.500
7	COD	Mg/L	15.600-53.600
8	Total P	Mg/L	0-110
9	Total N	Mg/L	80-1820

Pedoman atau parameter yang dipakai dalam limbah cair kelapa sawit adalah *biological oxygen demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) *Suspended solid* (SS), *total solid* (TS), dan keasaman. BOD adalah kebutuhan oksigen oleh mikroba untuk merombak bahan organik pada suhu tertentu. BOD dinyatakan dalam mg/liter artinya jumlah oksigen (mg) yang dibutuhkan untuk menetralkan atau mencerna zat organik dalam 1 liter air. COD adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan bahan kimia untuk merombak bahan organik. SS adalah

bahan padatan (bahan organik) pada limbah sebagai indikator tinggi rendahnya BOD dan COD. Sementara TS adalah bahan padatan yang berperan sebagai indikator daya serap limbah terhadap udara. pH adalah keasaman air atau limbah cair yang menentukan tingkat gangguan atau kehidupan di dalam air. Kadar minyak dan lemak juga juga diperhitungkan dalam parameter limbah (Pardamean, 2012).

II.1.4 Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit

Toksisitas merupakan suatu zat yang dapat menyebabkan kerusakan pada individu tertentu seperti kesakitan atau kematian. Toksisitas terbagi menjadi toksisitas akut dan toksisitas kronis. Toksisitas akut dicirikan dari tinggi atau rendahnya konsentrasi zat yang dapat mematikan individu. Semakin tinggi konsentrasi suatu zat maka semakin tinggi pula tingkat kematian. Toksisitas kronis dicirikan dari kemampuan suatu zat dalam merusak jaringan atau organ individu tertentu. Efek toksisitas dapat bersifat reversibel yaitu dapat kembali seperti semula dan *irreversible* yaitu tidak dapat kembali seperti semula (permanen) (Zulfahmi dan Muliari, 2020). Uji toksisitas penting untuk dilakukan dalam rangka menentukan potensi atau tingkat toksisitas dari suatu senyawa atau bahan pencemar (Zulfahmi *et al.*, 2017).

Paparan polutan merupakan salah satu faktor yang dapat membawa dampak buruk bagi organisme perairan. Perairan yang tercemar bisa disebabkan oleh pembuangan yang terjadi secara langsung maupun tidak langsung (Muliari *et al.*, 2019). Paparan limbah cair kelapa sawit dapat menimbulkan dampak negatif terhadap komunitas fitoplankton serta menyebabkan penyumbatan pada insang ikan. Organisme yang terpapar bahan toksikan

II.2 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

II.2.1 Sejarah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas unggulan perikanan di Indonesia (Dailami, 2021). Ikan ini sudah familiar sejak 4000 tahun lalu dengan beberapa kali perubahan nama. Salah satu sebutan ikan nila yang diberikan oleh aristoteles adalah *Tilapia nilotica* yang diambil dari

nama sebuah sungai besar di Afrika yang bermuara di pantai utara Mesir. Awalnya, ikan ini termasuk ikan yang sangat langka dan merupakan makanan kerajaan. Mesir bukan satu-satunya daerah yang memanfaatkan ikan nila sebagai kebutuhan, masyarakat Afrika dan kawasan Mediterania Timur juga menempatkan ikan nila sebagai salah satu makanan yang penting (Aidah, 2020)

Ikan ini pertama kali didatangkan ke Indonesia pada tahun 1969, 1990, dan 1994 yang masing-masing berasal dari Taiwan, Thailand, dan Filipina. Informasi lain juga menyebutkan bahwa pengenalan pertama dan pembentukan ikan nila non-pribumi diyakini telah terjadi di Jawa pada tahun 1930-an sebagai akibat dari pelepasan ikan nila Mozambik (*Oreochromis mossambicus*) ke akuarium. Masyarakat Indonesia menyebut ikan ini sebagai ikan nila, dimana kata nila ini berasal dari kata nil yang merujuk ke nama sungai nil sebagai asal muasal dari ikan ini (Dailami, 2021).

II.2.2 Klasifikasi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Menurut Dailami (2021) klasifikasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah sebagai berikut :

Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Famili	: Cichlidae
Genus	: Oreochromis
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i>

II.2.3 Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Oreochromis niloticus merupakan jenis ikan nila lokal yang dicirikan dengan tubuh berwarna hitam agak abu-abu dan bagian perutnya lebih terang (Dailami, 2021). Ikan nila memiliki bentuk tubuh yang panjang dan ramping serta sisik yang berukuran besar. Matanya besar dan menonjol serta tepi yang berwarna putih. Gurat sisi (*linea lateralis*) terputus di bagian tengah badan kemudian berlanjut dengan letak yang sedikit kebawah daripada letak garis yang memanjang

di atas sirip dada. Sirip punggung, sirip perut, dan sirip dubur mempunyai jari-jari yang keras dan tajam seperti duri. Sirip punggung dan dadanya berwarna hitam. Ikan nila memiliki lima sirip, yaitu sirip punggung (*dorsal fin*), sirip dada (*pectoral fin*), sirip perut (*Ventral fin*), sirip anus (*anal fin*), dan sirip ekor (Samsu, 2020)



Gambar II. 1 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Samsu, 2020)

Daging ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berwarna putih dengan sumber protein yang tinggi dan keberadaannya yang mudah didapat. Kandungan gizi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berkisar sekitar 17,5% dan dijual dengan harga yang sangat terjangkau. Kebutuhan ikan nila tidak hanya terbatas pada ukuran konsumsi, namun juga dibutuhkan untuk kepentingan pembenihan. Oleh sebab itu perkembangan ikan nila menjadi sangat pesat (Aidah, 2020)

Berdasarkan alat kelaminnya, ikan nila jantan memiliki ukuran sisik yang lebih besar dari pada ikan nila betina. Alat kelamin ikan nila jantan berupa tonjolan agak runcing yang berfungsi sebagai muara urin dan saluran sperma yang terletak di depan anus. Jika duurut, perut ikan nila jantan akan mengeluarkan cairan bening terutama pada saat musim pemijahan. Sementara itu, ikan nila betina mempunyai lubang genital terpisah dengan lubang saluran urin yang terletak di depan anus (Samsu, 2020)

II.2.4 Habitat Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila hidup pada beragam habitat mulai dari air tawar, air payau, hingga air laut. Keberagaman habitat tersebut menyebabkan ikan nila memiliki kisaran adaptasi lingkungan yang lebar. Nila juga ditemukan di kawasan Mangrove Pulau Kangean. Keberadaan ikan nila di kawasan konservasi ini kemungkinan besar dilakukan oleh masyarakat yang tidak mengetahui bahwa ikan nila tidak boleh dilepas di sembarang tempat. Ikan nila termasuk ikan pan-tropis atau ikan eksotik yang tersebar paling luas di seluruh dunia. Ikan ini telah berkembang biak di hampir setiap perairan tempat mereka dibudidayakan atau diperoleh aksesnya (Dailami *et al.*, 2021)

Ikan nila mampu hidup dalam beragam habitat karena mampu beradaptasi dengan salinitas yang tinggi. Ikan nila mampu hidup pada salinitas 0-30 ppt. Meski demikian, ikan nila hanya tumbuh optimal pada salinitas 0-30 ppt, sedangkan pada salinitas 31-35 ppt pertumbuhan ikan nila akan terhambat (Santoso, 2018). Selain memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas, ikan ini juga tergolong tahan terhadap perubahan lingkungan hidupnya, serta tahan terhadap kekurangan oksigen terlarut di air (Pramleonita *et al.*, 2018)

II.2.5 Kebiasaa Makan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Telur ikan yang telah dibuahi menyimpan cadangan energi yang berguna selama perkembangan embrio. Telur ikan tidak bergerak, dengan demikian embrio yang sedang berkembang tidak dapat mengeksploitasi lingkungan secara maksimal sampai periode penetasan (Bik *et al.*, 2020). Selama masa inkubasi, pertumbuhan dan perkembangan embrio ikan sangat bergantung pada nutrisi yang disimpan di dalam telur. Kuning telur pada ikan mengandung protein, lipid, karbohidrat, dan vitamin. Komponen yang terkandung di dalam kuning telur menduduki peran penting selama masa embriogenesis. Kuning telur menyuplai nutrisi selama tahap awal setelah pembuahan. Sedangkan pada hari sebelum menetas, ia memberikan energi untuk aktivitas metabolisme (riddle dan Hu, 2021)

Setelah dewasa makanan ikan nila dapat berupa fitoplankton, zooplanton, detrius, dan potongan tumbuhan. Ditemukannya potongan tumbuhan didalam

lambung ikan nila diduga karena kondisi lingkungan perairan yang menggenangi bagian tepi waduk. Akibatnya, lahan pencarian makananpun menjadi luas. Begitu juga dengan detritus yang berasal dari hasil dekomposisi bahan organik yang berasal dari tumbuhan (Sukamto *et al.*, 2017)

II.2.5 Tahapan Embriogenesis Ikan

Embriogenesis diartikan sebagai proses pembelahan sel yang terjadi secara bertahap. Proses meleburnya sperma dan ovum atau dikenal dengan tahap fertilisasi merupakan tahap awal terjadinya embriogenesis (Soenardiraharjo dan Bambang, 2017). Perkembangan embrio meliputi fase pembelahan zigot atau *cleavage*, lalu berkembang blastula, gastrula, dan diferensiasi sel (Yonvitner *et al.*, 2020)

A. *Cleavege*

Fase *cleavage* ditandai dengan terjadinya pembelahan secara berturut-turut dan berlangsung cepat. Hasil dari pembelahan ini berupa sel anak (morula) dan anak (blastomer). Tipe pembelahan sel zigot yang terjadi pada ikan umumnya bertipe meroblastik dan holoblastik. Tipe meroblastik ditandai dengan pembelahan yang terjadi hanya pada inti sel dan sitoplasma nya saja, sedangkan holoblastik ditandai dengan pembelahan secara menyeluruh hingga kuning telur (Yonvitner, 2020).

Pembelahan vitellogenin yang melibatkan protein dan asam amino terjadi dalam dua langkah. Pertama, pembelahan selama pertumbuhan oosit dan menghasilkan lima protein kuning telur (LVH, Pv, LvL, B', dan Ct). Pembelahan kedua terjadi selama pematangan oosit dan terjadi sintesis protein yang menghasilkan asam amino. Asam amino bersifat osmotik sehingga menyebabkan penarikan air ke dalam oosit melalui aquaporion. Proses endositosis dan pembelahan vitelogenin inilah yang akhirnya menghasilkan asam amino, lipid, mineral, karbohidrat, vitamin, dan air yang dibutuhkan selama masa embriogenesis (Riddle dan Hu, 2021)

Fase morula berakhir ketika pembelahan sel sudah menghasilkan blastomer. Blastomer kemudian memadat menjadi blastodisk kecil membentuk dua lapis sel.

Pada akhir masa pembelahan akan terbentuk dua kelompok sel. Pertama kelompok sel-sel utama (blastoderm), yang meliputi sel-sel formatik atau gumpalan sel-sel dalam (*inner mass cells*), fungsinya adalah membentuk tubuh embrio. Kedua adalah kelompok sel pelengkap yang meliputi tropoblas, periblas, auxiliary cells, yang berfungsi melindungi dan menghubungkan antara embrio dengan induk atau lingkaran luar (Gusrina, 2018)

B. Blastulasi

Sel-sel anak pada fase blastulasi relatif bulat dan terdapat rongga kosong yang dikenal dengan suloblastula dan steroblastula. Blastula berongga (suloblastula) umumnya didapatkan pada golongan Amphioxus dan kodok, sedangkan blastula yang tidak berongga (*steroblastula*) terdapat pada blastula ikan dan amphibi. Rongga yang terdapat pada blastula disebut blastosol, sedangkan sel yang melekat pada kuning telur disebut lapisan tropoblas (Yonvitner, 2020). Sel pada blastula bertropoblas terdiri dari dua macam yaitu sel utama (*Inner cell mass* yang membentuk sel tubuh embrio) dan sel pelengkap (sel tropoblas, menjadi jembatan penghubung induk dengan embrio). Sel-sel tropoblas akan lebih dulu berkembang dibandingkan sel-sel utama (Pratiwi *et al.*, 2019).

