

**ANALISIS FENOTIPIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*
var. sangkuriang) MELALUI TEKNIK MASKULINISASI
MENGUNAKAN PAKAN TAMBAHAN EKSTRAK BULU BABI
(*Diadema setosum*)**

TESIS

Oleh

Innas Salwa Adila

2227021001



Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister Biologi Pada Program
Pascasarjana Magister Biologi

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
TAHUN 2026**

ABSTRAK

ANALISIS FENOTIPIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus* *var. sangkuriang*) MELALUI TEKNIK MASKULINISASI MENGUNAKAN PAKAN TAMBAHAN EKSTRAK BULU BABI (*Diadema setosum*)

Oleh

Innas Salwa Adila

Pada budidaya ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*), diketahui bahwa individu jantan memiliki laju pertumbuhan lebih cepat dibandingkan betina, sehingga budidaya monoseks jantan menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah pengarahannya jenis kelamin melalui pemberian hormon alami pada fase larva sebelum diferensiasi seksual. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad bulu babi (*Diadema setosum*) terhadap pembentukan fenotip jantan, persentase ikan jantan, serta tingkat sintasan larva ikan lele sangkuriang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Dosis ekstrak gonad bulu babi yang digunakan yaitu 0 mg, 25 mg, 50 mg, dan 75 mg. Penelitian dilakukan selama 60 hari. Parameter yang diamati meliputi persentase pembentukan fenotip jantan dan tingkat kesintasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak gonad bulu babi berpengaruh signifikan terhadap pembentukan fenotip jantan pada ikan. Dosis terbaik diperoleh pada dosis 75 mg dengan persentase jantan sebesar 77% dan tingkat sintasan sebesar 93%. Dengan demikian, ekstrak gonad bulu babi (*D. setosum*) berpotensi sebagai alternatif bahan alami dalam teknik maskulinisasi pada budidaya ikan lele sangkuriang yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci: Maskulinisasi, Sex Reversal, Ekstrak Gonad Bulu Babi

ABSTRACT

PHENOTYPIC ANALYSIS OF SANGKURIANG CATFISH (*Clarias gariepinus* var. *sangkuriang*) THROUGH MASCULINIZATION TECHNIQUE USING ADDITIONAL FEED OF SEA URCHIN EXTRACT (*Diadema setosum*)

Oleh

INNAS SALWA ADILA

*In the cultivation of Sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus*), it is known that male fish have a faster growth rate than female fish, so that the cultivation of monosex male fish is one effort to increase productivity. One method that can be done is sex direction through the administration of natural hormones in the larval phase before sexual differentiation. This study aims to analyze the effect of feeding with the addition of sea urchin gonad extract (*Diadema setosum*) on the formation of male phenotypes, the percentage of male fish, and the survival rate of Sangkuriang catfish larvae. The method used in this study was a Completely Randomized Design (RUPS) with 4 treatments and 5 replications. The doses of sea urchin gonad extract used were 0 mg, 25 mg, 50 mg, and 75 mg. The study was conducted for 60 days. The parameters observed included the percentage of male phenotype formation and survival rate. The results showed that the administration of sea urchin gonad extract significantly affected the formation of male phenotypes in fish. The best dose was obtained at a dose of 75 mg with a male percentage of 77% and a survival rate of 93%. Thus, sea urchin (*D. setosum*) gonad extract has the potential to be an alternative natural ingredient in masculinization techniques in Sangkuriang catfish cultivation that is more environmentally safe.*

Kata Kunci: masculinization, sex reversal, *D. setosum* extract

Judul Tesis : **ANALISIS FENOTIPIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus var. sangkuriang*) MELALUI TEKNIK MASKULINISASI MENGGUNAKAN PAKAN TAMBAHAN EKSTRAK BULU BABI (*Diadema setosum*)**

Nama Mahasiswa : **Innas Safwa Adifa**

NPM : 2227021001


Program Studi : **Magister Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

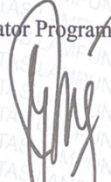


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.
NIP. 196103111988031001


Prof. Drs. Tugiyono, M.Si. Ph.D.
NIP. 19641119199031001

2. Koordinator Program Studi Magister Biologi


Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP. 196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.

Sekretaris : Prof. Drs. Tugiyono, M.Si. Ph.D.

Penguji,
Bukan Pembimbing 1 : Prof. Sutyarso, M.Biomed.

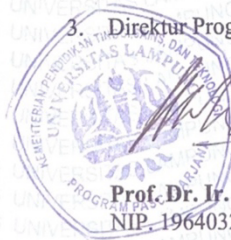
Penguji,
Bukan Pembimbing 2 : Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Heri Satria
Dr. Eng. Heri Satria, S.Si. M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana



Murhadi
Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian : 31 Maret 2026

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Innas Salwa Adila
NPM : 2227021001
Prodi : Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa tesis saya berjudul:

**“ANALISIS FENOTIPIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias
gariepinus var. sangkuriang*) MELALUI TEKNIK MASKULINISASI
MENGUNAKAN PAKAN TAMBAHAN EKSTRAK BULU BABI
(*Diadema setosum*) “**

Dengan ini menyatakan bahwa baik gagasan tulisan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 31 Maret 2026
Yang Menyatakan,



Innas Salwa Adila
NPM. 2227021001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 22 Maret 1999 sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari Bapak Winarno (Alm.) dan Ibu Sri Hartati. Penulis mulai menempuh pendidikan pertamanya di TK Al Azhar 6 Jatimulyo Lampung Selatan dan menyelesaikannya pada tahun 2005, selanjutnya Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 2 Karang Anyar Lampung Selatan dan menyelesaikannya pada tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama hingga tahun 2014 di MTs Negeri 2 Bandar Lampung, dan pendidikan tingkat menengah atas di MAN 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun yang sama, Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan melalui jalur Seleksi Prestasi Akademik Nasional Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri (SPAN PTKIN) di UIN Raden Intan Lampung dan diselesaikan pada tahun 2021. Pada tahun 2022, Penulis tercatat sebagai mahasiswa program studi Magister Biologi FMIPA Universitas Lampung. Selanjutnya, pada tahun 2025 penulis tercatat sebagai mahasiswa program Pendidikan Profesi Guru (PPG) jurusan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Negeri Padang dan diselesaikan pada tahun yang sama.

PERSEMBAHAN

Segala puji dan Syukur kepada Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya, sehingga karya ini dapat terselesaikan, maka karya ini dipersembahkan kepada:

***Suamiku Tercinta** yang selalu menyayangi, mendukung dan membersamai di setiap proses serta memberikan doa dan kesukacitaan yang tiada hentinya.*

***Bapak-Ibu dan Ayah-Mama** yang selalu kusayangi, yang telah memberikan cinta dan kasih sayang serta doa yang tiada hentinya, memberikan dukungan moril dan materil, menjadi teladan yang baik bagi pribadi ini, serta pengajar sepanjang hayatku.*

***Kakak, Adikku, serta keluarga yang lain** yang selama ini memberikan doa serta dukungan untuk berkarya.*

***Para guru dan dosen** yang telah mendidik dan memberikan teladan hingga hari ini dengan dedikasi dan keikhlasannya.*

***Sahabat-sahabat dan rekan seperjuanganku** yang selalu menjadi penyemangat dan mengajarkan arti perjuangan.*

***Rekan Sejawat Guru SMPN 3 Jati Agung dan Segenap Karyawan Rizky Kopi 49 Lampung** yang selalu memberikan dukungan dan inspirasi.*

MOTTO

“Apa yang menjadi takdirmu tidak akan melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“God does not burden any soul with more than it can bear: each gains whatever good it has done, and suffers its bad. God, do not take us to task if we forget or make mistakes. God, do not burden us as You burdened those before us. God, do not burden us with more than we have strength to bear. Pardon us, forgive us, and have mercy on us. You are our Protector, so help us against the disbelievers”

(QS. 2 : 286)

SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul: **“ANALISIS FENOTIPIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus var. sangkuriang*) MELALUI TEKNIK MASKULINISASI MENGGUNAKAN PAKAN TAMBAHAN EKSTRAK BULU BABI (*Diadema setosum*) “** Yang dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2024.

Selama penulisan tesis, penulis menyadari keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki, sehingga penulis membutuhkan bantuan dari berbagai pihak baik keluarga, dosen, maupun teman-teman. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. Koordinator Program Studi Magister Biologi sekaligus selaku pembahas II atas bimbingan, motivasi, saran, serta semangat kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.

6. Bapak-Ibu dan Ayah-Mama selaku orang tua yang selalu mendukung, mendoakan dan menjadi panutan hidup penulis.
7. Innas Salwa Adila, diriku sendiri yang selalu kuat dan berusaha menjadi versi yang lebih baik di setiap kesempatan.
8. Rizki Alhuda selaku suami yang selalu menyayangi, mendukung dan membersamai di setiap proses serta memberikan doa dan kesukacitaan yang tiada hentinya.
9. Yuk Nana dan Mas Maman selaku kakak Penulis, serta Rani selaku Adik Penulis yang selalu memberikan dukungan serta semangat dalam menyelesaikan studi.
10. Bapak Prof. Dr. Gregorius Nugroho Susanto, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan baik arahan dan masukan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.
11. Bapak Prof. Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan baik arahan dan masukan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.
12. Bapak Prof. Sutyarso, M.Biomed selaku Dosen Pembahas I yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, memberikan arahan, saran serta motivasi penulis dalam penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.
13. Fatimah Azzahra selaku sahabat penulis sejak Tsanawiyah yang selalu ada di setiap suka dan duka. Terimakasih atas canda, tawa dan dukungannya selama ini.
14. Teman seperjuangan Angkatan Magister Biologi 2022 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih atas kebersmaan, dukungan serta doanya selama ini.
15. Rekan Sejawat Guru di SMPN 3 Jati Agung dan SMP Amal Bhakti Jatimulyo Lampung Selatan, terimakasih atas dukungan serta kontribusinya dalam menyelesaikan Tesis.
16. Seluruh Karyawan Rizky Kopi 49 Lampung yang telah memberikan inspirasi

dan dukungan.

17. Keluarga besar di Krui dan Muara Enim terimakasih atas segala dukungannya.

18. Almamater tercinta

Serta semua pihak yang terlibat yang tidak dapat penulis sebutkan satu perstau semoga seluruh bantuan, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan mendapat Berkat dari Tuhan. Penulis sadar tulisan ini jauh dari kata sempurna namun penulis berharap semoga tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak, berguna bagi penulis, dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 31 Maret 2026

Innas Salwa Adila

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka Pemikiran.....	5
1.6 Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biologi Ikan Lele Sangkuriang	7
2.1.1 Klasifikasi Ikan Lele Sangkuriang.....	7
2.1.2 Morfologi dan Fisiologi Lele Sangkuriang.....	8
2.1.3 Keunggulan Lele Sangkuriang.....	10

2.1.4 Lingkungan Ideal	12
2.2 Bulu Babi (<i>D. setosum</i>)	14
2.2.1 Klasifikasi Bulu Babi	14
2.2.2 Morfologi dan Fisiologi Bulu Babi.....	15
2.2.3 Habitat Bulu Babi.....	17
2.2.4 Reproduksi Bulu Babi.....	17
2.2.5 Kandungan Kimia Bulu Babi.....	18
2.3 Maskulinisasi	19

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Rancangan Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Pembuatan Ekstrak Gonad Bulu Babi.....	23
3.4.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan dan Air.....	23
3.4.3 Pencampuran Pakan dan Ekstrak Gonad Bulu Babi	24
3.4.4 Persiapan dan Aklimatisasi Hewan Uji.....	24
3.4.5 Seleksi Larva Ikan Lele.....	24
3.4.6 Perlakuan.....	25
3.4.7 Pemeliharaan Hewan Uji	25
3.5 Pengambilan Data	26
3.5.1 Persentase Pembentukan Kelamin	26
3.5.2 Kesintasan hidup (<i>Survival Rate</i>).....	26
3.5.3 Pengukuran Kualitas Air.....	26
3.6 Analisis Data	27

