



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS RIAU
PASCASARJANA

Jalan Pattimura Nomor 9 Gedung A Pekanbaru – 28131
Telepon / SMS / Whatsapp: +62-811-7676-199 Laman: www.pascasarjana.unri.ac.id
Sur.el: pascasarjana@unri.ac.id

KEPUTUSAN DIREKTUR
PASCASARJANA UNIVERSITAS RIAU

NOMOR 2703/UN19.5.1.2/KM/2023

TENTANG

PENETAPAN PENGUJI UJIAN PROMOSI TERTUTUP MAHASISWA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS RIAU

DIREKTUR PASCASARJANA,

- Menimbang : a. bahwa untuk meningkatkan mutu lulusan mahasiswa Pascasarjana Universitas Riau;
- b. bahwa untuk menilai dan menguji kemampuan mahasiswa di bidang ilmu lingkungan Perlu diangkat penguji ujian promosi tertutup mahasiswa Program studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Riau yang ditetapkan dalam satu surat Keputusan Direktur;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4301);
2. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 157, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4586);
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5336);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5500);
5. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 51 Tahun 2015 tentang Tata Naskah Dinas di Lingkungan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 2082);
6. Peraturan Menteri Riset Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 54 tahun 2017 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Riau (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 1152);
7. Peraturan Menteri Riset Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 81 Tahun 2017 tentang Statuta

Universitas Riau (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 1860);

8. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 830/M/KPT.KP/2018 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Riau Periode Tahun 2018-2022;
9. Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Nomor 14436/D/T/K-N/2013 tentang Pendirian Prodi Doktor Ilmu Lingkungan);
10. Peraturan Rektor Universitas Riau Nomor 3 Tahun 2015 tentang Peraturan Akademik Universitas Riau;
11. Keputusan Rektor Universitas Riau Nomor 250/UN19/KP/2023 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur Pascasarjana Periode 2023-2027;

Memperhatikan : Surat Koordinator Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Nomor 223/UN19.5.1.2.2/PPs/IL/AK/2023 tanggal 12 Juni 2023 tentang Usulan Penetapan Penguji Ujian Promosi Tertutup;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : KEPUTUSAN DIREKTUR PASCASARJANA TENTANG PENETAPAN PENGUJI UJIAN PROMOSI TERTUTUP MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS RIAU.

KESATU : Nama-nama yang tercantum pada lampiran surat keputusan ini sebagai penguji ujian promosi tertutup mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Riau

KEDUA : Keputusan Direktur Pascasarjana ini berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Pekanbaru
Pada tanggal 23 Agustus 2023



DIREKTUR,

DEDI AFANDI

NIP. 197606292001121003

LAMPIRAN
 KEPUTUSAN DIREKTUR PASCASARJANA
 NOMOR 2703/UN19.5.1.2/KM/2023
 TANGGAL 23 AGUSTUS 2023
 TENTANG
 PENETAPAN PENGUJI UJIAN PROMOSI TERTUTUP
 MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU
 LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS RIAU

NO	NAMA	NIM	JUDUL DISERTASI	HARI/TANGGAL	WAKTU	PENANGGUNG JAWAB	TIM PENGUJI
1	Ramses	1910347150	Studi Bioekologi Siput Gonggong (<i>Laevistrombus canarium Linnaeus, 1758</i>) dan Pemanfaatan Ramah Lingkungan Di Kota Batam	Rabu/ 23 Agustus 2023	09.00 WIB - selesai	Wakil Direktur Bidang Akademik & Kemahasiswaan Dr. Yusmarini, S.Pt., MP	Prof. Dr. Ir. Thamrin, M.Sc Prof. Nofrizal, S.Pi., M.Si., Ph.D Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi., DEA Prof. Dr. Ir. Yusni Ikhwan Siregar, M.Sc Prof. Dr. Ir. Irwan Effendi, M.Sc Dr. Rozirwan S.Pi., M.Sc



DIREKTUR

DEBI AFANDI

NIP 197606292001121003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS RIAU
PASCASARJANA

Jalan Pattimura Nomor 9 Gedung A Pekanbaru – 28131
Telp / SMS / Whatsapp: +62-811-7676-199 Laman: www.pascasarjana.unri.ac.id
Sur.el: pascasarjana@unri.ac.id

Nomor : 1261/UN19.5.1.2/ KM/2023
Lampiran : Satu Berkas
Hal : Penguji Ujian Tertutup

7 Agustus 2023

Yth. Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc
Tim Penguji Ujian Tertutup
Mahasiswa Program Studi S-3 Ilmu Lingkungan
Pekanbaru

Bersama ini kami mengundang Bapak/Ibu untuk hadir dan bertindak sebagai Penguji Ujian Tertutup mahasiswa di bawah ini :

Nama : Ramses
Nomor Induk Mahasiswa : 1910347150
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Kekhususan : Ilmu Lingkungan
Judul disertasi : Studi Bioekologi Siput Gonggong (*Laevistrombus canarium Linnaeus, 1758*) dan Pemanfaatan Ramah Lingkungan di Kota Batam

Pada Hari, Tanggal : Rabu, 23 Agustus 2023
Pukul : 09.00 WIB - Selesai
Tempat : Ruang Ujian Disertasi Lt. 2 Gedung Program Pascasarjana UNRI
Jl. Pattimura No. 9 Gobah

Demikian disampaikan, atas kehadiran Bapak diucapkan terima kasih.