C. Gastrulasi

Pada tahap ini, *inner cell mass* mengalami proliferasi, melepaskan diri (delaminasi) dan bermigrasi untuk membentuk lapisan sel baru yang disebut hypoblast; yang nantinya akan membentuk kantung kuning telur. *Inner cell mass* yang tersisa selanjutnya dapat disebut epiblast. Pada permukaan epiblast, garis primitif (*primitive streak*) akan menghasilkan sepasang peninggian yang dipisahkan oleh cekungan (garis primitif menentukan sumbu longitudinal embrio dan menunjukkan awal pembentukan lapisan daun cambah). Pemisahan lapisan hypoblast dari epiblast membentuk ruang *coelom/celom*) jauh dalam ke dalam garis primitif. Selanjutnya, coelom untuk sementara diisi oleh mesoderm yang akan membentuk rongga tubuh. Proliferasi sel epiblast di sepanjang garis-garis primitif menjadi sumber migrasi seluler melalui garis cekungan. Sel yang bermigrasi membentuk lapisan endoderm dan mesoderm. Sedangkan sisa dari

epiblast akan menjadi ektoderm yang membentuk epidermis kulit dan sistem saraf. (Pratiwi *et al.*, 2019)

Berdasarkan hasil uji, diketahui bahwa jumlah kuning telur mempengaruhi proses terbentuknya lapisan ectoderm, endoderm, dan lapisan mesoderm (Yonvitner, 2020). Lapisan ektoderm akan berdiferensiasi menjadi epidermis, lapisan epitel mulut, sistem saraf, dan indera. Lapisan mesoderm akan berdiferensiasi membentuk muskulus (otot) dan jaringan ikat, termasuk tulang dan bagian yang menyusun sistem sirkulasi, urinari, dan genitalia. Lapisan endoderm akan berdiferensiasi membentuk epitel mukosa dan kelenjar pada sistem pernafasan dan pencernaan. Sel bergerak dengan dua cara yaitu epiboly dan emboly. Epiboly merupakan pergerakan yang mengarah pada pembentukan epidermis, sedangkan emboly merupakan pergerakan yang mengarah pada pembentukan bakal embrio (Pratiwi, 2019)

D. Segmentasi

Fase segmentasi terjadi dalam 2 hari atau diantara jam 26-30 setelah pembuahan. Fase ini ditandai dengan epiboly yang sudah berkembang sebanyak 50-60%. Seluruh embrio juga ikut menebal terutama di bagian ujung anterior. Bagian posterior, kuncup ekor memanjang secara ventral dari cincin germinal. Setelah 31 jam, epiboly hampir 80% menuju lengkap. Bumbung neural terus berkembang dan membentuk otak. Sejumlah somit mulai terbentuk dan sel mulai memanjang di somit bagian anterior (Morrison *et al.*, 2001)

Pada jam ke 46-48, epiboly sudah terbentuk sempurna. Mata sudah mulai terlihat namun tidak berpigmen dan ada bercak melanofor pada permukaan telur di setiap sisi embrio. Otak mulai berkembang dan terbagi menjadi otak depan (*diencephalon* dan *telencephalon*), otak tengah dorsal (*optic tectum*) dan ventral, otak kecil dan otak belakang. Sel-sel bagian anterior notochord bervakuola dan terdapat usus di bagian bawah *notocord*. Mata terdiri dari cawan optik dan fisura koroid ventral dan primordium lensa central. Hati mulai terbentuk antara kuning telur dan usus serta jantung yang mengandung eritrosit. Bagian ventral *neural tube* (somit) terdapat tubulus rawan dan di posterior juga terdapat beberapa sel

germinal primordial yang ditandai dari ukurannya yang besar, berbentuk bulat, dan sitoplasma yang jernih (Morrison *et al.*, 2001).

Pembentukan tabung terjadi dengan bantuan jaringan epidermis, neural, dan mesoderm dari endoderm. Jaringan neural meliputi mata, ganglion, dan otak. Sedangkan endoderm merupakan bagian pencernaan makanan seperti endokrin (Yonvitner, 2020). Bersamaan dengan selesainya proses gastrulasi, maka proses organogenesis sudah dimulai yang didahului oleh terbentuknya bumbung oleh jaringan epidermis, neural, mesoderm, dan endoderm. Bumbung neural terbentuk dengan tenggelamnya lekukan neural yang berasal dari lapisan ektoderm. Organ yang terbentuk dari jaringan neural diantara lain otak, ganglion, dan mata. Organ yang berasal dari endoderm adalah lapisan bagian dalam alat pencernaan makanan beserta kelenjarnya. (Tamsil *et al.*, 2021)

E. Pharingula

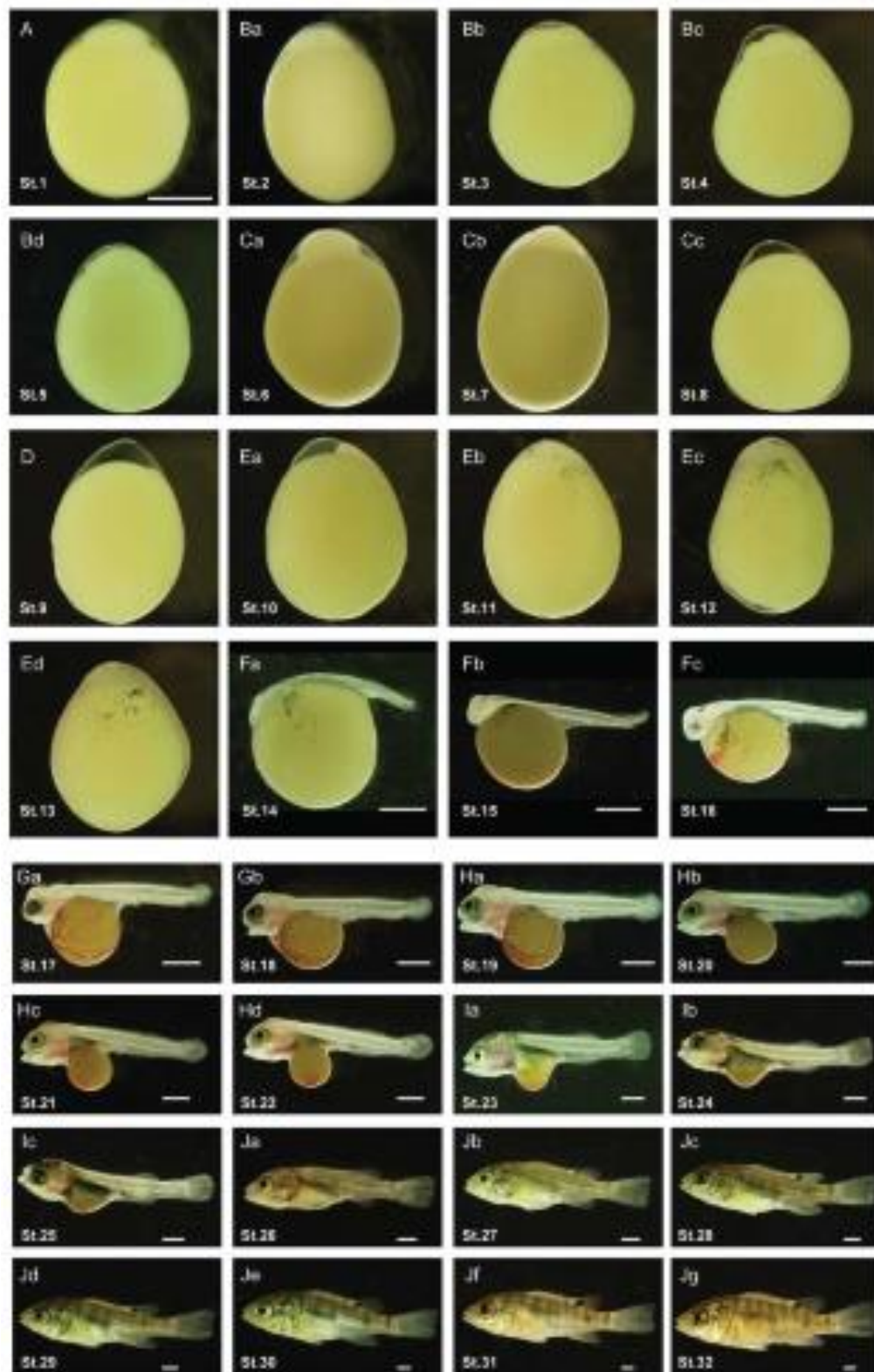
Fase ini ditandai dengan adanya pigmentasi di kedua sisi larva serta adanya melanofor yang semakin banyak pada sisi ventral larva yang berdekatan dengan kuning telur dan bagian dorsal tubuh larva. Pada fase ini jantung juga sudah mulai berdetak, faring mulai terbentuk serta otak mulai berdiferensiasi. (Morrison *et al.*, 2001).

F. Penetasan

Tahap penetasan merupakan proses keluarnya embrio dari cangkang. Pada tahap ini pula enzim chorionase akan mereduksi chorion sehingga tingkat kekerasan chorion menurun. Proses penetasan dimulai dari ujung ekor dan diakhiri dengan kepala berdasarkan ukurannya yang relatif besar (Yonvitner *et al.*, 2020).

Penetasan terjadi karena dua hal, diantaranya: (1) kerja mekanik, yaitu pengaruh embrio sering mengubah posisinya karena kekurangan ruang dalam cangkangnya, atau arena embrio telah lebih panjang dari lingkungan dalam cangkangnya. Dengan pergerakan-pergerakan tersebut, bagian cangkang telur yang lembek akan pecah dan menyebabkan embrio keluar dari cangkangnya; (2)

kerja enzimatik, yaitu akibat dari enzim dan unsur kimia lainnya yang dikeluarkan oleh kelenjar endodermal (Tamsil *et al.*, 2021)



Gambar II. 2 Tahapan Embriogenesis pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). (A) Tahap1 periode zigot. (B, a-d) Tahap 2-5 fase cleavage. (C, a-c) Tahap 6-8 fase blastula. (D) Tahap 9 fase gastrula. (E, a-d) Tahap 10-13 fase segmentasi. (F,a-c) Tahap 14-16 fase faringula. (G, a-b) Tahap 17-18 fase penetasan. (H,a-d) Tahap 19-22 tahap awal larva. (I, a-c) Tahap 23-25 fase akhir larva dan (J, a-g) Tahap 26-32 tahap awal juvenil. St, tahapan. Skala bar 1 mm (Fujimura, 2007).

Tabel II. 2 Perkembangan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Fujimura, 2007)

Fase	Tahapan	Tahap	Hari	Jam	Karakteristik
Embrio	Zigot	1	1	0-1,5	1 sel
		2	1	1,5-2	2 sel
	Cleavage	3	1	2	4 sel
		4	1	3	8 sel
		5	1	4	16 sel
	Blastula	6	1	4-12	Blastula awal
		7	1	12-17	Blastula tengah
	Gastrula	8	1	17-22	Blastula akhir
		9	2	22-26	Gastrula, epiboli = 30-50%
	Segmentasi	10	2	26-30	Neureula, epiboli=50-90%
		11	2-3	30-40	Somitogenesis
		12	3	40-44	Pembentukan mata
		13	3	44-48	Diferensiasi otak
	Faringula	14	3-4	48-60	Detak jantung
		15	4	60-72	Peredaran darah
		16	4-5	72-90	Kepala membesar
	Penetasan	17	5-6	90-110	Terbentuknya rahang
		18	6	110-120	Terbentuknya insang
Larva	Tahap awal fase larva	19	6-7	120-132	Gerakan operculum
		20	7	132-144	LL= 6.5±0.2 mm
		21	7-8		LL=6.9±0.2 mm
		22	8-9		LL=7.2±0.3 mm

	Tahap akhir	23	9-10	TL=8.1±0.2 mm
		24	9-10	TL=8.6±0 mm
		25	11-13	TL=9.0±0.4 mm
Juvenile	Tahap awal juvenile	26	12-13	TL=9.9±0.4 mm
		27	14-15	TL=10.4±0.4 mm
		28	16-20	TL=11.9±0.4 mm
		29	19-22	TL=12.9±0.4
		30	21-24	TL=14.4±0.5
		31	23-25	TL=15.6±0.6
		32	25-30	TL=17.3±0.8

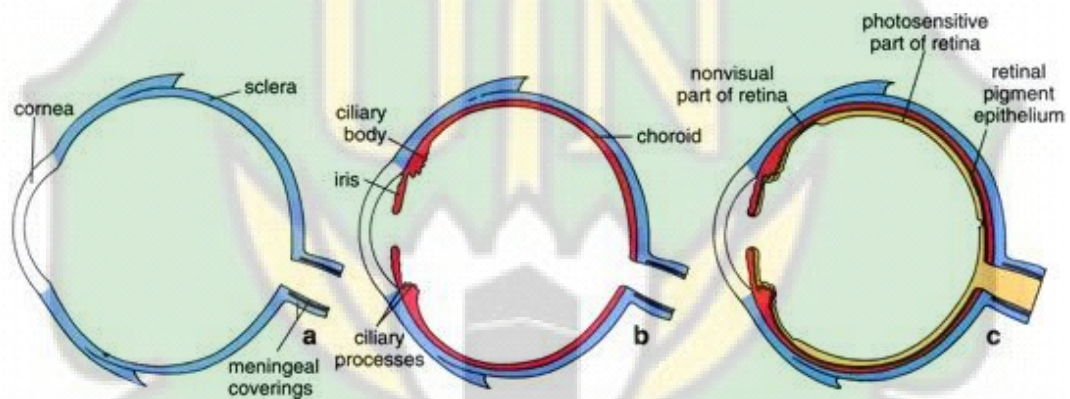
Keterangan : LL/TL, panjang larva

II.2.6 Mata Ikan

Organum viscus pada ikan nila dicirikan dengan retina berwarna hitam gelap, bulat dan menonjol besar, serta mata berwarna abu atau putih. Bagian terpenting dari perkembangan ikan adalah diferensiasi mata. Hal ini dikarenakan mata digunakan oleh ikan untuk menghindari predator serta mencari asupan makanan (Bauman, 2015). Sistem visual telah terbukti menjadi target sensitif dalam ekosistem perairan. Berbagai polutan lingkungan seperti dioksin, pestisida, logam dan beberapa lainnya telah terbukti menghambat dan merusak perkembangan dan fungsi retina ikan yang melibatkan sistem visual. Berbagai cara untuk menilai perkembangan visual yang dapat dikaji misalnya pada tingkat molekul, sel, histologi, fisiologi, dan perilaku. Polutan lingkungan seringkali memberikan dampak pada sistem visual secara langsung dan tidak langsung. Misalnya dalam pensinyalan retinoid dan tiroid (Chen *et al.*, 2020).