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Fenotip Kelamin Jantan Ikan Lele Sangkuriang (<i>Clarias Gariepinus</i>)	28
4.2 Karakteristik Morfologi Ikan Lele Sangkuriang (<i>Clarias</i>	

<i>Gariepinus</i>)	36
4.3 Abnormalitas pada Morfologi Ikan Lele Sangkuriang (<i>Clarias gariepinus</i>)	39
4.4 Karakteristik Habitat dan Perilaku Ikan Lele Sangkuriang (<i>C. gariepinus</i>)	50
4.5 Kelangsungan Hidup (<i>Survival Rate</i>) Ikan Lele Sangkuriang (<i>C. gariepinus</i>)	55
4.6 Analisis Kualitas Air	57
4.6.1 Suhu	58
4.6.2 Derajat Keasaman (pH).....	60
4.6.3 Dissolved Oxygen (DO).....	61
4.6.4 Amonia.....	62
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Beberapa Karakter Lele Sangkuriang Dibandingkan dengan Lele Dumbo.....	11
2. Perbandingan Karakter Pertumbuhan yang Dihasilkan Lele Sangkuriang dan Lele Dumbo.....	12
3. Rancangan Acak Lengkap Pemberian Pakan.....	22
4. Pedoman Pengelolaan Pakan.....	23
5. Jumlah Fenotip Jantan <i>C. gariepinus</i> pada Setiap Perlakuan	28
6. Rerata Parameter Morfologi Ikan Lele Sangkuriang (<i>C. gariepinus</i>) Meliputi Tinggi Tubuh, Panjang Tubuh, Panjang Kepala, dan Bobot Tubuh pada setiap Perlakuan Pemberian Ekstrak Gonad Bulu Babi (<i>D. setosum</i>)	37
7. Data Kualitas Air selama Pemeliharaan.....	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Rerata Presentase Jenis Kelamin <i>C. gariepinus</i> pada Tiap Perlakuan	29
2. Kelainan Struktur pada Kepala <i>C. gariepinus</i>	32
3. Perubahan Warna (<i>discoloration</i>) pada <i>C. gariepinus</i>	46
4. Pembentukan Fenotip Kelamin pada <i>C. gariepinus</i>	48
5. Rerata Kelangsungan Hidup (<i>Survival Rate</i>) Ikan Lele Sangkuriang (<i>C. gariepinus</i>) setelah Pemeliharaan selama 60 Hari	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Hasil Analisis Fenotip Kelamin	71
2. Hasil Analisis Morfometri Ikan	81
3. Hasil Analisis Kualitas Air.....	93
4. Data Hasil Penelitian.....	98
5. Tabel Pengamatan Morfologi Ikan.....	100
6. Hasil Uji Parameter Kualitas Air	101
7. Pengamatan Fenotip Ikan Lele Jantan.....	102
8. Pengamatan Fenotip Ikan Lele Betina	103
9. Abnormalitas pada Kepala Ikan Lele Jantan.....	104

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada tahun 2012 Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar Sukabumi mengembangkan sebuah komoditas air tawar yang dikenal dengan Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Komoditas ini merupakan hasil persilangan balik antara indukan lele dumbo generasi kedua dan lele dumbo Jantan generasi keenam.(Ibrahim *et al.*, 2018). Ikan lele sangkuriang telah menjadi populer dan banyak diminati oleh masyarakat sejak pertama kali dikembangkan. Hal ini didasari oleh proses budidayanya yang relatif lebih cepat dibandingkan varietas ikan lele lainnya. Secara statistik diketahui volume produksi ikan lele sangkuriang mengalami kenaikan yang signifikan dari 764.797 ton pada tahun 2016 menjadi 1.770.000 ton pada tahun 2017. Secara persentase jumlah tersebut naik sebesar 131%, hal ini disebabkan oleh tingginya permintaan dari pasar lokal maupun internasional (Direktorat Jendral Perikanan Budidaya, 2017).

Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan yang dirilis pada tahun 2024 diketahui produksi ikan lele di Indonesia mencapai 1.136.319 ton dengan angka konsumsi ikan mencapai 57,61 kg/kapita. Ikan lele sendiri menduduki peringkat ketiga terbesar komoditas perairan budidaya di Indonesia (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2024).

Optimalisasi budidaya ikan lele dapat dilakukan melalui upaya teknis maskulinisasi. Maskulinisasi merupakan salah satu metode *sex reversal* yaitu membalikkan arah pengembangan kelamin menjadi berlawanan dari yang sebelumnya berkelamin betina menjadi kelamin jantan. Maskulinisasi dilakukan untuk memperoleh benih ikan jantan yang unggul karena dalam

perkembangannya benih ikan lele jantan memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh benih ikan lele betina yaitu pertumbuhannya yang lebih cepat dan masa panen yang lebih singkat, sedangkan pada ikan betina sebagian besar energinya digunakan untuk bereproduksi dari pada untuk bertumbuh. Selain itu, pada proses pemijahan secara buatan pada ikan lele, mengharuskan mematikan ikan lele jantan karena tidak dapat dilakukan stripping. Sehingga menyebabkan ketersediaan ikan lele jantan semakin lama berkurang, sedangkan untuk ketersediaan ikan lele jantan sangat penting dalam keberlanjutan budidaya ikan (Ibrahim *et al.*, 2018).

Dalam aplikasinya, teknik maskulinisasi banyak menggunakan hormon sintetik 17α -metiltestosteron. Berdasarkan surat keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan KEP.52/MEN/2014 telah membatasi penggunaan hormon 17α metiltestosteron karena masuk ke dalam jenis obat keras yang bisa mempengaruhi keamanan kelestarian lingkungan dan pangan (Ningsih *et al.*, 2018), sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi dampak buruk tersebut terhadap lingkungan maupun pangan, diantaranya dengan mencari sumber yang alami dan aman bagi manusia maupun hewan. Menurut Mangaro *et al.*, (2018) beberapa metode alternatif lain yang dapat digunakan dalam maskulinisasi adalah dengan cara perendaman, penyuntikan, dan melalui pakan dengan menggunakan bahan alami.

Industri budidaya perikanan dalam pembentukan monoseks jantan banyak menggunakan 17α -metiltestosteron dan hormon androgen sintesis (Barades *et al.*, 2020). Penggunaan metiltestosteron (MT) telah dilarang berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No: KEP.52/MEN/2014, karena potensi bahaya yang ditimbulkannya. Metode yang paling efektif melalui perendaman larva pada masa diferensiasi kelamin atau periode kritis, yaitu ketika otak larva masih dalam keadaan bipotensial mengarahkan pembentukan kelamin secara morfologi, tingkah laku maupun fungsinya (Rohmaniah *et al.*, 2019).

Hormon steroid yang sering digunakan dalam teknologi sex reversal adalah hormon sintetik seperti hormon 17α -metiltestosteron, estradiol- 17β dan aromatase inhibitor. Akan tetapi, hormon 17α metiltestosteron memiliki efek samping karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, kerusakan hati pada hewan uji, hingga menyebabkan kematian. Oleh sebab itu, diperlukan alternatif pengganti hormon sintetik tersebut dengan penggunaan hormon alami dalam aplikasi maskulinisasi (Novitasari *et al.*, 2022). Salah satu bahan alami yang dapat digunakan dalam kegiatan maskulinisasi ikan yaitu dengan penggunaan ekstrak *D. setosum*. Hormon steroid bulu babi relatif lebih mudah diserap tubuh dan tidak menimbulkan efek samping. Bulu babi atau landak laut (*D. setosum*) merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomis yang sangat potensial. Salah satu zat bioaktif yang terkandung dalam gonad bulu babi adalah senyawa steroid (Susanto *et al.*, 2021). Senyawa ini merupakan salah satu jenis hormon testosteron penting dalam maskulinisasi ikan dan hewan anggota *Crustacea*. Berbagai penelitian menunjukkan bulu babi termasuk biota laut yang memiliki kandungan protein tinggi, berkadar lemak rendah serta dipercaya sebagai aprodisiaka, karena mengandung steroid tinggi sama seperti teripang, anggota Echinodermata yang lain (Susanto *et al.*, 2023).

Bulu babi dapat digunakan sebagai bahan alternatif alami yang lebih aman. Berdasarkan penelitian Susanto *et al.*, (2021) ekstrak dari cangkang, duri dan gonad bulu babi mengandung senyawa aktif golongan *alkaloid, steroid, triterpenoid, flavonoid*, dan *saponin*. Pemberian hormon steroid dapat mengubah jenis kelamin ikan secara fisiologis. Hormon steroid seksual terdiri dari testosteron, estrogen dan progesteron. Hormon testosteron berfungsi sebagai hormon seksual pada jantan. Pemberian senyawa steroid dapat mempengaruhi hipotalamus secara permanen selama pembentukan fenotip jantan pada tahap kritis perkembangan *gonad* (Susanto *et al.*, 2023).

Mineral yang terkandung dalam bulu babi dapat mempengaruhi kadar testosteron dalam tubuh karena terdiri dari besi (Fe), seng (Zeng), dan

selenium (Sn). Seng dan selenium berperan penting dalam kinerja hormon yang meliputi pertumbuhan *testicular*, *tubulus seminiferus*, *spermatogenesis*, *steroidogenesis*, mekanisme hormon androgen dan interaksi terhadap hormon steroid (Sulistiawati1 *et al.*, 2023). Bulu babi dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembentukan monoseks ikan yang lebih aman. Bulu babi mengandung 28 macam asam amino dan asam lemak, vitamin A dan B kompleks, serta mineral. Selain itu bulu babi juga memiliki metabolit sekunder naphthoquinone yang memiliki efek anti radikal bebas (Shikov *et al.*, 2018).

Dipilihnya ikan Ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*) dikarenakan ikan lele sangkuriang merupakan jenis ikan yang banyak dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang cukup menguntungkan. Ikan lele sangkuriang merupakan hasil rekayasa genetika menggunakan perkawinan silang antara lele dumbo betina dengan lele dumbo jantan yang bertujuan meningkatkan perbaikan mutu ikan lele dumbo (Nasrudin, 2010). Ikan lele sangkuriang memiliki keunggulan yaitu dapat bertahan hidup pada kondisi padat tebar tinggi, tahan terhadap penyakit, pertumbuhan dan waktu panen yang cepat (eeni *et al.*, 2022).

Berdasarkan informasi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji persentase ikan jantan, tingkat penetasan telur, sintasan, abnormalitas dan pertumbuhan panjang total ikan lele sangkuriang melalui pemberian pakan melalui dosis yang berbeda. Diharapkan hasil penelitian dapat meningkatkan jumlah ikan lele jantan yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* berpengaruh terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan lele sangkuriang?
2. Apakah pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* berpengaruh terhadap persentase ikan lele berkelamin jantan?

3. Apakah pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* berpengaruh terhadap kesintasan ikan atau *survival rate* setelah perlakuan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan lele sangkuriang.
2. Untuk menganalisis pengaruh pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* terhadap persentase ikan lele berkelamin jantan.
3. Untuk menganalisis pengaruh pemberian pakan dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* terhadap sintasan ikan atau *survival rate*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi ilmiah mengenai pengarahannya kelamin jantan (*monoseks*) dengan penambahan ekstrak gonad *D. setosum* pada pakan dalam pengembangan usaha budidaya ikan lele sangkuriang.

1.5 Kerangka Pemikiran

Pada budidaya ikan jenis kelamin merupakan salah satu aspek penting dalam produktivitas. Pada ikan lele sangkuriang, diketahui ukuran individu jantan lebih besar dan laju pertumbuhannya relatif lebih cepat dibanding betina. Kondisi ini menyebabkan banyak ikan lele sangkuriang jantan yang dipilih untuk dibudidayakan dengan cara tunggal kelamin (Findayani & Madinawati, 2022). Proses pengarahannya kelamin pada ikan lele dapat dilakukan dengan cara memberikan rangsangan hormon ketika ikan masih larva atau pada saat ikan belum terdiferensiasi secara seksual berkelamin jantan atau betina. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam

pengarahan jenis kelamin ikan seperti melalui perendaman, pencampuran dalam pakan, dan penyuntikan.