Wakil Direktur Bidang Akademik &
Kemahasiswaan

Dr. Yusmarini S.Pt., MP
NIP. 196909111999032001

Note:

Tim Penguji diminta berpakaian Kemeja Polos dan Berdasi
Bagi Penguji Wanita Menyesuaikan



STUDI BIOEKOLOGI SIPUT GONGGONG (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) DAN PEMANFAATAN RAMAH LINGKUNGAN DI KOTA BATAM

*Bioecological Study of Gonggong Snails (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) and Environmentally Friendly Utilization In Batam City*

**DRAFT DISERTASI
(PROMOSI)**

OLEH:

RAMSES

**PASCASARJANA
UNIVERSITAS RIAU
PEKANBARU
2023**

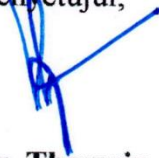
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : STUDI BIOEKOLOGI SIPUT GONGGONG
(*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) DAN
PEMANFAATAN RAMAH LINGKUNGAN DI
KOTA BATAM
Nama : RAMSES
Nomor Induk Mahasiswa : 1910347150
Program Pendidikan : DOKTOR
Program Studi : ILMU LINGKUNGAN
Kekhususan : ILMU LINGKUNGAN

Disertasi ini telah dipertahankan, disahkan dan disetujui oleh komisi penguji sidang akademik Universitas Riau pada hari Jumat, tanggal 8 September 2023 serta telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan Predikat Yudisium **Sangat Memuaskan**.

Pekanbaru, September 2023

Menyetujui,


Prof. Dr. Ir. Thamrin, M.Sc
Promotor


Prof. Nofrizal, S.Pi., M.Si., Ph.D
Ko-Promotor I


Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi., DEA
Ko-Promotor II

Mengetahui,

Direktur Pascasarjana
Universitas Riau


**Prof. Dr. dr. Dedi Afandi, DFM., SpFM.,
Subsp. EM(K), MM., MARS., MH**
NIP. 197606292001121003



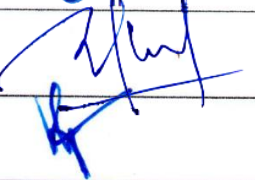


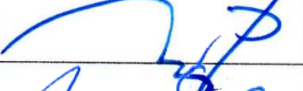
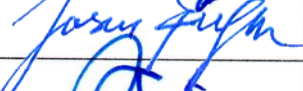


Koordinator Program Doktor (S3)
Program Studi Ilmu Lingkungan


Dr. Ir. Eriyeldi, M.Si
NIP. 196611181991031001

HALAMAN PENGESAHAN KOMISI SIDANG AKADEMIK

Judul Disertasi : STUDI BIOEKOLOGI SIPUT GONGGONG
(*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) DAN
PEMANFAATAN RAMAH LINGKUNGAN DI
KOTA BATAM

Nama : RAMSES
NIM : 1910347150
Program Pendidikan : DOKTOR
Program Studi : ILMU LINGKUNGAN
Kekhususan : ILMU LINGKUNGAN

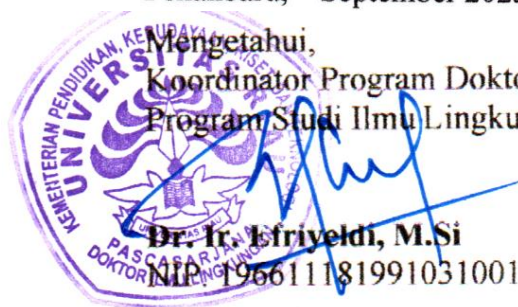
NO	NAMA PENGUJI	JABATAN	TANDA TANGAN
1	Prof. Dr. dr. Dedi Afandi, DFM., SpFM, Subsp., EM(K), MM., MARS., MH	Ketua Sidang	
2	Dr. Yusmarini, S.Pt., MP	Sekretaris	
3	Dr. Ir. Efriyeldi, M.Si	Penguji	
4	Prof. Dr. Ir. Thamrin, M.Sc	Penguji	
5	Prof. Nofrizal, S.Pi., M.Si., Ph.D	Penguji	
6	Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi., DEA	Penguji	
7	Prof. Dr. Ir. Yusni Ikhwan Siregar, M.Sc	Penguji	
8	Prof. Dr. Ir. Irwan Effendi, M.Sc	Penguji	
9	Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc	Penguji	

Pekanbaru, September 2023

Mengetahui,
Koordinator Program Doktor (S3)
Program Studi Ilmu Lingkungan


Dr. Ir. Efriyeldi, M.Si

NIP. 196611181991031001



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, Disertasi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Doktor baik di Universitas Riau maupun Perguruan Tinggi Lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Pekanbaru, Agustus 2023
Yang membuat pernyataan

Materai

RAMSES

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan di Batubersurat, Kabupaten Kampar, Propinsi Riau pada tanggal 09 April 1973, anak kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Alm. H. Nazaruddin Abnan, BA dan Ibu Syamsiar Kas. Menikah dengan Delviana Gloria Dewa Tari, S.Pi dan dikaruniai dua orang anak: Raisa Faiza Shahira, dan Tuah Shahjahan Arzu.