Struktur mata ikan terdiri dari segmen bagian depan dan dinding bola mata. Mata bertugas mengumpulkan cahaya dan membentuk fokus bayangan untuk dianalisis oleh retina. Lensa mata ikan mengikuti aturan dasar fisik pembengkokan cahaya sampai benda yang diketahuinya memberikan respon untuk dianalisis. Karena itulah, sensitivitas dan ketajaman mata ikan tergantung

pada terangnya bayangan mencapai retina. Lensa mata ikan bergerak ke depan menjauhi retina untuk pandangan tertutup atau dekat, sebaliknya, bergerak mendekati retina secara perlahan-lahan oleh bantuan otot retraktor untuk pandangan jauh. Bola mata itu sendiri terdiri dari bahan yang liat dan elastis, disebut sclera atau selaput putih mata. Meskipun kornea tidak pengaruh pada kekuatan optikal pada hewan air, namun distribusi pigmen pada kornea berfungsi menyaring cahaya pada siang hari. Pada ikan yang hidup di perairan dangkal seperti ikan karang, saringan optikal kuning ini berfungsi mengurangi jumlah cahaya gelombang pendek yang tersebar dan mengurangi informasi bayangan (Razak, 2017)



Gambar II. 3 Struktur Bola Mata (Razak, 2017)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian uji toksisitas limbah cair kelapa sawit ini dilaksanakan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Pelaksanaannya dimulai pada bulan Agustus hingga bulan September 2022 dengan rincian kegiatan pada tabel berikut.

Tabel III. 1 Rincian Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi								
2	Persiapan alat dan bahan								
3	Pengambilan embrio ikan nila								
4	Pengujian dampak limbah terhadap larva ikan nila								
5	Analisis data								

III.2 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah embrio ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diperoleh dari laboratorium penetasan ikan di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) sebanyak 2.400 butir.

III.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah corong modifikasi berupa botol akua, pompa yang dilengkapi aerator, wadah penetasan, selang,

sendok, nampan, mikroskop stereo, cawan petri, refraktometer, jangka sorong, pH meter, DO (*Dissolved Oxyge*) meter, dan termometer.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah embrio ikan nila (*Oreochromis niloticus*), limbah cair kelapa sawit, dan air.

III.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen kuantitatif untuk mengetahui dampak paparan limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur dan diameter mata ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Rancangan penelitian yang digunakan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Konsentrasi limbah cair kelapa sawit untuk setiap perlakuan didasari pada nilai LC50-96 jam (15,65 ml/L) limbah cair kelapa sawit terhadap ikan nila merujuk pada penelitian terdahulu yang dipaparkan oleh Zulfahmi *et al.*, (2017) yaitu sebesar 15,65 ml/L. Perlakuan kontrol (0% limbah cair kelapa sawit), perlakuan A (10% dari nilai LC50-96 jam: 1,565 ml/L), perlakuan B (15% dari nilai LC50-96 jam: 2,347 ml/L) dan perlakuan C (20% dari nilai LC50-96 jam: 3,130 ml/L). Penetasan dilakukan pada 20 wadah penetasan yang diisi dengan 10L air dan dilengkapi aerasi. Setiap wadah penetasan diisi sebanyak 100 telur. Jumlah sampel yang diamati sebanyak 5 sampel setiap perlakuan. Menurut Alwi (2015) ukuran sampel minimal untuk uji eksperimen disarankan menggunakan 5 sampel untuk menghitung nilai rata-rata dan standar deviasinya.

III.5 Prosedur Kerja

III.5.1 Koleksi Limbah Cair Kelapa Sawit dan Telur Ikan Nila

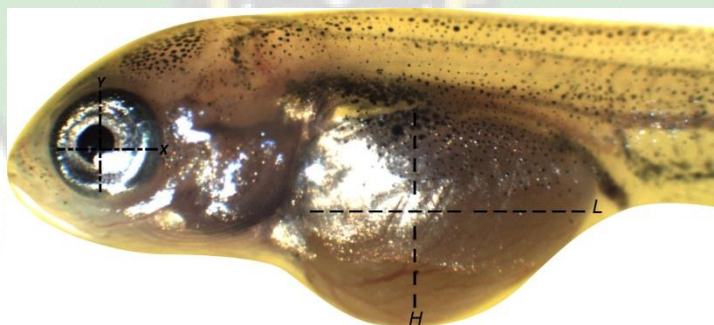
Sebanyak 15 L limbah cair kelapa sawit dikoleksi dari Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh (4°03'45.8"N96°29'15.9"E). Selanjutnya, limbah cair kelapa sawit di bawa ke laboratorium menggunakan transportasi darat. Sebelum digunakan, limbah cair kelapa sawit disimpan dengan suhu di bawah 4°C untuk mencegah biodegradasi (SNI 6989.59. 2008). Telur ikan nila yang telah dibuahi (tidak menunjukkan cacat atau luka) dikoleksi dari laboratorium penetasan ikan di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) sebanyak 2.400 butir. Telur yang telah dibuahi memiliki ciri-ciri berwarna kuning bening (Mauliza, 2020). Telur

dimasukkan ke dalam plastik yang telah diisi air dan di aerasi untuk dibawa ke lokasi penetasan. Penetasan dilakukan di laboratorium multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Penetasan telur ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dilakukan dengan menggunakan metode corong modifikasi berupa botol aqua berukuran 1,5 L. Air dialirkan ke dalam botol aqua dengan bantuan pompa yang dilengkapi aerator untuk menciptakan pergerakan pada telur selama proses penetasan.

III.5.2 *Sampling* dan Pengukuran Parameter

Telur yang telah menetas pada setiap perlakuan dipilih secara acak setiap 24 jam dan diletakkan di dalam petridish. Pengukuran parameter diawali dengan penimbangan bobot larva sebanyak 5 larva setiap perlakuan menggunakan neraca digital. Selanjutnya larva dimasukkan ke dalam botol sampel yang sudah diisi formalin 4% untuk menghentikan pertumbuhan dan perkembangan larva selama masa pengukuran parameter (Zhang *et al.*, 2016). Pengukuran panjang larva dilakukan dengan jangka sorong digital. Sedangkan volume kuning telur dan diameter mata diobservasi melalui mikroskop stereo yang dilengkapi *optilab viewer* dan diukur dengan *Image raster* versi 2.1.

Pengukuran diameter mata ikan nila mengacu pada penelitian terdahulu oleh Shen (2022) dengan cara mengukur diameter sumbu X dan sumbu Y sebagai berikut :



Gambar III. 1 Panduan Pengukuran Diameter Mata Ikan Nila.

Volume kuning telur diukur dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{\pi}{6} LH^2$$

Dimana V: Volume kuning telur (mm^3). L: Panjang kuning telur (mm). dan H: Tinggi kuning telur (mm) (Guevara *et al*, 2017). Pengukuran laju penyerapan kuning telur dilakukan dengan mengambil 5 sampel per ulangan setiap 24 jam sekali selama masa pemaparan. Laju penyerapan kuning telur kumulatif menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LPKT = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100$$

Dimana LPKT: Laju penyerapan kuning telur (%), V_0 : Volume awal kuning telur (mm^3), V_t : Volume akhir kuning telur (mm^3).

Pengukuran fisik-kimiawi air pada media penetasan dilakukan sehari sekali meliputi suhu, oksigen terlarut dan pH. Suhu diukur dengan menggunakan termometer, oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter, sedangkan pH diukur menggunakan pH meter (Muliari *et al*, 2020).

Pengukuran faktor fisik-kimiawi air pada media penetasan dilakukan sehari sekali dengan kisaran sebagai berikut: suhu 28-30 °C; pH 6.9-7.5; oksigen terlarut (DO) 6-8 mg/L. Acuan parameter fisik kimiawi air ini merujuk pada SNI 6141 (2009) yaitu kisaran suhu untuk penetasan telur ikan nila adalah ± 29 °C. pH antara 6.5-8.5 dan oksigen terlarut > 5 mg/L.

III.6 Analisis Data

Data disajikan dalam nilai rata-rata $\pm$ standar deviasi. Data dianalisis secara statistik dengan SPSS 26.0. Perbedaan antar perlakuan diuji dengan ANOVA satu arah diikuti dengan Post hoc LSD (*Least Significant Different*) tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$) untuk melihat dampak limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur dan diameter mata ikan nila pada masing-masing perlakuan. Data dalam bentuk persentase dinormalisasi dengan transformasi *arcsin square* sebelum dianalisis statistik untuk homogenisasi data.

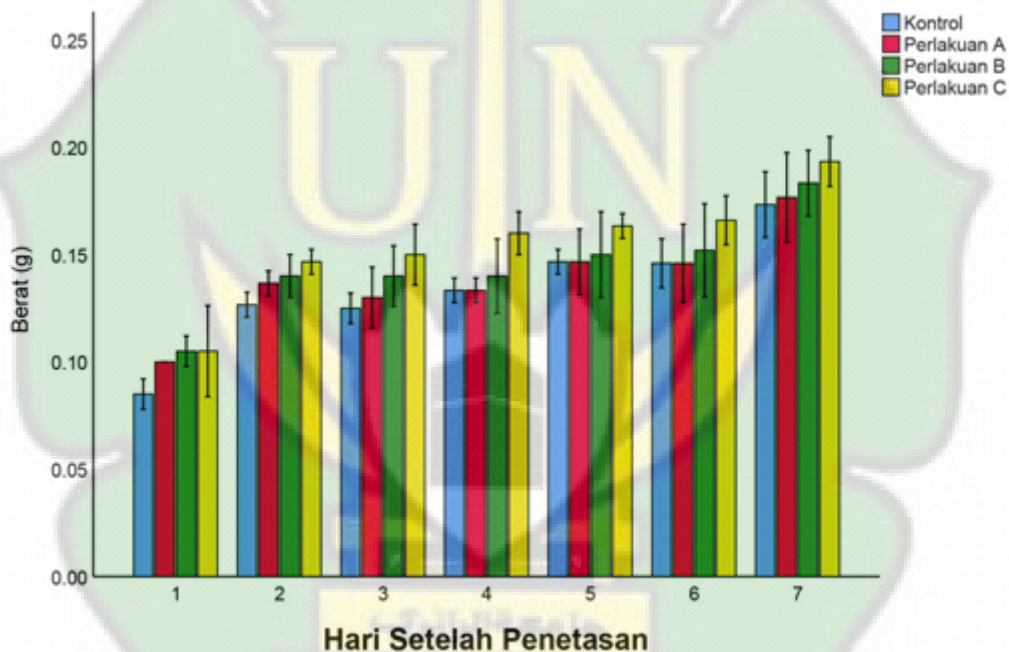
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian

IV.1.1 Pertumbuhan Bobot dan Panjang

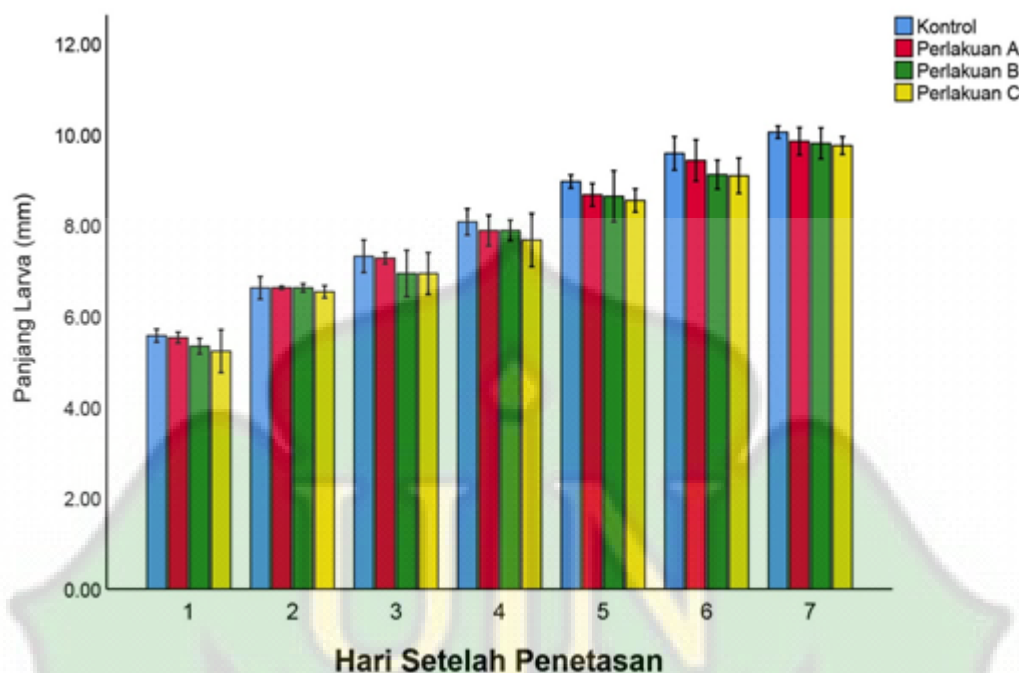
Berdasarkan hasil pengukuran bobot pada larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipaparkan limbah cair kelapa sawit disajikan pada Gambar IV.1 berikut :



Gambar IV. 1 Grafik Bobot Larva Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Bobot tubuh larva pada awal penetasan masing-masing adalah 0.097 ± 0.02 g (kontrol), 0.104 ± 0.01 g (perlakuan A), 0.108 ± 0.01 g (perlakuan B), dan 0.110 ± 0.03 g (perlakuan C). Sedangkan bobot akhir pada kelompok kontrol yaitu 0.185 ± 0.03 g, perlakuan A (0.185 ± 0.03) g, perlakuan B (0.188 ± 0.02) g dan perlakuan C (0.193 ± 0.01 g). Sepanjang masa pemaparan, bobot terberat hingga yang paling ringan berturut-turut didapatkan pada perlakuan C, perlakuan B, perlakuan A, dan kelompok kontrol. Hasil analisis statistik menunjukkan tidak

adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada hari pertama hingga hari terakhir selama masa pemaparan ($p>0.05$)