Pada penelitian ini digunakan metode pemberian pakan dengan ekstrak *D. setosum* secara oral melalui pakan. Metode ini dilakukan dengan harapan hormon akan berdifusi masuk dan bekerja secara efektif dalam sistem transportasi dan osmoregulasi ikan. *D. setosum* dipilih pada penelitian ini karena memiliki kandungan steroid yang cukup tinggi.

1.6 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Penambahan ekstrak gonad bulu babi (*D. setosum*) pada pakan dapat berpengaruh terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*).
2. Penambahan ekstrak gonad bulu babi (*D. setosum*) dosis 50 mg/kg pakan berpengaruh paling efektif terhadap pembentukan fenotip jantan larva ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*).
3. Penambahan ekstrak gonad bulu babi (*D. setosum*) pada pakan berpengaruh terhadap tingkat kesintasan hidup ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Biologi Ikan Lele Sangkuriang

1.1.1 Klasifikasi Ikan Lele Sangkuriang

Ikan lele sangkuriang merupakan salah satu varietas unggul hasil pemuliaan dari spesies *C. gariepinus*, yang dikembangkan untuk meningkatkan performa pertumbuhan, efisiensi pakan, dan ketahanan terhadap penyakit. Karena bukan spesies baru, maka klasifikasi biologisnya mengikuti taksonomi standar *C. gariepinus*. Dalam publikasi budidaya modern, sebagian besar peneliti menyebutkan varietas ini sebagai *C. gariepinus* var. sangkuriang (Arifin *et al.*, 2024; Putri *et al.*, 2024).

Secara taksonomi, lele sangkuriang dikategorikan dalam kelompok ikan berkumis (*catfish*) yang berada di bawah ordo Siluriformes, famili Clariidae, yaitu kelompok ikan air tawar yang memiliki organ pernapasan tambahan berupa labirin sehingga dapat hidup pada kondisi miskin oksigen (Nugraha & Kusnandar, 2023). Pada penelitian akuakultur modern, klasifikasi ini umumnya dituliskan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelass	: Actinopterygii
Ordo	: Siluriformes
Famili	: Clariidae
Genus	: Clarias
Spesies	: <i>C. gariepinus</i>
Varietas	: <i>C. gariepinus</i> var. sangkuriang (Pratama <i>et al.</i> , 2023)

Penelitian terkini menyatakan varietas sangkuriang memiliki performa pertumbuhan yang lebih baik dibanding lele lokal maupun varietas lain, terutama dari segi rasio konversi pakan (FCR / *Feed Conversion Rate*), *survival rate*, serta adaptasi terhadap sistem teknologi intensif seperti akuaponik, *Biofloc Technology* (BFT) , dan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) (Arifin *et al.*, 2024; Widiyanto *et al.*, 2023). Hal ini menunjukkan secara genetika, varietas ini mengalami peningkatan performa fungsional meskipun tidak mengalami perubahan pada level taksonomi formal.

Selain itu, penelitian terbaru menegaskan penggunaan nomenklatur *C. gariepinus* var. sangkuriang kini lebih konsisten dalam publikasi ilmiah, sehingga dapat diterima sebagai pendekatan deskriptif varietas secara ilmiah meskipun belum diakui sebagai takson formal terpisah (Putri *et al.*, 2024).

Dengan demikian, berdasarkan literatur terbaru, dapat disimpulkan klasifikasi ikan lele sangkuriang tetap mengacu pada spesies *C. gariepinus*, dengan penambahan label var. sangkuriang untuk menandai statusnya sebagai strain hasil seleksi genetika dan pemuliaan modern.

1.1.2 Morfologi dan Fisiologi Lele Sangkuriang

Lele unggulan ini memiliki lensa mata yang dapat bergerak keluar masuk sehingga dalam menghadapi objek bisa lebih fokus. Mata kecilnya dapat mengenali warna dan bentuk lewat objek yang dilihatnya. Lele sangkuriang juga memiliki hidung yang sangat peka di bagian anterior. Fungsinya untuk mendeteksi bau. Kepalanya berbentuk pipih ke bawah dengan panjang mencapai hampir sepertiga dari panjang tubuhnya, artinya lebih panjang dari kepala lele dumbo. Kepala lele sangkuriang dilapisi oleh tulang pelat yang cukup keras. Di dalamnya terdapat sebuah rongga di atas insang yang merupakan tempat alat pernapasan tambahan berupa labirin. Fungsinya untuk menghirup oksigen dari udara bebas saat menyembul atau melompat

ke permukaan air (Rahayu, 2017).

Lele sangkuriang juga memiliki gigi yang berupa tulang kasar dan letaknya di mulut bagian depan. Pada bagian mulut, terdapat empat pasang sungut, yaitu sepasang sungut hidung, sepasang sungut mandibula dalam, dan sepasang sungut maksila. Badannya berbentuk bulat pada bagian tengah dan kemudian memipih ke samping di bagian belakang. Kulitnya tak bersisik, dilapisi lendir yang licin, dan membuat tubuhnya yang berwarna hitam kehijauan di bagian punggung serta putih kekuningan di bagian perut ini menjadi berkilau. Kulitnya cenderung polos dengan bintik tubuh tidak sebanyak bintik pada lele dumbo biasa. Sirip punggung sangkuriang memiliki panjang hampir mencapai panjang badannya. Lele sangkuriang memiliki sirip dada yang berfungsi sebagai alat bantu gerak dan senjata untuk mempertahankan diri. Pada sirip ini terdapat bagian yang keras yang disebut patil. Fungsinya sebagai senjata untuk mempertahankan diri. Sirip dada ini juga berfungsi untuk menopang tubuh saat bergerak di darat. Selain itu, sirip lele sangkuriang memiliki ekor berbentuk kipas yang berfungsi untuk bergerak maju (Rahayu, 2017).

Lele sangkuriang (*C. gariepinus* var Sangkuriang) adalah salah satu varietas atau strain unggul yang dihasilkan oleh peneliti di tanah air. Lele ini merupakan hasil perbaikan genetik lele yang dilakukan oleh Balai Besar Pengembangan Budi Daya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi dengan melakukan silang-balik (*backcross*) terhadap induk lele dumbo yang ada di Indonesia (Ghufran & Kordi, 2015).

Pertumbuhan dan perkembangan larva lele sangkuriang melewati dua tahap yaitu fase *prolarvae* (umur 0-4 hari) dan fase *postlarvae* (umur 5-14 hari). Prolarva merupakan fase Ketika larva masih memiliki kantung kuning telur yang berada di bagian depan bawah berfungsi sebagai cadangan nutrisi karena larva lele masih bersifat pasif sehingga mata dan mulut belum dapat membuka dan pergerakannya tergantung arus air (Effendi, 2002). Fase

prolarvae ini ditandai dengan perkembangan morfologi yang belum sempurna seperti tidak adanya sirip perut nyata melainkan hanya berupa tonjolan, belum berkembangnya system peredaran darah dan sistem pernapasan (Mariska, *et.al.* 2013).

Ketika cadangan kuning telur mulai habis dan organ-organ tubuh ikan mulai terbentuk sempurna disebut sebagai fase *postlarvae*. Pada fase ini bentuk tubuh ikan sudah mencapai ukuran 6.3-8.6mm dan fisiknya menyerupai individu dewasa dan mulai dapat dibedakan bagian-bagian siripnya. Pergerakan fase postlarva sudah mulai aktif dan sudah dapat diberi pakan tambahan alami maupun buatan dengan frekuensi sesering mungkin serta disesuaikan dengan bukaan mulut ikan. Jenis pakan yang umumnya diberikan adalah cacing sutera, kutu air dan pakan buatan komersil berbentuk tepung (Madinawati, 2011).

Pada umur 15-21 hari, larva ikan lele memasuki fase juvenil dimana bentuk tubuhnya sudah mendekati individu dewasa dan tulang sudah mulai mengeras (Amarullah, 2008). Fisik ikan lele pada fase ini berukuran sekitar 2-4 cm dan sudah siap untuk dilanjutkan ke tahap pendederan atau pembesaran benih hingga siap dipanen selama kurang lebih 2-3 bulan (Amarullah, 2008).

1.1.3 Keunggulan Lele Sangkuriang

Lele sangkuriang memiliki keunggulan dibandingkan lele dumbo. Keunggulan lele sangkuriang dibandingkan dengan lele dumbo di antaranya adalah fekunditas telur yang lebih banyak, yaitu mencapai 60.000 butir dengan derajat penetasan telur >90%, sedangkan lele dumbo hanya 30.000 butir dengan derajat penetasan >90%. Untuk karakter pertumbuhan, panjang rerata benih lele sangkuriang umur 26 hari dapat Fitriyanto, *et.al.* (2020) keunggulan paling penting adalah nilai konversi pakan atau FCR (*Feed Conversion Rate*) lele sangkuriang yang berada pada kisaran 1,32 sedangkan untuk lele dumbo FCR bernilai 1,42 (Afriani, *et.al.*, 2025). Nilai FCR

merupakan suatu ukuran yang menyatakan rasio jumlah pakan yang diberikan dengan biomassa ikan budidaya dalam suatu siklus. Jika FCR bernilai 1 maka diperlukan 1kg pakan untuk dapat memproduksi 1kg daging (Mardhiana, dkk. 2017)

Tabel 1. Beberapa Karakter Lele Sangkuriang Dibandingkan Dengan Lele Dumbo

Deskripsi	Karakter Reproduksi	
	Lele Sangkuriang	Lele Dumbo
Kematangan gonad pertama	8-9 bulan	4-5 bulan
Fekunditas (butir telur/kg induk betina)	40.000-60.000	20.000-30.000
Diameter telur (mm)	1,1-1,4	1,1-1,4
Lamanya inkubasi telur pada suhu 23-24°C	30-36	30-36
Lamanya kantong telur terserap pada suhu 23-24°C (hari)	4-5	4-5
Derajat penetasan telur (%)	>90	>80
Sifat larva	Tidak kanibal	Tidak kanibal
Kelangsungan hidup larva (%)	90-95	90-95
Pakan alami larva	<i>Moina</i> sp, <i>Daphnia</i> sp, <i>Tubifex</i> sp	<i>Moina</i> sp, <i>Daphnia</i> sp, <i>Tubifex</i> sp

Sumber: (Ghufran & Kordi, 2015)

Karakter pertumbuhan lele Dumbo Sangkuriang menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan lele Dumbo pada fase pendederan benih. Pada pendederan benih I umur 5–26 hari, lele sangkuriang memiliki pertumbuhan harian sebesar 29,26%, lebih tinggi dibandingkan lele Dumbo yang hanya mencapai 20,38%. Panjang standar lele Sangkuriang pada fase ini berkisar antara 3–5 cm, sedangkan lele Dumbo hanya 2–3 cm. Tingkat kelangsungan hidup kedua jenis lele relatif sama, yaitu lebih dari 80%. Selanjutnya, pada pendederan benih umur 26–40 hari, lele Sangkuriang masih menunjukkan pertumbuhan harian yang lebih tinggi, yaitu 13,96% dibandingkan 12,18% pada lele Dumbo. Panjang standar lele Sangkuriang mencapai 5–8 cm, sementara lele Dumbo berkisar 3–5 cm. Kelangsungan hidup pada fase ini

juga sama pada kedua jenis lele, yakni lebih dari 90% seperti ditunjukkan pada Tabel 2 (Ghufran & Kordi, 2015).

Tabel 2. Perbandingan Karakter Pertumbuhan yang Dihasilkan Lele Sangkuriang dan Lele Dumbo

Deskripsi	Karakter Pertumbuhan	
	Lele Sangkuriang	Lele Dumbo
Pendederan benih I (umur 5-26 hari):		
-Pertumbuhan harian (%)	29,26	20,38
-Panjang standar (cm)	3-5	2-3
-Kelangsungan hidup (%)	>80	>80
Pendederan benih I (umur 26-40 hari):		
-Pertumbuhan harian (%)	13,96	12,18
-Panjang standar (cm)	5-8	3-5
-Kelangsungan hidup (%)	>90	>90

Sumber: (Ghufran & Kordi, 2015)

1.1.4 Lingkungan Ideal

Secara geografis, *C. gariepinus* merupakan spesies asli Afrika dan Asia Barat yang kemudian diperkenalkan luas ke Asia, termasuk Indonesia, dan beradaptasi di berbagai ekosistem sungai dan rawa musiman yang rentan mengalami pengeringan (Sebata-Sithole, 2023; CABI, 2024). Dalam kondisi ekstrem, lele memanfaatkan kemampuan bernapas udara dan menggali substrat lumpur untuk bertahan selama periode kekeringan; tubuhnya yang memanjang, kepala pipih dan sirip dada kuat memungkinkan ikan ini merayap berpindah ke badan air lain saat permukaan basah atau lembab (Sebata-Sithole, 2023; Animal Diversity Web, 2024).

Dari sisi perilaku ruang, lele di alam cenderung bersifat demersal (hidup di dasar perairan) dan memilih area yang relatif tenang, dangkal, dengan substrat lunak serta vegetasi yang cukup untuk berlindung, namun tetap dapat ditemukan di daerah berarus lebih kencang termasuk jeram dan sekitar

bandungan (FishBase, 2024). Sifat eurytoleran terhadap suhu, kekeruhan dan kadar oksigen membuat lele Sangkuriang, melalui dasar genetik *C. gariiepinus*, sangat fleksibel memanfaatkan relung habitat yang sering tidak dapat dihuni ikan lain, menjadikannya kompetitor kuat di ekosistem alami maupun buatan.

Lele termasuk ikan yang dapat hidup dalam lingkungan atau air dalam kondisi apapun. Lele sangkuriang memiliki daya tahan yang relatif tinggi terhadap kondisi yang kurang baik. Namun demikian, diperlukan suatu kondisi lingkungan yang ideal agar lele sangkuriang dapat tumbuh dengan baik. Beberapa kriteria lingkungan dan air yang ideal adalah sebagai berikut:

1. Lele sangkuriang dapat dibudidayakan pada ketinggian 0-800 dpl. Bahkan ada kemungkinan untuk dibudidayakan dengan baik hingga pada ketinggian di atas 1000 meter dpl.
2. Lele sangkuriang dapat hidup di dalam air bersuhu antara 20-35° C, dengan suhu optimal untuk pertumbuhan antara 25-29° C.
3. Tingkat keasaman air (pH) dimana lele sangkuriang dapat hidup adalah antara 6-9. pH air paling optimal untuk pertumbuhannya adalah 6,5-7,2 (Ghufran & Kordi, 2015).

Dalam lima tahun terakhir, penelitian banyak menyoroiti pengaruh padat tebar terhadap pertumbuhan, kesehatan dan perilaku lele di kolam budidaya. Kusuma *et al.* (2024^b) menunjukkan pada kolam bundar dengan media terpal HDPE, padat tebar 740 ekor/m³ menghasilkan pertumbuhan panjang dan berat yang lebih baik dibanding 864 ekor/m³; peningkatan padat tebar dikaitkan dengan peningkatan stres, persaingan pakan, penurunan kualitas air, serta meningkatnya agresivitas dan kanibalisme.

Secara paralel, penelitian di tarpaulin pond skala rumah tangga menemukan padat tebar 500 ekor/m³ pada kolam bulat diameter 3 m memberikan kombinasi terbaik antara laju pertumbuhan, sintasan ($\pm 86\%$), rasio konversi

pakan ($\sim 0,95$) dan keuntungan usaha, dibandingkan kepadatan 250, 750 dan 1.000 ekor/m³ (Khumaidi *et al.*, 2025). Dalam sistem yang lebih intensif seperti bioflok dan resirkulasi, beberapa studi internasional dan nasional melaporkan lele masih mampu tumbuh pada padat tebar sangat tinggi (hingga puluhan kg/m³), namun risiko stres, akumulasi bahan organik, dan masalah kesehatan meningkat bila pengelolaan aerasi, filtrasi, dan pembuangan limbah tidak memadai (Sebata-Sithole, 2023; Khumaidi *et al.*, 2025; Ramadhani, 2024).

1.2 Bulu Babi (*D. setosum*)

1.2.1 Klasifikasi Bulu Babi

Bulu babi (*D. setosum*) merupakan salah satu spesies echinodermata yang banyak ditemukan di perairan tropis dan subtropis, termasuk kawasan Indo-Pasifik. Spesies ini dikenal sebagai salah satu bioindikator ekosistem terumbu karang karena sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan serta peran ekologis yang signifikan dalam menjaga keseimbangan struktur komunitas karang (Rizal *et al.*, 2023). Dalam beberapa publikasi oseanografi modern, *D. setosum* juga digunakan sebagai organisme model untuk pengujian kualitas lingkungan perairan, termasuk parameter logam berat, eutrofikasi, dan degradasi ekosistem (Wang *et al.*, 2022).

Secara taksonomi, *D. setosum* termasuk dalam filum hewan invertebrata laut berduri (Echinodermata), dengan ciri khas simetri radial, duri panjang dan tajam, serta keberadaan madreporite dan sistem pembuluh air (*water vascular system*) yang digunakan untuk lokomosi dan respirasi (Lee & Choi, 2021). Struktur taksonominya yang umum digunakan dalam publikasi terkini dituliskan sebagai berikut:

Kingdom:	Animalia
Filum:	Echinodermata
Kelas:	Echinoidea
Ordo	: Diadematoida

Famili : Diadematidae
Genus : Diadema
Spesies : *D. setosum* (Wang *et al.*, 2022)

Penelitian terbaru menyebutkan spesies ini memiliki peran ekologis penting dalam mengendalikan pertumbuhan alga sehingga memungkinkan kompetisi yang seimbang antara karang dan algae reef cover. Namun, bila populasi bulu babi meningkat berlebihan, dapat terjadi kondisi overgrazing, yang justru memicu kerusakan fisik pada karang (Musa *et al.*, 2024^a). Karena itu, keberadaan *D. setosum* dianggap sebagai indikator keseimbangan ekosistem dan bukan sekadar representasi biodiversitas terumbu karang.

Selain peran ekologisnya, beberapa penelitian terbaru juga fokus pada potensi bioaktif yang dihasilkan spesies ini. Eksoskeleton, organ tubuh, dan gonad *D. setosum* dilaporkan mengandung senyawa antioksidan, antimikroba, serta kandidat biomaterial untuk biomedis dan nutraceutical (Almashharawi & Yousif, 2023). Hal ini membuka peluang pemanfaatan spesies ini tidak hanya sebagai indikator ekologis tetapi juga sebagai sumber bioresource bernilai.

Dengan demikian, berdasarkan literatur ilmiah terbaru, *D. setosum* dipandang sebagai spesies penting dalam ekosistem pesisir dan terumbu karang, baik dari perspektif taksonomi, ekologi, maupun potensi aplikasinya dalam bidang riset dan industri berbasis biologi laut.

1.2.2 Morfologi dan Fisiologi Bulu Babi

Bulu babi merupakan fauna dari filum Echinodermata yang paling melimpah dan tersebar di seluruh perairan Indonesia. Menurut (Bahan *et al.*, 2019) secara morfologi, bulu babi terbagi menjadi dua kelompok yaitu bulu babi regularia atau bulu babi beraturan (*regular sea urchin*) dan bulu babi iregularia atau bulu babi tidak beraturan (*irregular sea urchin*).

Bulu babi memiliki bentuk tubuh segi lima, mempunyai lima pasang garis kaki tabung dan duri panjang yang dapat digerakkan. Kaki tabung dan duri memungkinkan binatang ini merangkak di permukaan karang dan juga dapat digunakan untuk berjalan di atas pasir. Cangkang luarnya tipis dan tersusun dari lempeng-lempeng yang berhubungan satu sama lain. *D. setosum* merupakan salah satu jenis dari bulu babi yang memiliki nilai konsumsi penting di Indonesia (Walker *et al.*, 2017).

Suwignyo & Sugiarti (2015) menyebutkan tubuh bulu babi berbentuk bulat atau pipih bundar, tidak bertangan, mempunyai duri-duri panjang yang dapat digerakkan. Semua organ umumnya terdapat di dalam tempurung, yang terdiri dari 10 keping pelat ganda, biasanya bersambung dengan erat, yaitu pelat ambulakral. Selain itu terdapat pelat ambulakral yang berlubanglubang tempat keluarnya kaki tabung.

Pada permukaan tempurung terdapat tonjolan-tonjolan pendek yang membulat, tempat menempelnya duri. Kebanyakan bulu babi mempunyai dua duri, duri panjang atau utama dan duri pendek atau sekunder. Selanjutnya, mulut bulu babi terletak di daerah oral, dilengkapi dengan lima gigi tajam dan kuat untuk mengunyah yang dikenal sebagai Aristotle's lantern. Anus, lubang genital dan madreporit terletak di sisi aboral. Salah satu diantara keping genital yang berukuran paling besar merupakan tempat bermuaranya sistem pembuluh air (waste vascular system). Sistem ini menjadi ciri khas filum Echinodermata, berfungsi dalam pergerakan, makan, respirasi, dan ekskresi. Pada sistem peristomial terdapat pada selaput kulit tempat menempelnya organ "lentera aristotle", yakni semacam rahang yang berfungsi sebagai alat pemotong dan penghancur makanan. Organ ini juga mampu memotong cangkang teritip, moluska ataupun jenis bulu babi lainnya (Hasi *et al.*, 2016).

1.2.3 Habitat Bulu Babi

Habitat bulu babi di perairan dangkal sampai kedalaman 10 m, tetapi ada beberapa spesies yang dapat hidup di kedalaman 0 - 200 m. Hewan ini memiliki daerah persebaran yang luas dari daerah tropis hingga subtropis. Keberadaan setiap spesies di daerah tertentu adalah kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan spesies itu sendiri (Suryanti & Febrianto, 2017).

Bulu babi banyak ditemukan di daerah padang lamun dan terumbu karang. Mereka ditemukan di daerah yang berpasir atau pasir berlumpur biasa juga didapatkan di atas pecahan karang. Mereka menyukai perairan yang jernih dan tenang (Suryanti *et al.*, 2017). Jenis bulu babi yang ditemukan di padang lamun yaitu jenis *D. setosum*, *D. antillarum*, *Tripneustes gratilla*, *T. ventricosus*, *Lytechinus variegatus*, dan *Stongylus spp.* cenderung hidup mengelompok, sedangkan jenis *Mespilia globulus*, *Toxopenustes pileolus*, *Pseudoboletia maculata*, dan *Echinothrix diadema* cenderung menyendiri (Moka *et al.*, 2021).

Bulu babi secara ekologi memiliki fungsi sebagai pemakan detritus, pemakan partikel kecil dan penyeimbang di ekosistem terumbu karang. Bulu babi dianggap sebagai hewan herbivor, namun pada lingkungan yang berbeda dapat beradaptasi terhadap lingkungannya dengan memakan krustacea, karang dan berbagai jenis makroalga (Ristanto *et al.*, 2017). Keberadaan bulu babi di suatu ekosistem terkait dengan karakteristik substrat, habitat yang spesifik, namun beberapa jenis mampu hidup pada daerah yang berbeda seperti pada bebatuan, celah karang maupun pecahan karang (Suryanti *et al.*, 2017).

1.2.4 Reproduksi Bulu Babi

Telah sering dikemukakan bulu babi mempunyai kelamin terpisah, ada individu jantan dengan kelamin jantan (testis) dan ada individu betina dengan gonad betina (ovari). Kedua jenis kelamin ini tidak memberikan

kenampakan morfologi luar yang berbeda nyata. Sampai saat ini tanda kelamin sekunder yang dapat memberi petunjuk adalah bentuk papila genitalia (Brotowidjoyo, 2009).