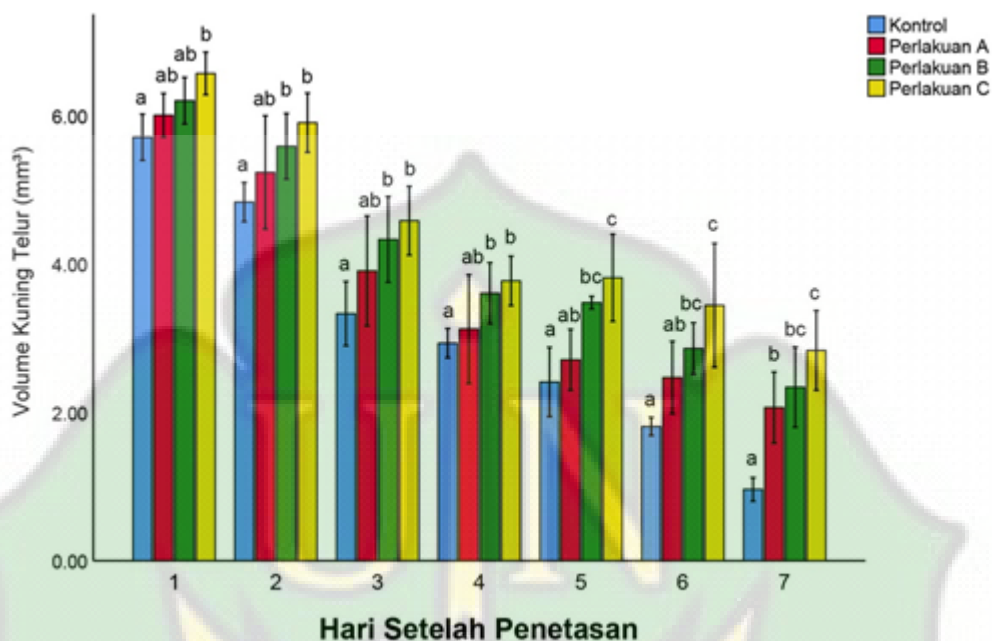


Gambar IV. 2 Grafik Panjang Larva Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Panjang tubuh larva pada awal penetasan masing-masing adalah 5.53 ± 0.11 mm (kontrol), 5.58 ± 0.14 mm (perlakuan A), 5.34 ± 0.17 mm (perlakuan B), dan 5.23 ± 0.47 mm (perlakuan C). Pertumbuhan panjang terus terjadi peningkatan hingga akhir masa pemaparan. Meski demikian, hasil analisis statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($p>0.05$). Panjang akhir pada kelompok kontrol, perlakuan A, B, dan C pada masing-masing perlakuan yaitu 10.19 ± 0.21 mm pada kelompok kontrol, 9.51 ± 0.43 mm (perlakuan A), 9.45 ± 0.11 mm (perlakuan B), dan 9.09 ± 0.44 mm (perlakuan C). Sepanjang masa pemaparan, larva terpanjang hingga terpendek secara berturut-turut ditunjukkan oleh kelompok kontrol, perlakuan A, perlakuan B, dan perlakuan C (Gambar IV.2).

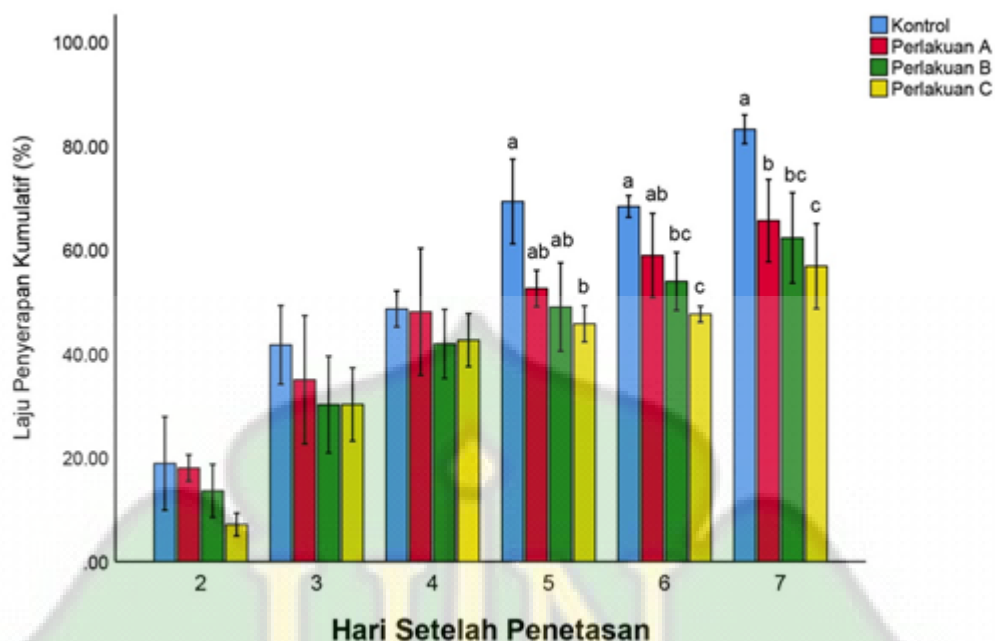
IV.1.2 Volume dan Laju Penyerapan Kuning Telur

Volume kuning telur selama masa pemaparan limbah cair kelapa sawit disajikan pada Gambar IV.3 sebagai berikut:



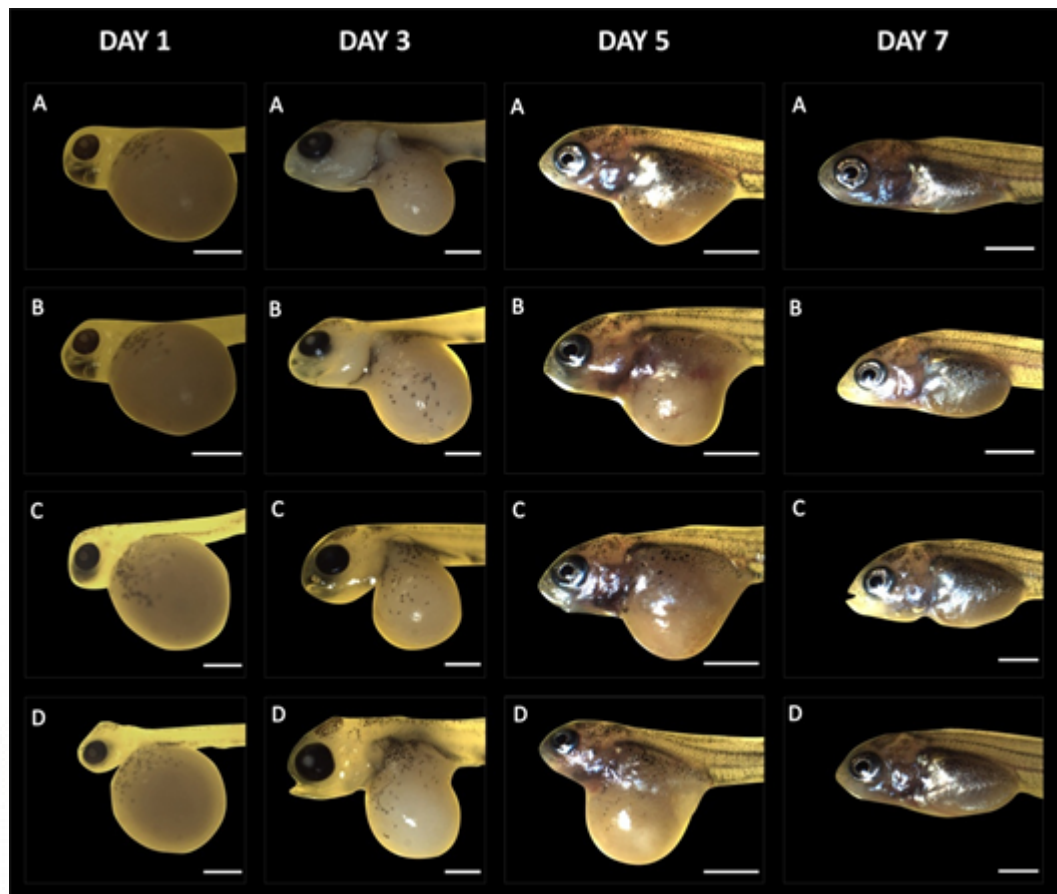
Gambar IV. 3 Grafik Volume Kuning Telur

Volume kuning telur menunjukkan penurunan nilai pada setiap perlakuan. Sepanjang masa pemaparan, nilai volume terbesar hingga terkecil secara berturut-turut ditunjukkan oleh perlakuan C, perlakuan B, perlakuan A, dan kontrol (Gambar VI. 3). Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kelompok kontrol ($5.71 \pm 0.31 \text{ mm}^3$) dan perlakuan C ($6.57 \pm 0.29 \text{ mm}^3$) sejak hari pertama setelah penetasan ($p < 0.05$). Sedangkan antara kelompok kontrol ($4.84 \pm 0.26 \text{ mm}^3$) dan perlakuan B ($5.59 \pm 0.44 \text{ mm}^3$) mulai terlihat pada hari kedua. Selanjutnya pada hari kelima signifikansi juga terjadi antara perlakuan A ($1.92 \pm 0.55 \text{ mm}^3$) dan perlakuan C ($3.91 \pm 0.56 \text{ mm}^3$). Signifikansi antara kelompok kontrol dan perlakuan A baru terlihat pada hari ketujuh. Nilai serta perbedaan masing-masing perlakuan pada akhir periode pemaparan adalah kelompok kontrol ($0.96 \pm 0.16 \text{ mm}^3$) berbeda secara nyata dengan perlakuan A ($2.07 \pm 0.48 \text{ mm}^3$), perlakuan B ($2.34 \pm 0.54 \text{ mm}^3$), dan perlakuan C ($2.84 \pm 0.54 \text{ mm}^3$) serta antara perlakuan A dan perlakuan C ($p < 0.05$).



Gambar IV. 4 Grafik Laju Penyerapan Kuning Telur

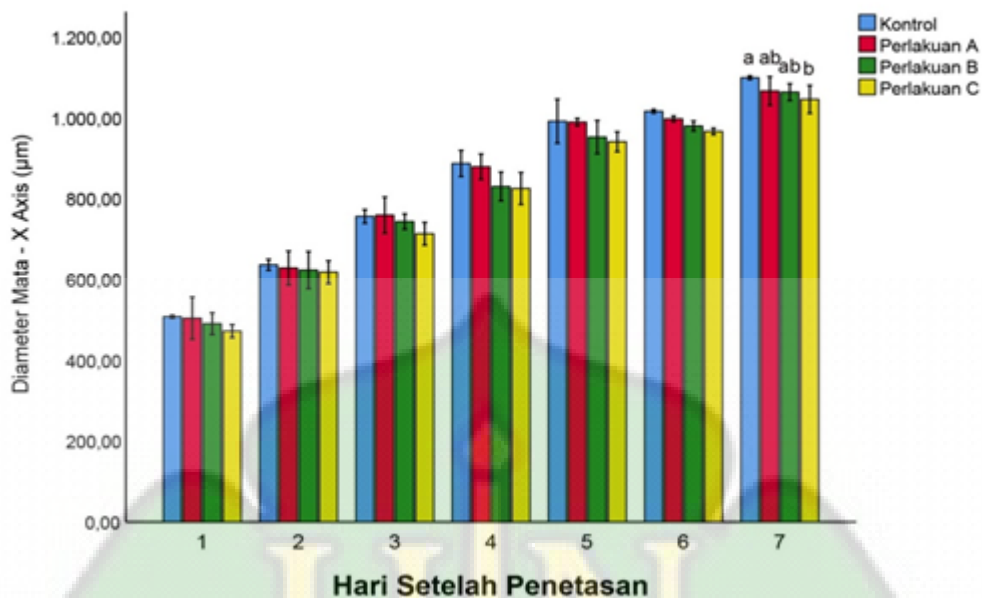
Laju penyerapan kuning telur menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya umur ikan nila. Laju penyerapan awal masing-masing perlakuan adalah 18.00 ± 4.61 % (kontrol), 17.68 ± 7.72 % (perlakuan A), 12.56 ± 7.12 % (perlakuan B), dan 10.10 ± 6.05 % (perlakuan C). Berdasarkan analisis statistik, perbedaan secara nyata mulai terlihat sejak hari kelima setelah penetasan dimana kelompok kontrol (66.39 ± 10.63) menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan C ($42.36 \pm 9.93\%$) ($p < 0.05$). Pada hari selanjutnya, signifikansi terlihat antara kelompok kontrol (68.32 ± 2.10) dengan perlakuan B (53.91 ± 5.58 %) dan C (47.61 ± 12.69 %). Sedangkan kelompok kontrol dan perlakuan A menunjukkan perbedaan yang nyata pada hari terakhir masa pemaparan. Nilai persentase serta signifikansi antar perlakuan pada hari terakhir yaitu antara kelompok kontrol (83.17 ± 2.77 %) dengan perlakuan A (65.59 ± 7.93 %), perlakuan B (62.27 ± 8.69 %), dan perlakuan C (56.84 ± 8.18 %) serta antara perlakuan A dan perlakuan C ($p < 0.05$) (Gambar IV.4)



Gambar IV. 5 Penyerapan kuning telur dan pelebaran diameter mata larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). (A) 0% limbah cair kelapa sawit. (B) 10% limbah cair kelapa sawit. (C) 15% limbah cair kelapa sawit. (D) 20% limbah cair kelapa sawit. Skala bar, 1 mm.