Jenis kelamin bulu babi jantan dan betina dapat dikenali dari ciri kelamin sekunder dan primernya. Meskipun jenis kelamin jantan dan betina pada bulu babi terpisah, namun kedua jenis kelamin ini tidak memberikan penampakan morfologi luar yang berbeda nyata. Sampai saat ini, penanda seks sekunder yang bisa memberikan petunjuk adalah bentuk papila genital. Pada bulu babi, papila genital terdiri dari dua tipe, yaitu tipe mespilian dan tipe tripneustes. Pada tipe tripneustes, ciri-ciri papila genitalia jantan ditandai dengan bentuk tabung yang memanjang, sedangkan pada betina berupa tonjolan tumpul (stumpy tonjolan). Bulu babi yang termasuk jenis ini adalah *Tripneustes gratilla*, *Echinometra mathaei*, *Echinostrephus aciculatus*, dan *D. setosum*. Tanda-tanda seks primer adalah tanda-tanda yang berhubungan langsung dengan organ reproduksi organisme, yaitu jantan dengan testis dan salurannya dan betina dengan ovarium serta salurannya.

Tanda jenis kelamin primer yang dapat digunakan sebagai pembeda antara jantan dan betina adalah warna gonad. Gonad jantan berwarna putih susu atau coklat tua keputihan, sedangkan gonad betina berwarna jingga atau kuning cerah (Suryanti *et al.*, 2020).

1.2.5 Kandungan Kimia Bulu Babi

Bulu babi memiliki tiga komponen biokimia yang penting yaitu protein, lemak dan karbohidrat. Ketiga komponen ini merupakan penyedia energi bagi bulu babi dan penyusun struktur elemen dalam proses pembentukan dan perkembangan telur. Gonad bulu babi terdiri atas 2 bagian yakni sel-sel germinal (sel-sel reproduksi) dan sel-sel nutrisi. Protein, lemak dan karbohidrat (glikogen) merupakan bagian dari sel-sel nutrisi gonad bulu babi. Dalam proses pematangan gonad, protein, lemak dan karbohidrat (glikogen) akan mengalami penurunan sedangkan kadar air akan mengalami

peningkatan, karena ketiga zat gizi ini yang dipakai selama proses pematangan gonad. Setelah proses pematangan, maka gonad siap untuk melakukan proses pemijahan. Gonad yang telah matang atau dewasa akan ditandai dengan volume gonad yang memenuhi bagian dalam cangkang dan ukurannya yang berkisar antara 80-100 μm .²²² (Padang *et al.*, 2019).

Bulu babi jenis *D. setosum* gonadnya mengandung 18 jenis asam lemak tak jenuh, termasuk omega 3 dan 6 serta 15 jenis asam amino. Khasiat dari asam lemak omega 3 untuk mengurangi resiko terkena penyakit jantung dan menurunkan kadar kolesterol di dalam darah. gonad bulu babi menghasilkan 8 asam amino esensial antara lain yaitu: (arginin, histidin, triptofan, fenilalanin, lisin, metionin, treolin dan valin), sedangkan asam amino non-esensial adalah (aspartat, sistein, serin, glisin, dan glutamat) (Rukmana, 2020).

Gonad bulu babi memiliki kadar asam lemak total sebesar 60,37% yang dapat berfungsi sebagai energi otot jantung, perkembangan otak dan kekebalan tubuh bagi manusia. Gonad bulu babi juga dilaporkan memiliki asam lemak omega-6 dan omega-9 masing-masing sebesar 13,88% dan 5,01%, serta memiliki asam amino (valin, metionin, fenilalanin, isoleusin, leusin, treonin, histidine, dan lisin). Adapun komposisi kimia gonad bulu babi seperti kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, dan kadar karbohidrat masing-masing adalah sebesar 77.56%, 2.54%, 2.36%, 14.57%, dan 3.17% (Milla & Meiyasa, 2022).

1.3 Maskulinisasi

Maskulinisasi adalah salah satu proses pengubahan yang mengarahkan kelamin ikan dari betina genotipe ke jantan fenotipe dengan menggunakan hormon androgen sebelum masa diferensiasi seks (Waisapy *et al.*, 2021). Maskulinisasi merupakan salah satu metode *sex reversal* yaitu membalikkan arah pengembangan kelamin menjadi berlawanan dari yang sebelumnya berkelamin betina menjadi kelamin jantan. Maskulinisasi dilakukan untuk

memperoleh benih ikan jantan yang unggul (Findayani & Madinawati, 2022). Maskulinisasi merupakan salah satu metode untuk mengarahkan kelamin ikan menjadi jantan pada masa diferensiasi kelamin (Malik *et al.*, 2019).

Teknik maskulinisasi merupakan salah satu metode untuk mengarahkan kelamin ikan menjadi jantan pada masa diferensiasi kelamin, dengan demikian diharapkan dapat memproduksi ikan jantan yang lebih banyak dan keuntungan yang lebih besar. Maskulinisasi sudah banyak dilakukan pada beberapa ikan hias dengan menggunakan bahan yang berbeda-beda. Maskulinisasi dilakukan dengan pemberian hormon androgen pada fase diferensiasi gonad pada ikan. Penggunaan hormon sintetik *17 α -metiltestosteron* sudah dilarang dalam kegiatan akuakultur karena sulit terdegradasi secara alami sehingga berpotensi mencemari lingkungan (Matondang *et al.*, 2018).

Dalam aplikasi sex reversal, maskulinisasi ikan dapat dilakukan dengan pemberian hormon steroid seperti hormon *17 α -metiltestosteron*. Penggunaan hormon *17 α -metiltestosteron* memiliki dampak negatif yaitu efek karsinogenik (menyebabkan kanker) jika digunakan untuk ikan konsumsi dan menimbulkan pencemaran lingkungan, sehingga mempengaruhi keamanan pangan dan kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan upaya mengurangi akibat buruk tersebut, diantaranya dengan mencari sumber steroid alami yang aman bagi manusia maupun hewan (Dwinanti & Yusuf, 2019). Faktor yang mempengaruhi keberhasilan maskulinisasi adalah pemberian dosis yang tepat, metode yang digunakan, dan durasi pemberian hormon (Zuhra, 2021).

Metode maskulinisasi pada ikan dapat dilakukan dengan metode perendaman maupun pemberian pakan dengan campuran zat untuk mendukung proses maskulinisasi (Yu *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Tatalede *et al.*, (2019) menjelaskan maskulinisasi ikan nila menggunakan propolis yang dicampur dalam pakan buatan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap persentase ikan nila jantan dan persentase kelangsungan hidup.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2024. Proses pembenihan dilakukan di peternakan lele sangkuriang yang terletak di Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan. Adapun proses perlakuan dan pengujian parameter sampel dilakukan di gedung MIPA Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu bak plastik kapasitas 4 liter untuk aklimatisasi, bak kaca berkapasitas 5 liter untuk perlakuan dan pemeliharaan, selang penyedot kotoran sepanjang 1,5 meter, cawan petri dan lup untuk pengamatan morfologis larva ikan lele, penggaris untuk pengukuran panjang tubuh larva ikan lele. Pengukuran oksigen terlarut menggunakan DO meter, pengukuran dan derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter dan thermometer untuk mengukur suhu air. Peralatan yang digunakan untuk membuat ekstrak gonad bulu babi yaitu rotary vaccum evaporator, shaker, labu ukur 500 ml untuk membuat larutan stok ekstrak bulu babi, gelas beaker 250 ml, tabung reaksi dan pipet tetes, timbangan steril, nampan, botol spray. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi hewan uji larva ikan lele umur 1 hari yang didapatkan dari induk yang berasal dari pembenihan lele sangkuriang Bapak Muhlisin yang terletak di Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan.

ekstrak gonad bulu babi, pakan ikan lele PSC-1; PF-800; PF-500; PF-1000, air sebagai media pemeliharaan, kertas saring, jaring penutup, aquadest dan methanol.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 60 hari dengan menggunakan benih lele sangkuriang (*C. gariepinus* var. Sangkuriang) dengan panjang 0,5-1 cm berat sekitar 0,5 gram umur 2 hari (Findayani & Madinawati, 2022). Ikan yang digunakan sebanyak 400 ekor. Ikan dipelihara dengan kapasitas air 50 liter tinggi 52,5 cm, panjang 38 cm, dan lebar 34,5 cm sebanyak 20 box Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Dilakukan sebanyak 4 perlakuan percobaan yaitu pemberian pakan dengan tambahan ekstrak gonad bulu babi dengan 1 perlakuan kontrol (tidak dilakukan pencampuran), dengan masing-masing ulangan sebanyak lima kali seperti pada Tabel 3:

Tabel 3. Rancangan Acak Lengkap Pemberian Pakan

PA.U5	PB.U5	PC.U2	PB.U3
PC.U3	PD.U3	PD.U2	PC.U4
PA.U2	PB.U4	PC.U5	PB.U2
PD.U1	PB.U1	PD.U4	PD.U5
PC.U1	PA.U4	PA.U3	PA.U1

PA : 1 kg pakan + 0 mg ekstrak bulu babi

PB : 1 kg pakan + 25 mg ekstrak bulu babi

PC : 1 kg pakan + 50 mg ekstrak bulu babi

PD : 1 kg pakan + 75 mg ekstrak bulu babi

Pemberian pakan disesuaikan dengan umur dan ukuran benih ikan. Pada umur 3–15 hari dengan ukuran benih 0,5–0,7 cm, pakan yang diberikan adalah PSC-1 dengan dosis 10% dari bobot biomassa per hari dan frekuensi pemberian 2 kali sehari. Selanjutnya, benih umur 16–28 hari berukuran 1–3 cm masih diberi pakan PSC-1 dengan dosis 5–10% dan frekuensi 2 kali

sehari. Pada umur 29–40 hari dengan ukuran 3–5 cm, pakan diganti menjadi PF-800 dengan dosis 3–5% dan frekuensi 3 kali sehari. Benih umur 40–50 hari berukuran 5–7 cm diberikan pakan PF-500 dengan dosis 3% dan frekuensi 3 kali sehari. Sementara itu, pada umur 50–60 hari dengan ukuran 7–9 cm, pakan yang digunakan adalah PF-1000 dengan dosis 3% dari bobot biomassa per hari dan frekuensi pemberian tetap 3 kali sehari seperti dicantumkan pada Tabel 4 (Hardaningsih dan Yulanda, 2023).

Tabel 4. Pedoman Pengelolaan Pakan

Usia (Hari)	Ukuran Benih (cm)	Dosis Pemberian Pakan (Bobot Biomassa per hari) %	Frekuensi Pemberian Pakan	Pakan yang Diberikan
3-15	0,5-0,7	10	2	PSC-1
16-28	1-3	5-10	2	PSC-1
29-40	3-5	3-5	3	PF-800
40-50	5-7	3	3	PF-500
50-60	7-9	3	3	PF-1000

Sumber: Hardaningsih dan Yulanda (2023)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Ekstrak Gonad Bulu Babi

Proses pembuatan ekstrak gonad bulu babi dilakukan dengan pengeluaran dan pemisahan gonad bulu babi dari cangkang dan durinya terlebih dahulu dan menyimpan dalam freezer pada suhu 0-4⁰C. Ekstrak gonad bulu babi dimaserasi dalam methanol dengan perbandingan bahan dan pelarut 1 : 3 (berat/volume) kemudian dikocok dengan shaker kecepatan 180 rpm selama 72 jam. Ekstrak disaring dengan kertas saring whatman no 1 lalu dievaporasi dengan *vacuum rotary evaporator* pada suhu 37-40⁰C, selanjutnya ekstrak disimpan pada suhu pendinginan (0-4⁰C).

3.4.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan dan Air

Pemeliharaan larva ikan lele menggunakan bak kaca berkapasitas 4 liter. Sebelum digunakan, bak adaptasi maupun bak pemeliharaan harus dicuci

terlebih dahulu menggunakan kaporit (CaOCl) 10 ppm, lalu dibilas dengan air bersih kemudian didiamkan selama 24 jam. Pengisian air dilakukan setelah bak pemeliharaan kering. Air yang digunakan dalam pemeliharaan larva ikan merupakan air sumur dengan salinitas air tawar 0 ppt.