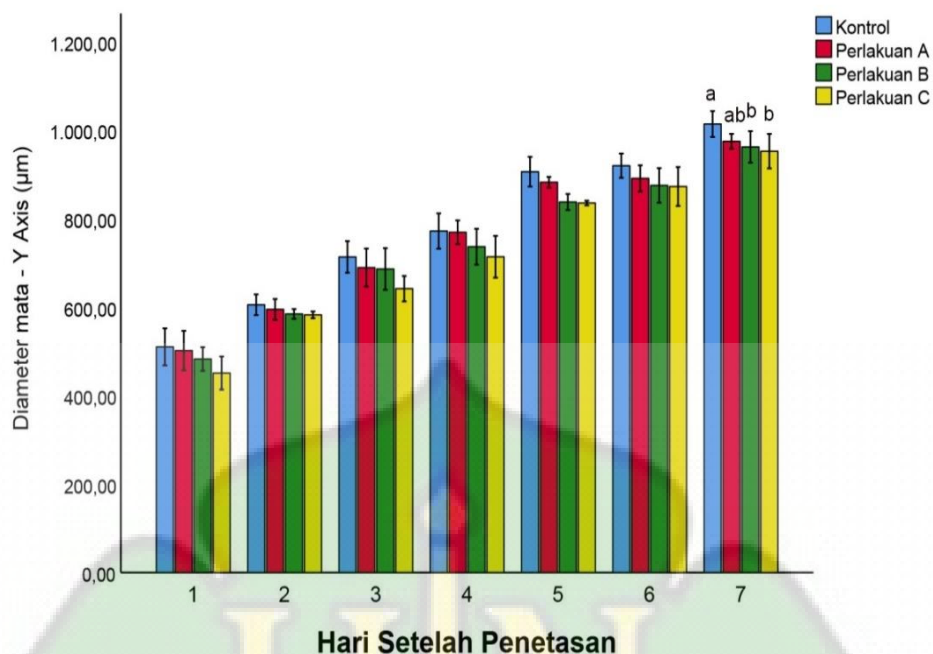
IV.1.3 Biometrik Mata

Observasi morfologi pada sumbu X dan Y mata larva ikan nila menunjukkan penambahan ukuran seiring dengan bertambahnya umur ikan nila (Gambar IV.6, IV.7)



Gambar IV. 6 Diameter Sumbu X

Analisis statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan masing-masing perlakuan hingga hari keenam pada diameter mata ikan nila. ($p > 0,05$). Sedangkan pada hari ketujuh, terdapat perbedaan yang signifikan pada sumbu X dan sumbu Y ($p < 0,05$). Diameter sumbu X menunjukkan perbedaan yang nyata antara kelompok kontrol ($1094.99 \pm 11.41 \mu\text{m}$) dan perlakuan C ($1046.17 \pm 34.61 \mu\text{m}$). Sedangkan pada perlakuan A ($1068.40 \pm 30.95 \mu\text{m}$) dan B ($1060.47 \pm 19.72 \mu\text{m}$) tidak terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan ($p > 0.05$) (Gambar 4.5). Signifikansi antar perlakuan juga terlihat pada diameter sumbu Y antara kelompok kontrol ($974.12 \pm 16.81 \mu\text{m}$) dengan perlakuan B ($955.62 \pm 30.42 \mu\text{m}$) dan perlakuan C ($951.95 \pm 38.94 \mu\text{m}$). Sedangkan pada perlakuan A tidak ditemukan adanya perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) (Gambar IV.6)



Gambar IV. 7 Diameter Sumbu Y

IV.2 Pembahasan

Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa selama masa pemaparan limbah cair kelapa sawit tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada panjang total larva antar perlakuan. Larva terpanjang ditunjukkan oleh kelompok kontrol sedangkan larva terpendek ditunjukkan oleh perlakuan C. Hal ini sejalan dengan penelitian Zulfahmi *et al.*, (2020) yang melaporkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada panjang larva ikan nila setelah sepuluh hari dipaparkan limbah cair kelapa sawit. Larva ikan zebra yang dipaparkan *mepanipyrin* 72 jam setelah fertilisasi juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada panjang larva (Shen *et al.*, 2021). Ikan gulama (*Yellow croaker*) yang dipaparkan *methylmercury* setelah fertilisasi hingga hari ketiga setelah penetasan juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan (Yu *et al.*, 2019). Pemaparan *difenoco nazole* pada ikan zebra (*Danio rerio*) selama lima hari juga menyebabkan penurunan pada panjang total larva (Jiang, 2020). Larva ikan medaka (*Oryzias melastigma*) yang dipaparkan *nikel* (Ni) menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan kecuali pada perlakuan dengan konsentrasi terendah yaitu 0.66 mg/L. Panjang tubuh terpendek ditunjukkan pada perlakuan 65.80 mg/L Ni yaitu 13.12% lebih kecil dari kelompok kontrol ($p < 0.05$). Signifikansi ini diduga karena

respon stres yang menghabiskan banyak energi yang seharusnya dialokasikan untuk perkembangan embrio sehingga menyebabkan pemendekan tubuh (Liu *et al.*, 2021)

Panjang larva ikan nila yang ditunjukkan selama perlakuan berbanding lurus dengan bobot ikan nila yang terus stabil selama masa pemaparan. Meskipun umur larva ikan nila terus bertambah, dengan nilai volume yang cenderung tinggi dan panjang tubuh yang terus meningkat menciptakan kondisi stabil pada bobot larva selama masa pemaparan. Bobot larva yang dipaparkan limbah menunjukkan angka yang lebih tinggi, sedangkan panjang larva menunjukkan nilai yang lebih rendah pada kelompok yang dipaparkan limbah. Hasil ini juga dilaporkan pada penelitian terdahulu pada ikan gulama (*Yellow croaker*) yang dipaparkan *methylmercury*, paparan polutan diduga menghambat penyaluran nutrisi sehingga perkembangan organ tidak berlangsung normal dan berdampak pada berat larva. Namun hal ini masih memerlukan penelitian lanjutan untuk hasil yang lebih akurat (Yu *et al.*, 2019).

Perubahan diameter telur dapat mencerminkan permeabilitas embrio ikan dan mempengaruhi seluruh perkembangan embrionik. Cemaran polutan berpotensi mengubah struktur korion dan mempengaruhi permeabilitas membran (Jazierska *et al.*, 2009). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa volume kuning telur terus mengalami penurunan yang bervariasi setiap harinya. Kelompok kontrol dapat mengurangi diameter kuning telur secara efisien. Sedangkan pada kelompok yang diberi perlakuan terlihat adanya hambatan pada penyerapan kuning telur yang dibuktikan dengan nilai volume dan diameter kuning telur yang masih besar hingga akhir masa pemaparan. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Liu *et al* (2021) pada larva ikan medaka (*Oryzias melastigma*) dengan konsentrasi nikel (Ni) ≥ 0.66 mg/L dapat meningkatkan permeabilitas korion dan menyebabkan peningkatan diameter telur. Sedangkan konsentrasi Ni yang rendah dapat mengurangi diameter telur sejak hari pertama setelah fertilisasi. Hasil yang serupa juga dipaparkan oleh Wang *et al.*, (2020) bahwa paparan 0.08-1.28 mg/L tembaga pada larva *Oryzias melastigma* menyebabkan peningkatan yang signifikan pada diameter telur sejak hari pertama setelah fertilisasi. Meskipun

hanya 7% Cu yang ditemukan di dalam telur, akumulasi ini memberikan efek buruk pada perkembangan embrionik *Oryzias melastigma*. Hal ini dikarenakan kuning telur sudah menduduki peran penting sejak masa embriogenesis hingga kuning telur habis. Penelitian terdahulu pada *Oryzias celebensis* menunjukkan penurunan volume kuning telur mulai terlihat pada hari ketiga setelah fertilisasi (Lalombo *et al.*, 2021). Selama masa penyusutan kuning telur, energi yang terdapat pada kuning telur berpindah ke organ tubuh embrio. Kuning telur memegang peran penting dalam proses pembentukan organ dan energi (Huynh *et al.*, 2019).

Volume kuning telur yang masih besar pada akhir masa paparan mengindikasikan bahwa limbah cair kelapa sawit mempengaruhi laju penyerapan kuning telur. Laju penyerapan kuning telur yang dipaparkan limbah cair kelapa sawit mengalami keterlambatan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada akhir masa paparan, penyerapan kuning telur pada kelompok kontrol mencapai 83.17 ± 2.77 % sedangkan pada kelompok yang diberi perlakuan masing-masing 65.59 ± 7.93 % (perlakuan A), 62.27 ± 8.69 (perlakuan B), dan 56.84 ± 8.18 (perlakuan C). Lambatnya laju penyerapan kuning telur pada penelitian ini diduga berkaitan dengan terjadinya penurunan laju metabolisme. Keterkaitan antara laju metabolisme dengan limbah cair kelapa sawit telah diurai dalam temuan Haschiguchi *et al.*, (2021) bahwa kandungan BOD dan COD berkaitan erat dengan tingkat kematian ikan zebra (*Danio rerio*) akibat kekurangan oksigen yang berdampak pada malformasi dan koagulasi embrio ikan zebra. Kenyataan bahwa limbah yang dibuang ke lingkungan mengandung BOD dan COD dengan nilai tinggi dan menyebabkan *lethal* atau *sub-lethal* sangat disayangkan. Padahal, lingkungan yang kaya akan senyawa organik berpotensi meningkatkan hipoksia yang berkaitan secara langsung dengan kuning telur. Dugaan ini didukung oleh temuan sebelumnya oleh Xiong *et al.*, (2019) bahwa paparan 2,4 DNT (*dinitrotoluene*) dengan dosis 6 dan 8 mg/L mengakibatkan displasia hati dan merusak fungsi biologisnya. Hal ini diduga karena dampak dari ekspresi beberapa gen yang terlibat dalam metabolisme lipid dan transportasi oksigen yang berkaitan dengan gangguan penyerapan kuning telur. Akibatnya, embrio dan larva ikan zebra (*Danio rerio*) yang terpapar 2.4 DNT tidak mampu mengirim nutrisi yang

terkandung dalam kuning telur ke sistem peredaran darah padahal satu-satunya penyedia nutrisi di fase ini adalah kuning telur.

Keterlambatan penyerapan kuning telur juga berkaitan erat dengan fungsi hati. Sebagai cadangan lipid endogen utama, kuning telur dimetabolisme di hati. Hati menjadi organ penting bagi hewan ovipar seperti ikan terutama pada proses vitelogenesis. Proses sintesis vitelogenin berlangsung di hati sehingga kondisi hati dipercaya dapat meningkatkan aktivitas sintesis vitelogenin yang berguna dalam proses perkembangan telur (Rawung *et al.*, 2022). Menurut Hao *et al.*, (2019) penyerapan kuning telur akan mengalami keterlambatan ketika hati terganggu. sehingga fungsi hati seringkali dikaitkan dengan ukuran kuning telur pada ikan. Komponen biokimiawi pada telur ikan terdiri atas protein, karbohidrat, lipid dan mineral (Akarte dan Mudgal, 2017). Pemaparan *bisphenol* (BPA) pada larva ikan zebra menghambat sintesis lipid kuning telur yang dibuktikan dengan jumlah lipid yang relatif lebih banyak pada larva yang dipaparkan BPA dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Volume yang besar merupakan dampak dari terhambatnya lipid kantung kuning telur pada individu yang terpapar BPA sehingga laju metabolisme juga berkurang selama tahap embrionik yang penting ini (Martinez *et al.*, 2022; Ortiz-Villanueva *et al.*, 2018; Santangeli *et al.*, 2018). Paparan *fungisida triazol* juga dilaporkan menyebabkan hepatoksisitas pada organisme yang berbeda. Paparan *difenokonazol* 2.00 mg/L dapat mengubah ukuran dan bentuk kepala, abnormalitas hati serta kelainan morfologis pada ikan zebra. Abnormalitas ini juga diduga berkaitan dengan keterlambatan penyerapan kuning telur. Kuning telur ikan dimetabolisme di hati, sehingga abnormalitas hati berakibat pada melambatnya penyerapan kuning telur (Jiang *et al.*, 2020).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan diameter mata secara signifikan antara kelompok kontrol dan perlakuan yang dipaparkan 20% limbah cair kelapa sawit selama tujuh hari. Gangguan morfologi dan fungsi retina seringkali digunakan sebagai penanda toksisitas perkembangan visual yang disebabkan oleh bahan toksikan berbahaya (Alhasani *et al.*, 2020). Peneliti terdahulu melaporkan adanya perbedaan yang signifikan pada diameter bola mata dan kornea ikan zebra dewasa yang dipaparkan *boscalid* dengan konsentrasi 0.1

mg/L dan 1.0 mg/L setelah 21 hari masa pemaparan. Penurunan diameter bola mata menunjukkan bahwa *boscalid* dapat menyebabkan *mikroftalmia* pada ikan zebra dan merusak fungsi visual (Qian *et al.*, 2021). *Mikroftalmia* pada mata ikan yang terpapar polutan juga teramati pada ikan zebra (*Danio rerio*) yang dipaparkan 1,84 mg/L dan 4,04 mg/L *bisphenol A* (BPA) dan *atrazine* dengan konsentrasi 53.87, 70.03, 91.03 (Ozmen *et al.*, 2015). Dugaan lainnya, penurunan diameter mata juga berkaitan erat dengan aktifitas hormon *tyroid*. Menurut Caioni *et al.*, (2021) penurunan diameter mata ikan zebra yang dipaparkan *triclocarban* (TCC) berhubungan erat dengan aktivitas hormon tiroid selama masa melanogenesis. Hal ini telah dilaporkan oleh Baumann *et al* (2016) terkait *Propylthiouracil* (PTU) yang menghambat sintesis hormon tiroid dan *Tetrabromobisphenol A* (TBBPA) yang mengganggu reseptor tiroid. Peneliti berhipotesis bahwa perkembangan mata yang diinduksi polutan mengakibatkan terganggunya fisiologi visual dan perilaku terkait penglihatan individu dan mengganggu kapasitas penglihatan. Dampak toksikan juga diamati terjadi pada retina yang berpotensi merusak fungsi visual dan mengakibatkan berkurangnya kemampuan untuk menangkap mangsa (Qian *et al.*, 2021). Hal yang sama juga teramati pada ikan zebra yang dipaparkan *dydrogestorone* dan menurunkan ketebalan lapisan sel ganglion retina (RGC) pada ikan zebra jantan (Shi *et al.*, 2019). Paparan *mepanipyrim* secara signifikan dapat menurunkan diameter mata ikan zebra dan ketebalan retina. Retina menduduki peran penting dalam pensinyalan sistem visual ke sistem saraf pusat (Qian *et al.*, 2021). Perubahan struktur retina dan fungsi visual dapat mempengaruhi tingkah laku ikan yang dipandu oleh fungsi visual (Stengel *et al.*, 2018; Kist dan Portugues, 2019; Qian *et al.*, 2021)

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

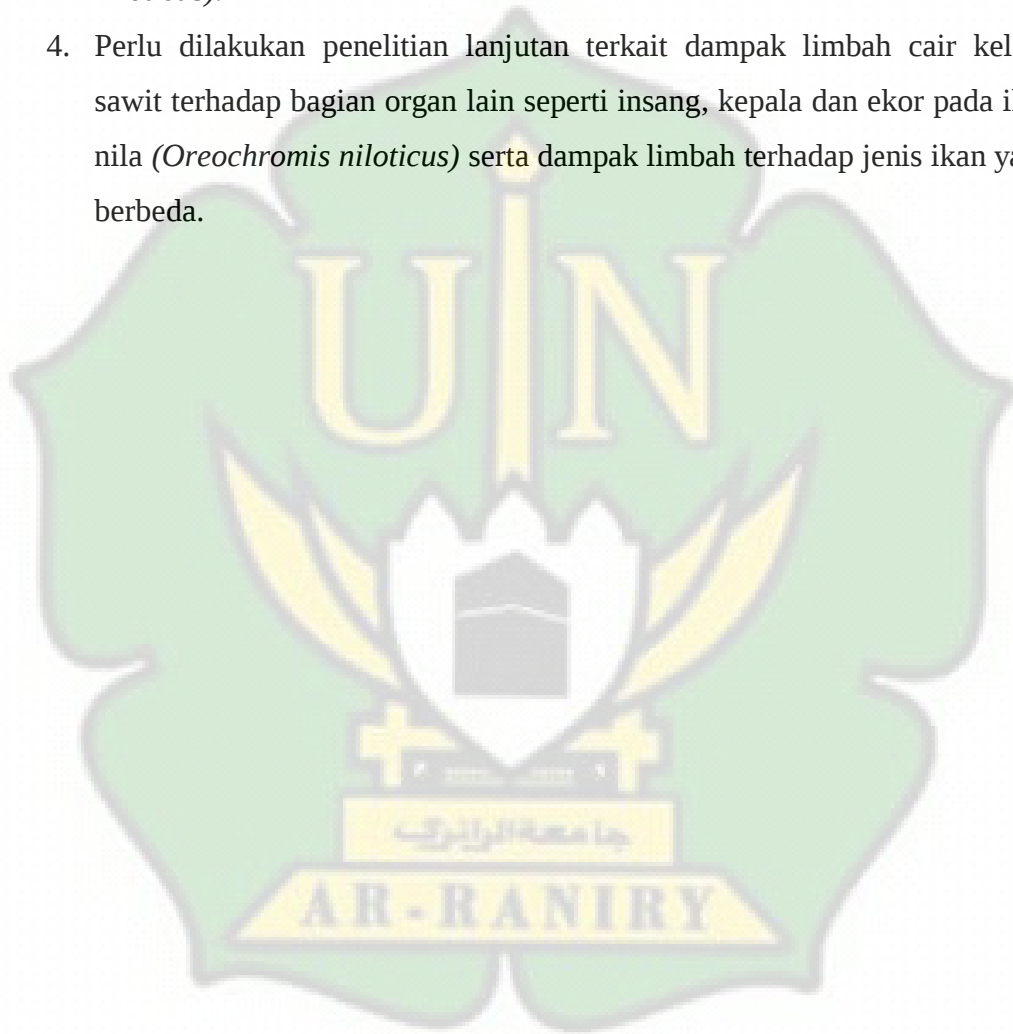
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap laju penyerapan kuning telur dan performa penglihatan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Paparan limbah cair kelapa sawit tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap panjang dan bobot larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Bobot terberat pada akhir masa pemaparan ditunjukkan oleh perlakuan C (0.193 ± 0.01 g) dan yang paling ringan ditunjukkan oleh kelompok kontrol (0.185 ± 0.03 g). Larva terpanjang ditunjukkan oleh kelompok kontrol (10.19 ± 0.21 mm) sedangkan larva terpendek pada perlakuan C (9.09 ± 0.44 mm).
2. Paparan limbah cair kelapa sawit berdampak secara signifikan terhadap volume kuning telur sejak hari pertama setelah penetasan antara kelompok kontrol (5.71 ± 0.31 mm³) dan perlakuan C (6.57 ± 0.29 mm³) ($p < 0.05$). Sedangkan pada laju penyerapan kuning telur mulai terlihat pada hari kelima setelah penetasan dimana kelompok kontrol ($66.39 \pm 10.63\%$) menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan C ($42.362 \pm 9.93\%$) ($p < 0.05$).
3. Mata ikan nila yang terpapar limbah cair kelapa sawit menunjukkan penurunan secara nyata pada hari ketujuh. Diameter sumbu X menunjukkan perbedaan yang nyata antara kelompok kontrol (1094.99 ± 11.41 μm) dan perlakuan C (1046.17 ± 34.61 μm). Sedangkan sumbu Y antara kelompok kontrol (974.12 ± 16.81 μm) dengan perlakuan B (955.62 ± 30.42 μm) dan perlakuan C (951.95 ± 38.94 μm).

V.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut terkait distribusi lipid pada kuning telur yang dipapar limbah cair kelapa sawit perlu dikaji secara khusus.

2. Analisis secara histologi pada mata ikan nila yang terpapar limbah cair kelapa sawit untuk melihat bagian-bagian tertentu yang berdampak akibat paparan limbah.
3. Studi lebih lanjut diperlukan untuk menentukan apakah penurunan diameter mata pada ikan yang dipaparkan limbah cair kelapa sawit menyebabkan disfungsi visual pada perilaku ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait dampak limbah cair kelapa sawit terhadap bagian organ lain seperti insang, kepala dan ekor pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) serta dampak limbah terhadap jenis ikan yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Aidah, N, S. (2020). *Mudahnya Budidaya Ikan Nila*. Jogjakarta: KBM Indonesia. ISBN :978-623-6965-29-0.
- Akarte, S. R., & Mudgal, M. B. (2017). Biochemical Composition of Fish Eggs From Local Water Reservoirs Around Amravati City. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 10(2), 49-52. <https://bbrc.in/biochemical-composition-of-fish-eggs-from-local-water-reservoirs-around-amravati-city/>. Diakses Tanggal 8 November 2022.
- Alhasani, R. H., Zhou, X., Biswas, L., Li, X., Reilly, J., Zeng, Z., & Shu, X. (2020). Gypenosides Attenuate Retinal Degeneration in a Zebrafish Retinitis Pigmentosa Model. *Experimental Eye Research*, 201,108291. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2020.108291>. Diakses Tanggal 8 November 2022.
- Baumann, L., Ros, A., Rehberger, K., Neuhauss, S.C.F., and Segner, H. (2016). Thyroid Disruption In Zebrafish (*Danio rerio*) Larvae: Different Molecular Response Patterns Lead to Impaired Eye Development and Visual Functions. *Aquat. Toxicol.* 172, 44–55.<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.12.015>. Diakses Tanggal 1 September 2022.
- Bik, E., Ishigaki, M., Blat, A., Jasztal, A., Ozaki, Y., Malek, K., & Baranska, M. (2020). Lipid Droplet Composition Varies Based on Medaka Fish Eggs Development as Revealed by NIR-, MIR-, and Raman Imaging. *Molecules* 25(4), 817. <https://doi.org/10.3390/molecules25040817>. Diakses Tanggal 12 November 2022.
- Caioni, G.,d'Angelo, M.,Panella, G., Merola, C.,Cimini, A., and Amorena, M. (2021). Environmentally Relevant Concentrations of Triclocarban Affect Morphological Traits and Melanogenesis In Zebrafish Larvae. *Aquat. Toxicol.* 236, 105842. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105842>. Diakses Tanggal 1 September 2022.
- Chen, L.G. (2020). Visual System: An Understudied Target of Aquatic Toxicology. *Aquat. Toxicol.* 225, 105542 . <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105542>. Diakses Tanggal 20 September 2022.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D., and Toha, A.H. A., (2021). *Ikan Nila*. Malang: Penerbit Brainy Bee. ISBN : 9786239016661, 6239016667.
- Dong, X., Xu, H., Wu, X., & Yang, L. (2018). Multiple Bioanalytical Method to Reveal Developmental Biological Responses in Zebrafish Embryos Exposed To Triclocarban. *Chemosphere*, 193, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.033>. Diakses Tanggal 21 September 2022.

- Ding, Q., Zhang, Z., Ran, C., He, S., Yang, Y., Du, Z., & Zhou, Z. (2018). The Hepatotoxicity of Palmitic Acid in Zebrafish Involves The Intestinal Microbiota. *The Journal of Nutrition*, 148 (8), 1217-1228. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy084>. Diakses Tanggal 21 Oktober 2022.
- Febriana, I., Chodijah, S., & Novriani, L. (2017). Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Membran Berbasis Kitosan, Pva, dan Silika. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(2), 1-12. <http://eprints.polsri.ac.id/4351/>. Diakses Tanggal 1 September 2022.
- Fujimura, K., & Okada, N. (2007). Development of The Embryo, Larva and Early Juvenile of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Pisces:Cichlidae). Developmental Staging System. *Development, growth and differentiation* 49(4), 301-324. <https://doi.org/10.1111/j.1440-169X.2007.00926>. Diakses Tanggal 11 September 2021.
- Gröner, F., Höhne, C., Kleiner, W., & Kloas, W. (2017). Chronic Diclofenac Exposure Affects Gill Integrity and Pituitary Gene Expression and Displays Estrogenic Activity in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Chemosphere* 166,473-481. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.116>. Diakses Tanggal 13 Juli 2022.
- Guevara-Fletcher, C., Alvarez, P., Sanchez, J., & Iglesias, J. (2017). The Effect of Temperature on The Development of Yolk-Sac Larvae of European Hake (*Merluccius Merluccius* L.) Under Laboratory Conditions. *Aquaculture Research*, 48(4),1392-1405. <https://doi.org/10.1111/are.12975>. Diakses Tanggal 15 Juli 2022.
- Gusrina. (2018). *Genetika dan Reproduksi ikan*. Yogyakarta. Deepublish. ISBN : 978-602-453-861-3
- Hao, W., Zhang, Y., Xie, Y., Guo, B., Chang, J., Li, J., & Wang, H. (2019). Myclobutanil Accumulation, Transcriptional Alteration, and Tissue Injury In Lizards (*Eremias argus*) Treated With Myclobutanil Enantiomers *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171, 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.094> Diakses Tanggal 3 Juli 2022.
- Harahap, F., Leduc, S., Mesfun, S., Khatiwada, D., Kraxner, F., & Silveira, S. (2019). Opportunities to Optimize the Palm Oil Supply Chain in Sumatra, Indonesia: *Energies*, 12(3), 420. <https://doi.org/10.3390/en12030420>. Diakses Tanggal 13 Oktober 2021.
- Hashiguchi, Y., Zakaria, M. R., Toshinari, M., Yusoff, M. Z. M., Shirai, Y., & Hassan, M. A. (2021). Ecotoxicological Assessment of Palm Oil Mill Effluent Final Discharge by Zebrafish (*Danio rerio*) Embryonic Assay. *Environmental Pollution*, 277,116780. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116780>. Diakses Tanggal 13 Juli 2022.
- Hashiguchi, Y., Zakaria, M.R., Maeda, T., Yusoff, M.Z.M., Hassan, M.A., Shirai, Y. (2020). Toxicity Identification and Evaluation of Palm Oil Mill Effluent

- and its Effects on The Planktonic Crustacean *Daphnia Magna*. *Sci. Total Environ.* 710, 136277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136277>. Diakses Tanggal 18 Juli 2022.
- Huynh, T. B., Fairgrieve, W. T., Hayman, E. S., Lee, J. S., & Luckenbach, J. A. (2019). Inhibition of Ovarian Development and Instances of Sex Reversal in Genotypic Female Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) Exposed to Elevated Water Temperature. *General and Comparative Endocrinology*, 279, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.12.013>. Diakses Tanggal 12 April 2022.
- Jasni, J., Arisht, S.N., Mohd Yasin, N.H., Abdul, P.M., Lin, S.-K., Liu, C.-M., Wu, S.-Y., Jahim, J.M., Takriff, M.S. (2020). Comparative Toxicity Effect of Organic and Inorganic Substances in Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Native Microalgae Species. *J. Water Process Eng.* 34, 101165. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101165>. Diakses Tanggal 12 April 2022.
- Jezierska, B., Ługowska, K., & Witeska, M. (2009). The Effects of Heavy Metals on Embryonic Development of Fish (a Review). *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(4), 625-640. <https://doi.org/10.1007/s10695-008-9284-4>. Diakses Tanggal 2 Juni 2022.
- Jiang, J., Chen, L., Wu, S., Lv, L., Liu, X., Wang, Q., & Zhao, X. (2020). Effects of Difenoconazole on Hepatotoxicity, Lipid Metabolism and Gut Microbiota in Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Pollution*, 265, 114844. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114844>. Diakses Tanggal 25 Maret 2022.
- Kist, A. M., & Portugues, R. (2019). Optomotor Swimming in Larval Zebrafish is Driven by Global Whole-Field Visual Motion and Local Light-Dark Transitions. *Cell Reports*, 29(3), 659-670. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.09.024>. Diakses Tanggal 25 Maret 2022.
- Lalombo, Y. I. S., Yaqin, K., & Bin Andy Omar, S. (2021). Nutrient Absorption Rate of *Oryzias celebensis* Embryo. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*, 5(2), 67-71. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.5.2.67-71>. Diakses Tanggal 25 Maret 2022.
- Lee, Z.S., Chin, S.Y., Lim, J.W., Witoon, T., Cheng, C.K., (2019). Treatment Technologies of Palm Oil Mill Effluent (POME) and Olive Mill Wastewater (OMW): A Brief Review. *Environ. Technol. Inno.* 15, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100377>. Diakses Tanggal 5 Maret 2022
- Liu, K., Song, J., Chi, W., Liu, H., Ge, S., & Yu, D. (2021). Developmental Toxicity in Marine Medaka (*Oryzias melastigma*) Embryos and Larvae Exposed to Nickel. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 248, 109082. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109082>. Diakses Tanggal 21 Juni 2022.