3.4.3 Pencampuran Pakan dan Ekstrak Gonad Bulu Babi

Pakan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat jenis berdasarkan umur benih ikan yaitu PSC-1 (3-28 hari), PF-800 (29-40 hari), PF-500 (40-50 hari), dan PF-1000 (50-60 hari). Pencampuran pakan diawali dengan melarutkan ekstrak gonad bulu babi setiap masing-masing dosis (0 mg, 25 mg, 50mg, dan 75mg) menggunakan 100 ml pelarut aquadest. Setelah dilarutkan, ekstrak gonad bulu babi dimasukkan kedalam botol spray untuk disemprotkan pada pakan yang telah diletakkan di nampan. Penyemprotan dilakukan secara perlahan dan merata sambil diaduk, kemudian pakan diangin-anginkan agar tidak lembab dan disimpan di toples kedap udara.

3.4.4 Persiapan dan Aklimatisasi Hewan Uji

Larva ikan lele yang digunakan umur 2 hari sebanyak 400 ekor. Larva ikan kemudian di aklimatisasi dalam bak berkapasitas 4 liter selama 1 hari dengan tujuan agar larva ikan lele dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan baru sebelum dimulainya penelitian.

3.4.5 Seleksi Larva Ikan Lele

Seleksi larva ikan lele dilakukan secara morfologis, dengan memperhatikan ciri-cirinya seperti ukuran panjang, kelengkapan organ, warna, umur dan keaktifan.

3.4.6 Perlakuan

Dalam penelitian ini pemberian pakan ikan lele sangkuriang pada masing-masing kolam pemeliharaan dilakukan dengan frekuensi dua kali yaitu pemberian pakan pada pagi hari pukul 07.00 WIB, dan sore pukul 17.00 WIB. Dalam bak kontrol (PA) diisi larva ikan lele sebanyak 20 ekor dan diberi pakan tanpa penambahan ekstrak gonad bulu babi, dalam bak perlakuan kedua (PB) diisi larva ikan lele sebanyak 20 ekor dan diberi Pakan + 25 mg ekstrak bulu babi, dalam bak perlakuan ketiga (PC) diisi larva ikan lele sebanyak 20 ekor dan diberi Pakan + 50 mg ekstrak bulu babi, dalam bak perlakuan keempat (PD) diisi larva ikan lele sebanyak 20 ekor dan diberi Pakan + 75 mg ekstrak bulu babi.

3.4.7 Pemeliharaan Hewan Uji

Setelah larva ikan lele dipindahkan dari bak perlakuan, larva dipelihara dalam bak pemeliharaan berbentuk silinder dengan diameter 50 cm dan volume efektif 50 L yang dilengkapi dengan aerator. Kepadatan tebar yang digunakan adalah 20 ekor larva per wadah. Berdasarkan kepadatan tersebut, daya dukung pemeliharaan dihitung menggunakan pendekatan volume air, yaitu jumlah ikan dibagi volume media pemeliharaan.

$$\text{Daya Dukung} = \frac{20 \text{ Ekor}}{50 \text{ L}} = 0,4 \text{ ekor/L}$$

Hasil perhitungan menunjukkan daya dukung pemeliharaan adalah 0,4 ekor/L atau setara dengan 400 ekor/m³. Kepadatan tebar sebesar 400 ekor/m³ masih berada dalam rentang kepadatan optimal untuk budidaya ikan lele Afrika (*C. gariepinus*) pada sistem pemeliharaan skala kecil dengan dukungan aerasi. Penelitian sebelumnya melaporkan kepadatan sekitar 500 ekor/m³ masih mampu menghasilkan pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup yang baik apabila diimbangi dengan manajemen kualitas air yang memadai (Khumaidi *et al.*, 2025). Oleh karena itu, kepadatan yang digunakan dalam penelitian ini dipandang sesuai dengan daya dukung media pemeliharaan dan diharapkan mampu meminimalkan

stres, kompetisi pakan, serta penurunan kualitas air selama masa pemeliharaan larva selama 60 hari.

3.5 Pengambilan Data

3.5.1 Persentase Pembentukan Kelamin

Persentase kelamin yang terbentuk dapat dilihat dengan menggunakan kaca pembesar berdasarkan ciri-ciri yang ada seperti bentuk sirip, warna tubuh dan kelincahan berenang. Persentase pembentukan jenis kelamin dapat dihitung dengan cara membagi jumlah jenis kelamin yang terbentuk dibagi dengan jumlah total individu yang hidup dan dikalikan 100%, dengan perhitungan sebagai berikut: (Findayani & Madinawati, 2022)

$$\text{Jantan (\%)} = \frac{\text{jumlah ikan jantan}}{\text{jumlah sampel ikan}} \times 100\%$$

3.5.2 Kesintasan hidup (*Survival Rate*)

Menurut Effendi (2002) untuk menentukan nilai kesintasan hidup ikan lele dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{SR} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Keterangan :

SR = kelulushidupan hewan uji

N_t = jumlah individu pada akhir penelitian

N_o = jumlah individu pada awal penelitian

3.5.3 Pengukuran Kualitas Air

Pemeliharaan Pengukuran kualitas air pemeliharaan dilakukan setiap 10 hari sekali, yang meliputi:

1. Dissolved Oksigen (DO) atau pengukuran kadar oksigen terlarut menggunakan DO meter yang dicelupkan ke dalam sampel air kolam ikan lele.

2. Pengukuran suhu menggunakan thermometer dicelupkan ke dalam sampel air kolam ikan lele.
3. Pengukuran pH (derajat keasaman) air pemeliharaan menggunakan pH meter dicelupkan ke dalam sampel air kolam ikan lele.
4. Pengukuran kadar ammonia menggunakan *ammonia indicator water test kit* dicelupkan ke dalam sampel air kolam ikan lele.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi persentase kelamin jantan, persentase kesintasan hidup dan kondisi kualitas air pemeliharaan. Data yang telah diperoleh dianalisis dengan menggunakan software SPSS 27 dengan analisis sidik ragam (*One Way ANOVA*) untuk melihat beda nyata antar perlakuan. Jika dari data sidik ragam diketahui pada perlakuan yang menunjukkan pengaruh beda nyata (*significant*) dengan $\alpha = 0,05$ atau berbeda sangat nyata (*highly significant*) dengan $\alpha = 0,01$, maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Penambahan ekstrak gonad bulu babi (*D. setosum*) ke dalam pakan terbukti berpengaruh terhadap proses pembentukan fenotip jantan larva ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*).
2. Pemberian ekstrak gonad *D. setosum* pada dosis 75 mg/kg pakan merupakan dosis yang paling efektif secara biologis dalam proses maskulinisasi, karena mampu meningkatkan persentase ikan jantan hingga 77% disertai performa fisiologis yang baik.
3. Penambahan ekstrak gonad *D. setosum* dalam pakan tidak berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup (survival rate) ikan lele sangkuriang. Seluruh perlakuan menunjukkan nilai survival rate yang relatif tinggi sebesar 90–96% ($p < 0,05$).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan ekstrak gonad *D. setosum* dalam pakan dapat direkomendasikan sebagai alternatif bahan alami untuk mendukung program maskulinisasi *C. gariepinus* dalam sistem budidaya monokultur. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan variasi dosis yang lebih luas, waktu aplikasi berbeda, serta uji skala lapang untuk memastikan efektivitas, keamanan jangka panjang, serta potensi ekonominya terhadap produktivitas budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemo, O., Alarape, S., Hussein, T., Adetunji, V. 2015. Skeletal and other morphological abnormalities in cultured Nigerian African catfish (*C. gariepinus*, Burchell 1822). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 2(5):20–25.
- Afia, O.E., Musa, B.O., Okpon, A. 2024. Impacts of photoperiod manipulation on growth and welfare of juvenile African catfish. *Asian Journal of Biological Sciences*. 17(4):523–534. <https://doi.org/10.3923/ajbs.2024.523.534>
- Afriani, D., Siregar, M.R., & Putra, A. I. 2025. Respon pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) terhadap variasi suhu. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4(2), 45–53. <https://doi.org/10.46576/jai.v4i2.6879>
- Agustiyani, D., Imamuddin, H, Gunawan, E., Darusman, L.K. 2007. Proses nitrifikasi oleh kultur mikroba penitrifikasi n-sw dan zeolite. *Berita Biologi: Jurnal Ilmu Ilmu Hayati*. 8(5):405–411.
- Aisyah, N., Scabra, A. R., & Mulyani, L. F. 2025. Growth of African Catfish (*Clarias gariepinus*) cultured using the biofloc system at different stocking densities. *Journal of Fish Health*. 5(3), 426–441. Universitas Mataram. <https://journal.unram.ac.id/index.php/jfh/en/article/view/7917/4066>
- Almashharawi, A., Yousif, M. 2023. Bioactive potential and biochemical profile of the sea urchin *D. setosum*. *Marine Biotechnology Journal*. 18(2):77–88.
- Amarullah, M.H. 2008. Hidrobiologi larva ikan dalam proses rekrutmen. *Jurnal Hidrosfer Indonesia*. 3(2):75–80.
- Animal Diversity Web. 2024. *C. gariepinus* (North African catfish) – account and habitat notes. Diakses 26 November 2025 dari: <https://animaldiversity.org>
- Arifin, H., Rahmawati, D., Syafutra, R. 2024. Interaction of stocking density and different plant types in cultivating sangkuriang catfish (*C. gariepinus* var. sangkuriang) using aquaponic technology. *Aqusains: Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*. 13(1):11–20.

- Astuti, N.K.P., Abidin, Z., Nuraeni, D. 2019. Analisa pertumbuhan ikan lele (*Clarias* sp.) hasil silang sangkuriang, masamo dan phyton. *Jurnal Perikanan*. 9(1):86–92. <https://doi.org/10.29303/jp.v8i2.143>
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7550:2009 Produksi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*) Kelas Benih Sebar. Jakarta (ID): BSN.
- Bahan, L.D., Duan, F.K., Momo, A.N. 2019. Analisis habitat dan kelimpahan Echinodermata di Pantai Lalendo Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*. 16(1):12–24.
- Barades, E., Hartono, D.P., Witoko, P., Aziz, R. 2020. Peningkatan nisbah ikan nila jantan menggunakan 17 α -metiltestosteron melalui pakan. *Jurnal Perikanan Unram*. 10(1):50–54. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i1.200>
- Belão, T.C., Daiile, M., Perry, S. 2015. Control of cardiorespiratory function in the African catfish, *C. gariepinus*, exposed to aquatic hypoxia and access to air. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*.
- Brotowidjoyo, M.D. 2009. Zoologi Dasar. Jakarta (ID): Erlangga.
- BSN. Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.9-2004. Uji Nitrit (NO₂-N) Secara Spektrofotometri. Diakses 26 November 2025 dari: <http://sainstkim.teknik.ub.ac.id/wp-content/uploads/2016/12/SNI-06-6989.9-2004-Cara-Uji-Nitrit-Secara-Spektrofotometri.pdf>
- BSN. Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI No.7550:2009. Produksi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus* Bleeker) Kelas Benih Sebar. Diakses 26 November 2025 dari: https://www.academia.edu/24228298/Sni_pembesaran_nila
- BSN. Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI No.6484.4:2014. Ikan Lele Dumbo (*Clarias* sp.) Bagian 4: Produksi Benih. Diakses 26 November 2025 dari: https://kkp.go.id/an-component/media/upload-gambar-pendukung/DIT%20PERBENIHAN/SNI%20Perbenihan/12SNI%20Lele%20Dumbo%20New/6169_SNI%206484.4%202014.pdf
- Caesar, N. R., Yanuhar, U., Raharjo, D. K. W. P., & Junirahma, N. S. (2021). Monitoring of water quality in the catfish (*Clarias* sp.) farming in Tuban Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 718(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/718/1/012061>
- Chandra, G., Sharma, R., Patel, K., Singh, V., Kumar, A., Rao, S., Devina, F., Lopez, M., Hermawan, B., Idris, N., *et al.* 2024. Deformities in fish: A barrier for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 16(2):861–889.