- Lovato, A.K., Creton, R., and Colwill, R.M.. (2016). Effects of Embryonic Exposure to Polychlorinated Biphenyls (Pcbs) on Larval Zebrafish Behavior *Neurotoxicol. Teratol.* 53, 1–10 . <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2015.11.002>.
- Lubis, R. E. dan Widanarko, A. (2011). *Buku Pintar Kelapa Sawit*. Jakarta: Agromedia Pustaka. ISSN :979-006-380-6. Diakses Tanggal 25 Agustus 2021.
- Madaki YS, Seng L. (2013). Palm Oil Mill Effluent (POME) From Malaysia Palm Oil Mills: Waste Or Resource. *Int J Sci Environ Technol* 2:1138–1155. <https://www.Researchgate.net/publication/308539738>. Diakses Tanggal 25 Agustus 2021.
- Martínez, R., Navarro-Martín, L., van Antro, M., Fuertes, I., Casado, M., Barata, C., & Piña, B. (2020). Changes in Lipid Profiles Induced by Bisphenol A (BPA) in Zebrafish Eleutheroembryos During The Yolk Sac Absorption Stage. *Chemosphere*, 246, 125704. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125704>. Diakses Tanggal 1 September 2021.
- Mauliza, E. (2020). Pengaruh Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Embriogenesis dan Daya Tetas Telur Ikan Nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). *Fanik: Jurnal Faperta Uniki*, 1(1), 1-8. Diakses Tanggal 25 Agustus 2021.
- Morrison, C. M., Miyake, T., & Wright Jr, J. R. (2001). Histological Study of the Development of The Embryo and Early Larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). *Journal of Morphology*, 247(2), 172-195. [https://doi.org/10.1002/1097-4687\(200102\)247:2%3C172::AID-JMOR1011%3E3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1097-4687(200102)247:2%3C172::AID-JMOR1011%3E3.0.CO;2-H). Diakses Tanggal 15 September 2021.
- Muliari, M., Zulfahmi, I., Akmal, Y., Karja, N. W. K., Nisa, C., Sumon, K. A., & Rahman, M. M. (2020). Toxicity of Palm Oil Mill Effluent on the Early Life Stages of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 30592-30599. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09410-y>. Diakses Tanggal 25 September 2021.
- Muliari, M., & Zulfahmi, I. (2016). Impact of Palm Oil Mill Effluent Towards Phytoplankton Community in Krueng Mane River, North Aceh. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 137-146. <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v6i2.1107>. Diakses Tanggal 25 September 2021.
- Muliari, M., Akmal, Y., Zulfahmi, I., Karja, N. W., Nisa, C., Mahyana, M., & Humairani, R. (2020). Effect of Exposure to Palm Oil Mill Effluent on Reproductive Impairment of Male Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). In *E3S Web of Conferences* (Vol.151,p.01022). EDP Sciences. https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/11/e3sconf_icvaes2020_01022.pdf. Diakses Tanggal 25 September 2021.
- Muliari, M., Zulfahmi, I., Akmal, Y., Karja, N. W. K., Nisa, C., & Sumon, K. A. (2019). Effects of Palm Oil Mill Effluent on Reproductive Hormone Of Female Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus 1758). *Adv. Anim. Vet. Sci*, 7(11), 1035-1041. Diakses Tanggal 25 September 2021.

- Nahrul Hayawin, N.Z., Jalani, N.F., Mamat, R., and Astimar, A.A., (2017). A Review on The Development of Palm Oil Mill Effluent (POME) Final Discharge Polishing Treatments. *J. Oil Palm Res.* 29 (4), 528e540. <https://doi.org/10.21894/jopr.2017.00012>. Diakses Tanggal 25 September 2021.
- Ngatirah. (2019). *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Instiper Press. ISBN : 9786026192271, 6026192271.
- Ortiz-Villanueva, E., Jaumot, J., Martínez, R., Navarro-Martín, L., Piña, B., & Tauler, R. (2018). Assessment of Endocrine Disruptors Effects on Zebrafish (*Danio Rerio*) Embryos by Untargeted LC-HRMS Metabolomic Analysis. *Science of the Total Environment*, 635, 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.369>. Diakses Tanggal 25 September 2022.
- Ozmen, M., Güngördü, A., Erdemoglu, S., Ozmen, N., & Asilturk, M. (2015). Toxicological Aspects of Photocatalytic Degradation of Selected Xenobiotics With Nano-Sized Mn-Doped TiO₂. *Aquatic Toxicology*, 165, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.05.020>. Diakses Tanggal 13 September 2022.
- Pardamean, M. (2012). *Sukses Membuka Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit: Penebar Swadaya*. ISBN :9789790024823, 9790024827.
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. (2018). Parameter Fisika dan Kimia Air Kolam Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural*, 8(1), 24-34. Diakses Tanggal 2 Agustus 2022.
- Pratiwi, H., Firmawati, A., dan Herawati., *Embriologi Hewan*. (2019). Malang: Universitas Brawijaya Press. ISBN : 9786024328757, 6024328753.
- Puangchit, P., Ishigaki, M., Yasui, Y., Kajita, M., Ritthiruangdej, P. & Ozaki, Y., (2017). Non-Staining Visualization of Embryogenesis and Energy Metabolism in Medaka Fish Eggs Using Near-Infrared Spectroscopy and Imaging. *Analyst*, 142(24): 4765–4772, DOI: 10.1039/c7an01575e, Available: <http://dx.doi.org/10.1039/c7an01575e>. Diakses Tanggal 9 Juli 2022.
- Taha, M. R., & Ibrahim, A. H. (2014). COD Removal From Anaerobically Treated Palm Oil Mill Effluent (AT-POME) Via Aerated Heterogeneous Fenton Process: Optimization Study. *Journal of Water Process Engineering* 1, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.02.002>. Diakses Tanggal 4 September 2021.
- Tamsil, A., Ghufuran, H. Yasin, H., Ali, T., dan Ibrahim. (2021). *Biologi Perikanan*. Yogyakarta : Penerbit Andi. ISBN: 9786237267157,6237267158.
- Qian, L., Qi, S., Wang, Z., Magnuson, J. T., Volz, D. C., Schlenk, D., & Wang, C. (2021). Environmentally Relevant Concentrations of Boscalid Exposure Affects the Neurobehavioral Response of Zebrafish by Disrupting Visual and Nervous Systems. *Journal of Hazardous Materials*, 404, 124083. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.124083>. Diakses Tanggal 25 September 2022.

[://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124083](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124083). Diakses Tanggal 1 September 2021

- Rawung, L. D., Ekastuti, D. R., Sunarma, A., Junior, M. Z., Rahminiwati, M., & Manalu, W. (2022). Kualitas dan Performa Telur Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) yang Dihasilkan oleh Induk dengan Suplementasi Kurkumin dan Hormon Tiroksin (Quality and Performance of Egg from African Catfish (*Clarias gariepinus*) Broodstock Supplemented with Curcumin). *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 16(4), 243-249. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>. Diakses Tanggal 15 Maret 2022
- Razak, A. (2017). *Fotoreseptor Mata Ikan Laut*. Jakarta: Taushia. ISBN: 978-602-5609-00-8.
- Riddle, M. R. & Hu, C. K., (2021). Fish Models for Investigating Nutritional Regulation of Embryonic Development. *Developmental Biology*, 476 (November 2020): 101–111, <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2021.03.012>. Diakses Tanggal 25 April 2022.
- Rois, M., & Fresillia, H. (2017). Strategi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PT. Amp Plantation Jorong Tapian Kandih Nagari Salareh Aia Kecamatan Palembang Kabupaten Agam. *Tunas Geografi*, 6(2), 116-123. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v6i2.8569>. Diakses Tanggal 8 September 2021.
- Samsu, N. (2020). *Peningkatan Produksi Ikan Nila Melalui Pemanfaatan Pekarangan Rumah Nonproduktif dan Penentuan Jenis Media Budidaya yang Sesuai*. Yogyakarta: Deepublish. ISBN: 9786230209246, 6230209241
- Sant, K. E. & Timme-Laragy, A. R. (2018). Zebrafish as a Model for Toxicological Perturbation of Yolk and Nutrition in the Early Embryo. *Current Environmental Health Reports*, 5(1):125–133. <https://link.springer.com/article/10.107/s40572-018-0183-2>. Diakses Tanggal 7 Desember 2021.
- Santangeli, S., Notarstefano, V., Maradonna, F., Giorgini, E., Gioacchini, G., Forner-Piquer, I., & Carnevali, O. (2018). Effects of Diethylene Glycol Dibenzoate and Bisphenol A on the Lipid Metabolism of *Danio Rerio*. *Science Of The Total Environment*, 636, 641-655. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.291>. Diakses Tanggal 5 Desember 2021
- Santoso, H. (2018). Kajian Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dalam Habitat Air Tawar dan Air Payau. *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 3(3), 10-17. ISSN : 2338-2805
- Shen, C., Cai, Y., Li, J., He, C., & Zuo, Z. (2021). Mepaniprim Induces Visual Developmental Toxicity and Vision-Guided Behavioral Alteration in Zebrafish Larvae. *Journal of Environmental Sciences*, 124, 76-88. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.11.008>

- Shi, W.J., Jiang, Y.X., Ma, D.D., Huang, G.Y., Xie, L.T., Chen, H.X., *et al.*, (2019). Dydrogesterone Affects the Transcription of Genes in Visual Cycle and Circadian Rhythm Network in The Eye of Zebrafish. *Ecotox. Environ. Safe.* 183, 109556 . <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109556>
- Soenardiraharjo, Bambang. P. (2017). *Teratologi pada Hewan Ternak*. Surabaya: Airlangga University Press. 978-60206606-27-3
- Stengel, D., Wahby, S., & Braunbeck, T. (2018). In Search of A Comprehensive Set of Endpoints for the Routine Monitoring of Neurotoxicity in Vertebrates: Sensory Perception and Nerve Transmission in Zebrafish (*Danio rerio*) Embryos. *Environmental Science and Pollution Research* 25(5), 4066-4084. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0399-y>. Diakses Tanggal 25 Desember 2021.
- Sukamto, S., Romdon, S., & Kosasih, E. (2017). Kebiasaan Makan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Waduk Jatiluhur. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya dan Penangkapan*, 1(1), 5-7. <http://dx.doi.org/10.15578/btl.1.1.2003.5-7>. Diakses Tanggal 25 Mei 2022.
- SNI 6141: (2009). *Produksi Benih Ikan Nila Hitam (Oreochromis niloticus bleeker) Kelas Benih Sebar*. Direktorat Pembenihan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. <https://adoc.pub/download/sni-standar-nasional-indonesia-produksi-benih-ikan-nila-hita.htm>. Diakses Tanggal 25 Mei 2022.
- Suriana, N. (2019). *Budi Daya Tanaman Kelapa Sawit*. Jakarta: Bhuana Ilmu Populer. ISBN : 9786232166974, 6232166973.
- Taha, M. R., & Ibrahim, A. H. (2014). COD Removal From Anaerobically Treated Palm Oil Mill Effluent (AT-POME) Via Aerated Heterogeneous Fenton Process: Optimization Study. *Journal of Water Process Engineering* ,1, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.02.002>. Diakses Tanggal 25 Oktober 2021.
- Wang, J., Mahmood, Q., Qiu, J. P., Li, Y. S., Chang, Y. S., Chi, L. N., & Li, X. D. (2015). Zero Discharge Performance of an Industrial Pilot-Scale Plant Treating Palm Oil Mill Effluent. *BioMed Research International*. 20 (15). Diakses Tanggal 15 November 2021.
- Wang, R. F., Zhu, L. M., Zhang, J., An, X. P., Yang, Y. P., Song, M., & Zhang, L. (2020). Developmental Toxicity of Copper in Marine Medaka (*Oryzias Melastigma*) Embryos and Larvae. *Chemosphere*, 247, 125923. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125923>. Diakses Tanggal 15 November 2021.
- Xiong, J., Sha, H., Zhou, H., Peng, L., Wu, L., Qiu, Y., & Hu, X. (2019). 2, 4-Dinitrotoluene (DNT) Perturbs Yolk Absorption, Liver Development and Lipid Metabolism/Oxygen Transport Gene Expression in Zebrafish Embryos and Larvae. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(15), 3632. <https://doi.org/10.3390/ijms20153632>. Diakses Tanggal 24 November 2021.

- Xu, T., Liu, Y., Pan, R.J., Zhang, B., Yin, D.Q., and Zhao, J., (2017). Vision, Color Vision, and Visually Guided Behavior: The Novel Toxicological Targets of 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE-47). *Environ. Sci. Technol. Lett.* 4, 132–136. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.7b00010>. Diakses tanggal 15 November 2022.
- Yu, X., Wu, F., Xu, X., Chen, Q., Huang, L., Teklehaimanot Tesfai, B & Huang, W. (2019). Effects of Short Term Methylmercury Exposure on Growth and Development of the Large Yellow Croaker Embryos and Larvae. *Frontiers in Marine Science*, 6,754. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00754>. Diakses Tanggal 30 Oktober 2021.
- Yonvitner., Setyobudiandi, I., Ernawati, Y., Zairion., Mashar, A., Surya dan Ahmad. (2020). *Biologi Perikanan dan Pengelolaan*: IPB Press. Bogor. ISBN : 978-623-256-043-7.
- Zhang, Q. F., Li, Y. W., Liu, Z. H., & Chen, Q. L. (2016). Exposure To Mercuric Chloride Induces Developmental Damage, Oxidative Stress and Immunotoxicity in Zebrafish Embryos-Larvae. *Aquatic Toxicology*, 181, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.10.029>. Diakses Tanggal 20 November 2021.
- Zulfahmi I, Muliari M, Akmal Y, and Batubara AS. (2018). Reproductive Performance and Gonad Histopathology of Female Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) Exposed to Palm Oil Mill Effluent. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44:327–332. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.09.003>. Diakses Tanggal 30 Oktober 2021.
- Zulfahmi, I., & Akmal, Y. (2020). *Ekotoksikologi Akuatik*. PT Penerbit IPB Press. ISBN : 9786232563520, 6232563522.
- Zulfahmi, I., Muliari, M., & Mawaddah, I. (2017). Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Froskall 1755). *Agricola*, 7(1), 44-55. <https://doi.org/10.35724/ag.v7i1.587>. Diakses Tanggal 30 Oktober 2021.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Keterangan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
 Nomor: B-694/Un.08/FST/KP.07.6/11/2022

TENTANG
 REVISI SURAT KEPUTUSAN DEKAN NOMOR: B-279/Un.08/FST/KP.07.6/04/2022 TANGGAL 19 APRIL 2022
 TENTANG PENETAPAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI BIOLOGI
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Menimbang : a. bahwa sehubungan dengan adanya perubahan judul Skripsi Mahasiswa Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Semester Ganjil Tahun Akademik 2022/2023, maka dipandang perlu merevisi Surat Keputusan Dekan tentang Dosen Pembimbing Skripsi Program Studi Biologi dimaksud;

b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;

2. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;

3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;

4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;

5. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013 Tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh;

6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;

7. Keputusan Menteri Agama Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Statuta UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

8. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Nomor 01 Tahun 2015 Tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Kepada Para Dekan dan Direktur Program Pascasarjana dalam Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

9. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Banda Aceh Nomor 29 Tahun 2021 Tentang Satuan Biaya Khusus Tahun Anggaran 2022 di Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

Memperhatikan : Keputusan Sidang/Seminar Proposal/ Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal 31 Maret 2022.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :
 Kesatu : Menunjuk Saudara;
 1. Muslich Hidayat, M.Si
 2. Ilham Zulfahmi, M.Si

Sebagai Pembimbing I
 Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing Skripsi:

Nama : Badratun Nafis
 NIM : 180703012
 Prodi : Biologi
 Judul Skripsi : Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Laju Penyerapan Kuning Telur dan Performa Penglihatan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Kedua : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan akhir Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023 dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh
 Pada Tanggal 04 November 2022
 Dekan,


 Muhammad Dirhamisyah

- Tembusan:**
 1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh;
 2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry;
 3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
 4. Yang bersangkutan

Lampiran 2 : Surat Keterangan Bebas Laboratorium



LABORATORIUM BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
 Jl. Syeikh Abdul Rauf Kopelma Darussalam, Banda Aceh
 Web: www.biologi.fst.ar-raniry.ac.id, Email: biolab.ar-raniry@gmail.com



SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM
 No: B-159/Un.08/Lab.Bio-FST/PP.00.9/12/2022

Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh dengan ini menerangkan bahwa:

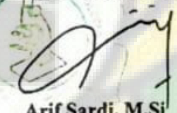
Nama	: Badratun Nafis
NIM	: 180703013
Program Studi	: S1-Biologi
Fakultas	: Fakultas Sains dan Teknologi
Perguruan Tinggi	: Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat	: Lamseupeung, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh

Benar yang namanya tersebut diatas adalah mahasiswa biologi yang melakukan penelitian dan menggunakan fasilitas alat & bahan Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh sehingga tidak ada tanggungan biaya alat laboratorium (kecuali bahan & jasa) dalam rangka melaksanakan penelitian skripsi dengan topik:

“Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Laju Penyerapan Kuning Telur dan Performa Visual Ikan Nila”

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat digunakan semestinya.

Banda Aceh, 13 Desember 2022
 Ketua Laboratorium Biologi


Arif Sardi, M.Si

جامعة الرانيري
AR-RANIRY

Lampiran 3: Tabel Hasil Penelitian

1. Data bobot larva ikan nila (gr)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-1	0.097 ± 0.02	0.104 ± 0.01	0.108 ± 0.01	0.110 ± 0.03
Hari ke-2	0.120 ± 0.01	0.136 ± 0.01	0.142 ± 0.01	0.147 ± 0.02
Hari ke-3	0.136 ± 0.02	0.138 ± 0.01	0.143 ± 0.01	0.153 ± 0.01
Hari ke-4	0.136 ± 0.02	0.140 ± 0.02	0.143 ± 0.01	0.160 ± 0.01
Hari ke-5	0.150 ± 0.01	0.150 ± 0.01	0.150 ± 0.01	0.160 ± 0.01
Hari ke-6	0.152 ± 0.01	0.158 ± 0.01	0.158 ± 0.01	0.166 ± 0.01
Hari ke-7	0.185 ± 0.03	0.185 ± 0.03	0.188 ± 0.02	0.193 ± 0.01

2. Panjang tubuh (mm)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-1	5.53 ± 0.11	5.58 ± 0.14	5.34 ± 0.17	5.23 ± 0.47
Hari ke-2	6.63 ± 0.25	6.63 ± 0.03	6.63 ± 0.09	6.54 ± 0.13
Hari ke-3	7.32 ± 0.35	7.28 ± 0.12	6.95 ± 0.51	6.94 ± 0.46
Hari ke-4	8.08 ± 0.28	7.89 ± 0.33	7.89 ± 0.22	7.68 ± 0.58
Hari ke-5	8.97 ± 0.14	8.67 ± 0.24	8.64 ± 0.56	8.55 ± 0.25
Hari ke-6	9.58 ± 0.37	9.43 ± 0.45	9.12 ± 0.31	9.10 ± 0.39
Hari ke-7	10.05 ± 0.13	9.85 ± 0.30	9.81 ± 0.34	9.76 ± 0.19

3. Volume kuning telur (mm^3)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-1	5.71 ± 0.31	6.01 ± 0.29	6.21 ± 0.31	6.57 ± 0.29
Hari ke-2	4.84 ± 0.26	5.24 ± 0.76	5.59 ± 0.44	5.91 ± 0.40
Hari ke-3	3.33 ± 0.43	3.91 ± 0.74	4.33 ± 0.58	4.58 ± 0.46
Hari ke-4	2.89 ± 0.18	3.12 ± 0.73	3.93 ± 0.65	3.98 ± 0.60
Hari ke-5	1.92 ± 0.55	2.76 ± 0.83	3.37 ± 0.71	3.91 ± 0.56
Hari ke-6	1.81 ± 0.12	2.47 ± 0.49	2.86 ± 0.35	3.74 ± 0.59
Hari ke-7	0.96 ± 0.16	2.07 ± 0.48	2.34 ± 0.54	2.84 ± 0.54

4. Laju Penyerapan kumulatif kuning telur (%)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-2	18 ± 4.61	17.68 ± 7.72	12.56 ± 7.12	10.1 ± 6.05
Hari ke-3	41.69 ± 7.56	34.98 ± 12.33	30.30 ± 9.30	30.24 ± 7.04
Hari ke-4	49.37 ± 3.21	48.06 ± 12.22	36.76 ± 10.43	38.18 ± 9.17
Hari ke-5	66.39 ± 10.63	54.38 ± 4.03	48.08 ± 12.68	42.362 ± 9.93
Hari ke-6	68.32 ± 2.10	58.9 ± 8.09	53.91 ± 5.58	47.61 ± 12.69
Hari ke-7	83.17 ± 2.77	65.59 ± 7.93	62.27 ± 8.69	56.84 ± 8.18

5. Diameter X (μm)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-1	508.19 $\pm$ 3.50	504.39 $\pm$ 52.26	490.87 $\pm$ 26.97	472.40 $\pm$ 16.05
Hari ke-2	666.51 $\pm$ 19.6	628.71 $\pm$ 41.90	623.57 $\pm$ 45.98	618.29 $\pm$ 28.34
Hari ke-3	740.38 $\pm$ 17.6	738.10 $\pm$ 43.31	732.88 $\pm$ 23.55	713.43 $\pm$ 28.03
Hari ke-4	887.46 $\pm$ 32.2	879.31 $\pm$ 31.45	830.46 $\pm$ 35.62	825.58 $\pm$ 39.49
Hari ke-5	985.18 $\pm$ 40.0	978.60 $\pm$ 22.63	941.23 $\pm$ 24.57	940.04 $\pm$ 51.45
Hari ke-6	1006.06 $\pm$ 29.8	1005.98 $\pm$ 21.21	982.40 $\pm$ 9.27	973.47 $\pm$ 19.57
Hari ke-7	1094.99 $\pm$ 11.41	1068.40 $\pm$ 30.95	1060.47 $\pm$ 19.72	1046.17 $\pm$ 34.61

6. Diameter Y (μm)

	Kontrol	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
Hari ke-1	509.82 $\pm$ 41.8	501.47 $\pm$ 44.54	482.36 $\pm$ 26.78	450.63 $\pm$ 37.40
Hari ke-2	604.91 $\pm$ 23.4	594.33 $\pm$ 23.35	584.14 $\pm$ 11.01	582.11 $\pm$ 7.61
Hari ke-3	709.96 $\pm$ 31.6	675.24 $\pm$ 38.71	650.64 $\pm$ 47.09	643.87 $\pm$ 23.03
Hari ke-4	771.57 $\pm$ 39.9	768.78 $\pm$ 26.83	736.13 $\pm$ 40.53	713.41 $\pm$ 47.18
Hari ke-5	882.60 $\pm$ 39.9	881.79 $\pm$ 12.11	859.88 $\pm$ 43.34	834.79 $\pm$ 43.99
Hari ke-6	919.22 $\pm$ 27.3	890.56 $\pm$ 29.61	874.69 $\pm$ 39.02	872.18 $\pm$ 43.97
Hari ke-7	1013.36 $\pm$ 29	974.12 $\pm$ 16.81	955.62 $\pm$ 30.42	951.95 $\pm$ 38.94

Lampiran 4: Dokumentasi Kegiatan Penelitian

	
Survei awal	Persiapan wadah penetasan
	
Pengukuran limbah cair kelapa sawit	Proses panen ikan nila



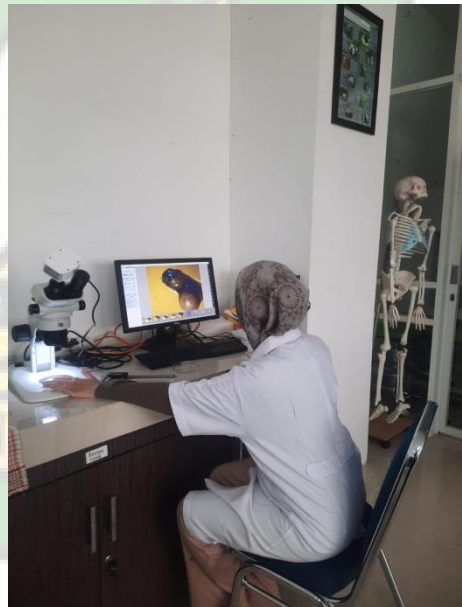
Pengambilan telur ikan nila



Pemilihan telur ikan nila



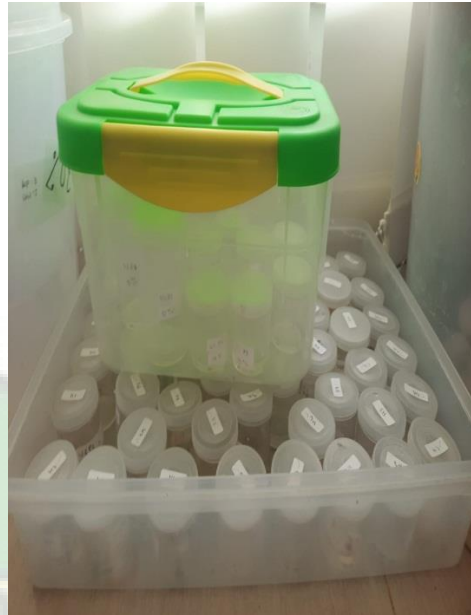
Proses penetasan telur



Pengukuran parameter



Pengukuran parameter fisik air



Sampel penelitian



Wadah penetasan



Pemotretan larva

Lampiran 5: Daftar Harga Alat dan Bahan

No	Uraian	Unit	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Wadah penetasan	20	29.000	580.000
2.	Pompa aerator	20	35.000	700.000
3.	RO	11	5.000/galon	55.000
4.	Selang	20	5.000/m	100.000
5.	Botol sampel	140	3.000	420.000
6.	Formalin	1	20.000/L	20.000