- Contoyannis, P., Lee, X., Rahman, M. 2024. Water quality management strategy impacts on growth and deformity suppression in farmed catfish. *Aquaculture Environmental Research*. 19(1):44–59.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2017. Pedoman pengukuran indikator kinerja utama.
- Dwinanti, S.H., Yusuf, M. 2019. Maskulinisasi ikan cupang (*Betta splendens*) menggunakan air kelapa (*Cocos nucifera*) melalui metode perendaman. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. hlm 978.
- Effendi, M.I. 2002. Biologi Perikanan. Bogor (ID): Yayasan Pustaka Nusantara.
- Eissa, A.E., Ramadan, A.M., Abdelrahman, H.A., Ghazy, E.W., Abdelaziz, M.E., Mahmoud, M.A., Salem, M. 2021^a. A comprehensive overview of the most common skeletal deformities in fish. *Aquaculture Research*. 52(4):1583–1604. <https://doi.org/10.1111/are.15054>
- Eissa, I. A. M., El-Gawad, E. A. A., & El-Banna, R. A. 2021^b. Skeletal deformities and stress responses in intensively cultured catfish. *Aquaculture Research*, 52(6), 2610–2622.
- Findayani, N., Madinawati. 2022. Masculinization of Sangkuriang catfish (*C. gariiepinus*) using coconut water with different immersion times. *Jurnal Trofish*. 1(2):79–84.
- FishBase. 2024. *C. gariiepinus, North African catfish: fisheries, aquaculture, biology notes*. Diakses 26 November 2025 dari: <https://www.fishbase.de>
- Fitriyanto, A. N., Ediyanto, & Gultom, V. D. N. (2020). Efektifitas penambahan probiotik terhadap pertumbuhan, FCR dan sintasan ikan lele sangkuriang (*Clarias gariiepinus*). *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 5(2), 73–84. <https://doi.org/10.53676/jism.v5i2.81>
- Ghufran, M., Kordi, K. 2015. Kiat Sukses Pembesaran Lele Unggul. Jakarta (ID): Lily Publisher.
- Hardaningsih, I., Yulanda, L.K. 2023. Buku Pintar Teknik Produksi Benih Ikan: Berdasarkan Cara Pembenihan Ikan yang Baik. Yogyakarta (ID): Lily Publisher.
- Hasan, M. R., Rahman, M. M., & Ahmed, Z. F. (2022). Hypoxia tolerance and air-breathing adaptation of African catfish (*Clarias gariiepinus*) under intensive culture conditions. *Aquaculture Research*, 53(8), 3491–3501.

- Hasi, M.S., Lumingas, L.J.L., Lohoo, A.V. 2016. Analisis allometri dan indeks fisiologis bulu babi *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz, 1864) (Camarodonta, Echinometridae) di rerata terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua, Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 4(2):1–10.
- Hernández-Martínez, P., García-Acosta, A., Rodríguez-López, M. 2023. Oxidative stress and skeletal deformities in farmed fish: mechanisms and management. *Aquaculture Research*. 54(8):2378–2391.
- Hidayat, R., Setiawan, B., & Lestari, D. (2022). Growth performance and morphometric response of African catfish fed natural bioactive compounds. *Aquaculture Research*, 53(6), 2451–2460.
- Hildebrand, M.C., Werner, T., Krause, F., Landström, J., Fuchs, A., Seo, S., Park, H. 2024. The role of light in the rearing of *C. gariepinus* larvae. *Aquaculture Reports*.
- Ibrahim, Y., Hasanah, U., Erlita, E. 2018. Optimalisasi konsentrasi hormon 17α -metiltestosteron terhadap perubahan nisbah kelamin jantan ikan lele sangkuriang (*Clarias sp.*). *Jurnal Akuakultura*. 2(1).
<https://doi.org/10.35308/ja.v2i1.782>
- Indriastuti, C.E., Pratama, R., Suryanto, H., Ismail, M. 2022. Survival and grow performance of *C. gariepinus* nursery culture under high stocking density with RAS. *E3S Web of Conferences*. 339:01011.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233901011>
- Johnson, L.M., Patel, R.K., Stevens, D.E. 2021^a. Vertebral deformities in aquaculture: causes, impacts, and prevention strategies. *Fish & Shellfish Immunology*. 115:326–335. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.06.040>
- Johnson, R. T., Miller, A. L., & Scott, P. D. 2021^b. Endocrine feedback regulation and sex differentiation in teleost fish exposed to exogenous androgens. *General and Comparative Endocrinology*, 312, 113868.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2021.113868>
- Karunaarachchi, K., Kumari, M., Adikari, A., Nayananjalie, W. 2018. Effect of biofloc on growth of genetically improved farmed tilapia juveniles in indoor condition. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 6(4):295–299.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2018). *Kelautan dan perikanan dalam angka 2018* (Pusat Data, Statistik dan Informasi). Diakses 26 November 2025, dari
<https://perpustakaan.kkp.go.id/knowledgerepository/index.php?id=1073538>

- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Kelautan dan perikanan dalam angka 2024* (Pusat Data, Statistik dan Informasi). Diakses 26 November 2025, dari <https://perpustakaan.kkp.go.id/knowledgerepository/index.php?id=1074693>
- Khumaidi, A., Muqsith, A., Wafi, A., Jamil, S.N.A. 2025. Optimal stocking density of catfish (*C. gariepinus*) cultivated in round pond at a small scale. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 14(2):202–210.
- Kim, Y.J. & Choi, J.H. 2021^a. Hormonal regulation of growth and deformities in cultured fish under stress conditions. *Journal of Fish Biology*. 99(4):869–886. <https://doi.org/10.1111/jfb.14813>
- Kim, J. H., & Choi, Y. S. 2021^b. Effects of androgen excess on gonadal differentiation and endocrine regulation in fish. *Aquaculture Reports*, 20, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100683>
- Kim, J. H., & Choi, Y. S. 2021^c. Oxidative stress and endocrine disruption in cultured fish: Implications for growth and morphology. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47, 1123–1135.
- Kim, J. H., Park, S. Y., & Choi, Y. S. 2022. Selective endocrine modulation and somatic growth stability in teleost fish exposed to natural steroids. *Fish Physiology and Biochemistry*, 48, 889–901.
- Kusuma, H., Darmono, S., Puspitasari, N. 2024^a. Quality of water and deformities in Indonesian freshwater aquaculture: A case study on *C. gariepinus*. *Indonesian Journal of Aquaculture*. 12(1):45–56.
- Kusuma, N.P.D., Tangguda, S., Lau, J.R.. 2024^b. Analisis kualitas air dan hubungannya dengan pertumbuhan ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*) pada padat tebar berbeda. *Jurnal Galung Tropika*. 13(2):256–267.
- Langi, S., Maulu, S., Hasimuna, O.J., Kapula, V.K., Tjipute, M. 2024. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (*C. gariepinus*): a review. *Cogent Food & Agriculture*. 10(1):2302642. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642>
- Lee, H., Choi, J. 2021. Morphological characteristics and ecological function of *D. setosum* in reef environments. *Journal of Marine Biology and Ecology*. 56(4):201–214.
- Lefevre, S., Wang, T., & McKenzie, D. J. 2020. The role of air breathing in fish responses to hypoxia. *Journal of Experimental Biology*, 223(9), jeb201731.

- Liang, W., Wang, S. 2022. Elevated ammonia and nitrite concentrations cause gill and skeletal deformities in juvenile fish: an experimental approach. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 41(10):2308–2316. <https://doi.org/10.1002/etc.5447>
- Madinawati, S., Yoel, Y. 2011. Pemberian pakan yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan lele dumbo (*C. gariepinus*). *Jurnal Media Litbang Sulteng*. 4(2):83–87.
- Malik, T., Syaifudin, M., Amin, M. 2019^a. Maskulinisasi ikan guppy (*Poecilia reticulata*) melalui penggunaan air kelapa (*Cocos nucifera*) dengan konsentrasi berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 7(1):13–24. <https://doi.org/10.36706/jari.v7i1.9017>
- Malik, A., Nugroho, R. A., & Sari, D. P. 2019^b. Maskulinisasi ikan menggunakan bahan alami air kelapa sebagai alternatif hormon sintetik. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(2), 101–109.
- Mangaro, R., Sinjal, H.J., Monijung, R.D.. 2018. Maskulinisasi dengan menggunakan metode perendaman dan oral terhadap perubahan kelamin ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Platax*. 6(1):117–122.
- Mardhiana, A., Buwono, I.D., Andriani, Y., Iskandar, I. 2017. Suplementasi probiotik komersil pada pakan buatan untuk induksi pertumbuhan ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 6(2):133–139.
- Mariska, A., Muslim, Mirna, F. 2013. Laju penyerapan kuning telur tambakan (*Helostoma temminckii* C.V) dengan suhu inkubasi berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(1):34–45. (metadata tidak tersedia untuk DOI)
- Martínez-Gómez, J., Pérez-Salas, R., López-Dólares, C. 2022. Economic implications of deformities in tilapia and catfish farming: a producer's perspective. *Aquaculture Economics & Management*. 26(3):275–289. <https://doi.org/10.1080/13657305.2021.1919658>
- Matondang, A.H., Basuki, F., Nugroho, R.A. 2018. Pengaruh lama perendaman induk betina dalam ekstrak purwoceng (*Pimpinella alpina*) terhadap maskulinisasi ikan guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 7:10–17.
- Milla, M.R., Meiyasa, F. 2022. Karakteristik kimiawi kecap bulu babi (*D. setosum*) dengan lama fermentasi yang berbeda. *Marinade*. 5(01):10–18. <https://doi.org/10.31629/marinade.v5i01.4128>

- Moka, W., Inaku, D.F., Rais, M. 2021. Struktur komunitas landak laut di padang lamun Pulau Kodingareng, Kepulauan Spermonde. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(1):63–70.
- Musa, R., Karim, A., Baharuddin, N. 2024^a. Ecological role and grazing pressure of *D. setosum* in coral reef recovery dynamics. *Coral Reef Science Advances*. 12(1):33–45.
- Musa, S., Rahman, A., & Kamarudin, M. S. 2024^b. Fish welfare and productivity in intensive aquaculture systems. *Aquaculture Reports*, 29, 101489.
- Musa, S., Rahman, A., & Kamarudin, M. S. 2024^c. Natural endocrine modulators in aquaculture: Growth safety and reproductive efficiency. *Aquaculture Reports*, 29, 101489.
- Musa, S., Rahman, A., & Kamarudin, M. S. 2024^d. Physiological responses and hypoxia tolerance of air-breathing catfish in intensive aquaculture systems. *Aquaculture Reports*, 29, 101489.
- Nasrudin. 2010. *Jurus Sukses Beternak Lele Sangkuriang*. Jakarta (ID): Agromedia Pustaka.
- Ningsih, H.W., Rachimi, R., Prasetyo, E. 2018. Efektifitas madu lebah terhadap jantanisasi (maskulinisasi) dengan metode perendaman pada larva ikan nila merah (*Oreochromis sp.*). *Jurnal Ruaya: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmu Perikanan dan Kelautan*. 6(1):23–29. <https://doi.org/10.29406/rya.v6i1.933>
- Novitasari, T.A., Hidayati, S., Armando, E. 2022. Maskulinisasi ikan guppy (*Poecilia reticulata*) melalui metode perendaman induk menggunakan air kelapa dengan konsentrasi berbeda. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*. 7(1):11–18. <https://doi.org/10.14710/sat.v7i1.14182>
- Nugraha, A., Kusnandar, I. 2023. Growth performance and feeding efficiency of sangkuriang catfish (*C. gariiepinus*) under biofloc system with variable carbon sources. *Journal of Aquaculture and Applied Biotechnology*. 5(2):87–94.
- Nugroho, B. D., Hardjomidjojo, H., & Sarma, M. 2018. Strategi pengembangan usaha budidaya ikan konsumsi air tawar dan ikan hias air tawar pada Kelompok Mitra Posikandu Kabupaten Bogor. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 12(2), 127–136. <https://doi.org/10.29244/mikm.12.2.127-136>
- Obirikorang, K.A., Mensah, E., Boakye, P., Owusu, E.O., Armah, E., Lamptey, E., Amoako, R., Aidoo, J., Brown, C.A. 2025. Air-breathing frequency

- response of African catfish to hypoxia conditions. *Environmental Biology of Fishes*. (In press).
- Olatunji-Akioye, A.O., Adebayo, S.O., Ayo-Adeyemo, T., Agbato, B.A. 2010. Osteological abnormalities of the head in adult African catfish. *International Journal of Morphology*. 28(3):719–722.
- Padang, A., Nurlina, N., Tuasikal, T., Subiyanto, R. 2019. Kandungan gizi bulu babi (*Echinoidea*). *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 12(2):220–227. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.12.2.220-227>
- Piferrer, F. 2021^a. Endocrine control of sex differentiation in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47(2), 305–321. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00908-7>
- Piferrer, F. 2021^b. Endocrine regulation and stress-mediated effects on growth and development in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47, 305–321.
- Pratama, R., Kurniawan, A., Sholihah, E., Fitria, D. 2024. Teknik pembenihan ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus* var. *Sangkuriang*) di Balai Perikanan Air Tawar Sukabumi, Jawa Barat. *Amreta Meena*. 1(3):133–142.
- Pratama, R.D., Wijaya, H., Suryadi, A. 2023. Water level and stocking density influence growth rate and survival of sangkuriang catfish fry (*C. gariepinus*) in controlled aquaculture system. *Nekton*. 3(1):51–59.
- Pratama, R. A., Nugroho, R. A., & Sari, D. P. 2023. Effects of dietary natural hormones on growth and feed efficiency of cultured catfish. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(2), 89–98.
- Putri, S.D., Fadhilah, M., Yuniarto, R. 2024. Application of green water system on hatchability performance of sangkuriang catfish (*C. gariepinus* var. *sangkuriang*). *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan*. 7(1):33–42.
- Rahayu, S. 2017. Budidaya Lele di Lahan Sempit. Jakarta (ID): Infra Pustaka.
- Rahmawati, I., Hasan, H., & Putra, D. F. 2021. Morphometric characteristics of *Clarias gariepinus* under different feeding regimes. *Biodiversitas*, 22(7), 3102–3109.
- Ramadhani, M. 2024. Teknik pengelolaan kualitas air pada pembesaran ikan lele sangkuriang (*C. gariepinus*) di UPTD Balai Benih Ikan Kota Binjai, Sumatera Utara. *South East Asian Water Resources Managements (SEAWARM)*. 1(2):1–5.

- Ristanto, A., Yanti, A.H., Setyawati, T.R. 2017. Komposisi jenis bulu babi (kelas: Echinoidea) di daerah intertidal Pulau Lemukutan Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Protobiont*. 6:59–63.
- Rizal, F., Hermanto, D., Wijaya, R. 2023. Population structure and spatial distribution of the sea urchin *D. setosum* in tropical reef ecosystems. *Indonesian Journal of Marine Research*. 9(2):145–157.
- Rohmaniah, H., Syaputra, D., Syarif, A.F. 2019. Maskulinisasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menggunakan ekstrak cabe jawa (*Piper retrofractum*) melalui perendaman larva. *Journal of Aquatropica Asia*. 4(1):29–34.
- Rukmana, P. 2020. Manfaat dan kandungan gizi bulu babi (*Echinoidea*) di Indonesia. *Article review*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/fxdb6>
- Saani, A.S., Abubakar, M., Adebayo, T., Danladi, O., Galadima, K., Yahaya, U. 2023. Morphological indicators of reproductive readiness in African catfish broodstock. *Fisheries and Aquaculture Science*. 29(3):301–309.
- Saputra, A., Pratama, R., Susanto, T. 2022. Relations between stocking density and skeletal deformities in *C. gariepinus* culture in Lampung Province, Indonesia. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 21(2):147–155.
- Sari, N.P., Nugroho, R.A. 2022. Tingkat deformitas dan fluktuasi asimetri pada benih ikan lele strain sangkuriang, dumbo, dan mutiara. *Media Akuakultur*. 7(1):7–14.
- Sebata-Sithole, N. 2023. The African sharptooth catfish (*C. gariepinus*). *Newsletter of the Natural History Museum of Zimbabwe*. 4(2):1–4.
- Setijaningsih, L., Suryaningrum, L.H. 2015. Pemanfaatan limbah budidaya ikan lele (*Clarias batrachus*) untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan sistem resirkulasi. *Berita Biologi*. 14(3):203–296.
- Shikov, A.N., Pozharitskaya, O.N., Krishtopina, A.S., Makarov, V.G. 2018. Naphthoquinone pigments from sea urchins: chemistry and pharmacology. *Phytochemistry Reviews*. 17(3):509–534. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9547-3>
- Sichula, J., Makasa, M.L., Nkonde, G.K., Kefi, A.S., Katongo, C. 2011. Removal of ammonia from aquaculture water using maize cob activated carbon. *Malawi Journal of Aquaculture and Fisheries*. 1(2):10–15.
- Smith, R., Jones, M. 2022. Morphological deformities in aquaculture: a review of incidence and causes. *Reviews in Aquaculture*. 14(1):48–66.

- Sukardi, P., Soedibya, P.H.T., Pramono, T.B. 2018. Produksi budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sistem bioflok dengan sumber karbohidrat berbeda. *AJIE – Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 3(2):198–203.
- Sulistiawati, I., Ilza, M., Karnila, R. 2023. Pengaruh konsentrasi HCl berbeda terhadap kandungan mineral tepung cangkang bulu babi (*D. setosum*). *Jurnal Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau*. 4(1):88–100.
- Suong, N.T., Nguyen, T.Q., Tran, H., Pham, P., Le, Y. 2023^a. Skeletal deformities in cultured striped catfish in Mekong Delta. *Asian Fisheries Science*. 36:90–99.
- Suong, N. T., Pham, T. H., & Nguyen, V. H. 2023^b. Environmental stressors and morphological abnormalities in cultured freshwater fish. *Aquaculture International*, 31, 1457–1472.
- Surono, T., Wahyudi, R.R., Latifah, S.N., Barata, F., Rahardjo, M.F. 2024. Early clinical signs of *Aeromonas* infection in sangkuriang catfish. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 23(1):45–54.
- Suryani, R., Hadi, S., Fauzi, M. 2023. Use of antioxidants and probiotics in feed to reduce skeletal deformities in catfish farming in Indonesia. *Jurnal Teknologi Akuakultur*. 8(1):31–42.
- Suryanti, S., Fatimah, P.N., Rudyanti, S. 2020. Morfologi, anatomi dan indeks ekologi bulu babi di Pantai Sepanjang, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Buletin Oseanografi Marina*. 9(2):93–103.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v9i2.31740>
- Suryanti, S., Febrianto, S. 2017. Mapping of sea urchin abundance as control of algae expansion for the balance of coral reef ecosystem in Karimunjawa Islands. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 7:120.
- Susanto, G.N., Sutyarso, Busman, H., Kurniawan, N.R., Hasanah, S.M. 2021. Genital reversal of betta fish by immersion using steroid extract of sea urchins. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 674(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/674/1/012057>
- Susanto, G.N., Widiastuti, E.L., Rustanti, T., Hadi, S. 2023. Immersion in sea cucumber's steroid extract to increase male production of juvenile freshwater crayfish. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 26(1):48–57.
<https://doi.org/10.47853/FAS.2023.e4>
- Suwignyo, Sugiarti. 2015. Avertebrata Air Jilid 1. Jakarta (ID): Swadaya.

- Suyanto, Rachmatun, S. 2007. *Budidaya Ikan Lele (Edisi Revisi)*. Jakarta (ID): Niaga Swadaya.
- Tatalede, P.A., Sinjal, H.J., Watung, J.C., Salindeho, I.R.N., Kalesaran, O.J. 2019^a. Maskulinisasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) melalui pemberian propolis yang dicampur dalam pakan buatan. *Budidaya Perairan*. 7(2):1–7.
- Tatalede, F., Lumenta, C., & Mandey, F. 2019^b. Pengaruh ekstrak propolis terhadap diferensiasi kelamin ikan budidaya. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 7(1), 45–53.
- Teugels, G.G. 1996. Taxonomy, phylogeny and biogeography of catfishes (Ostariophysi, Siluroidei): an overview. *Aquatic Living Resources*. 9(S1):9–34. <https://doi.org/10.1051/alr:1996039>
- Tenugu, S., & Senthilkumaran, B. (2022). *Sexual plasticity in bony fishes: Analyzing morphological to molecular changes of sex reversal*. *Aquaculture and Fisheries*, 7(5), 525–539. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.02.007>
- Torres, Dumith., M., & dos Santos, A. F. G. G. (2022). *Ecological impacts of the African catfish Clarias gariepinus at environmental protection area in southeastern Brazil*. Research Square (Preprint). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1132915/v1>
- Varvara, C., Dimitriou, T., Giouvelis, S., Petropoulos, Y. 2024. Skeletal deformities in semi-intensive carp farming. *Veterinary Sciences*. 11(1):30. <https://doi.org/10.3390/vetsci11010030>
- Waisapy, F., Soumokil, A.W., Laimeheriwa, B.M. 2021. Maskulinisasi larva ikan cupang (*Betta splendens*) menggunakan jenis madu yang berbeda. *Jurnal Perikanan*. 11(1):50–55.
- Walker, C., Unuma, T., Lessera, M. 2017. *Edible Sea Urchin: Biology and Ecology*. Florida (US): Elsevier.
- Wang, J., Liu, H., Zhang, S. 2022. Environmental tolerance and bioindicator potential of *D. setosum* exposed to marine contaminants. *Ecotoxicology and Coastal Marine Studies*. 29(3):98–110.
- Widiyanto, K., Hartono, M., Lestari, N. 2023. Growth response of sangkuriang catfish in recirculating aquaculture system using lettuce as biofilter. *Jurnal Teknologi Akuakultur Berkelanjutan*. 4(2):55–63.
- Widodo, H., Patria, M. 2009. *Pola aktivitas makan ikan lele sangkuriang*. Depok (ID): Universitas Indonesia Press.

- Wijaya, D., Kurniawan, S., Aryanto, D. 2023. Market impact of morphological abnormalities on catfish (*C. gariepinus*) production in smallholder farms. *Jurnal Produksi Akuakultur Indonesia*. 17(3):200–209.
- Wijaya, R., Saputra, M., Fatoni, S., Perdana, F.A., Ristiadi, B., Wahyuni, F., *et al.* 2024. Reproductive physiology and external biomarkers in male catfish cultured in BFT system. *Aquaculture and Applied Biology*. 12(2):90–102.
- Wijaya, A., Susanto, D., & Lumenta, C. (2024). Marine-derived bioactive compounds as sustainable alternatives to synthetic hormones in aquaculture. *Aquaculture International*, 32, 567–583.
- Yu, Y., Chen, M., Qi, P.P., Chang, L.Y., Wang, T., Hu, C.H., Lu, Z.Y., Fan, Q.X., Shen, Z.G. 2021. High temperature-induced masculinization in yellow catfish (*Tachysurus fulvidraco*): a potential approach for environmentally friendly mono-sex production. *Aquaculture*. 534:736263.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736263>
- Zhang, Q., Li, Z., Wang, X. 2022. Genetic selection for deformity resistance in aquaculture fish: current status and future prospects. *Aquaculture Genetics*. 7(2):115–124.
- Zhao, Y., Li, X., & Chen, J. (2021). Cardiorespiratory responses and aerial respiration in air-breathing catfish exposed to hypoxic stress. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47(5), 1543–1555.