Penulis menamatkan Sekolah Dasar tahun 1986 di SDN 011 Bangkinang, Sekolah Menengah Pertama tahun 1989 di SMP 2 Bangkinang dan Sekolah Menengah Umum Tingkat Atas (SMA) tahun 1992 di SMA Negeri Air Tiris, Kabupaten Kampar. Pada Tahun yang sama 1992 penulis diterima sebagai Mahasiswa Strata 1 (S1) di Universitas Riau, pada Fakultas Perikanan, Program Studi Budidaya Perairan dan lulus tahun 1998. Pendidikan S2 di Pascasarjana Universitas Andalas pada Program Studi Ilmu Lingkungan diselesaikan pada tahun 2005. Saat ini telah menyelesaikan program doktor S3 Program Studi Ilmu Lingkungan di Pascasarjana Universitas Riau.

Setelah menamatkan kuliah S1, dengan beberapa teman alumni Fakultas Perikanan Universitas Riau, Penulis mendirikan Yayasan Laksana Samudera, sebuah LSM/NGO yang berfokus pada isu-isu lingkungan dan penguatan/pemberdayaan masyarakat, terutama pada lingkungan pesisir dan laut. Aktif sebagai pengurus Yayasan Laksana Samudera tahun 1999-2008. Pada akhir tahun 2011 mulai bekerja sebagai Dosen pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau Kepulauan, di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau.

RINGKASAN

Nama : Ramses
Judul : Studi Bioekologi Siput Gonggong (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) dan Pemanfaatan Ramah Lingkungan di Kota Batam
Jumlah Halaman : Halaman permulaan 26, halaman isi 214, tabel 64, gambar 73, lampiran 10

Latar Belakang dan Tujuan: Potensi sumberdaya perikanan laut Indonesia yang sangat besar selayaknya dapat memberikan manfaat yang maksimal secara berkelanjutan bagi masyarakat dan negara, bila dikelola dengan baik dan bertanggungjawab. Pentingnya biota moluska bagi kehidupan manusia sudah dimulai sejak masa lampau. Salah satu biota laut moluska dari kelompok gastropoda yang menarik untuk dikaji adalah siput gonggong (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758). Siput gonggong merupakan sumberdaya perikanan yang bernilai ekonomis dan berpotensi menjadi komoditas perikanan unggulan di Propinsi Kepulauan Riau khususnya di Kota Batam. Sementara pasokan siput gonggong semata-mata masih bergantung pada penangkapan di alam. Selain itu, tekanan terhadap lingkungan dan habitat siput gonggong semakin meningkat akibat aktivitas antropogenik. Dampak antropogenik terhadap pencemaran lingkungan dapat menyebabkan bahaya kehidupan laut dan risiko kesehatan bagi manusia, terutama karena konsentrasi tinggi logam berat pada sumber makanan laut yang berharga (Youssef *et al.*, 2017). Beberapa logam berat yang sering mencemari air adalah merkuri, Cu, Pb, Zn, Sn, dan As (Ashraf *et al.*, 2012), termasuk juga logam Cd (Sarong *et al.*, 2013). Akumulasi Pb dan Cu tertinggi oleh siput gonggong *Strombus canarium* dan Cd dan Zn tertinggi oleh kerang darah *Anadara sp.* (Arifin, 2011). Secara ekologis, setiap spesies memiliki relung ekologi yang khas. Meskipun secara umum perairan berlumpur dan bervegetasi lamun banyak disebut sebagai habitat utama siput gonggong, namun juga banyak ditemukan pada perairan berpasir. Dalam studi ilmiah yang melibatkan takson, penting untuk memiliki identifikasi yang akurat dan benar dari takson tersebut (Fontanilla *et al.*, 2014). Pemanfaatan siput gonggong yang ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah upaya memadukan tujuan sosial, ekonomi dan ekologi. Pengelolaan sumberdaya perikanan berkelanjutan dikembangkan karena kecemasan akan makin merosotnya kemampuan lingkungan perairan untuk menyangga ketersediaan siput gonggong di alam dan keterjaminan ketersediaan dari waktu ke waktu. Meskipun sumberdaya siput gonggong dapat diperbaharui, bukan berarti sumberdaya perikanan ini dapat dimanfaatkan tanpa batas. Dilain sisi, pesatnya pembangunan dan perkembangan industri di Kota Batam, secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dampak yang serius terhadap kualitas lingkungan. Adapun tujuan penelitian ini adalah: 1) Mengidentifikasi spesies siput gonggong yang ada di perairan Kota Batam melalui taksonomi molekuler (DNA *barcoding*). 2) Menganalisis keterkaitan perubahan lingkungan terhadap aspek bioekologi siput gonggong di perairan Kota Batam. 3) Menganalisis status keberlanjutan sumberdaya siput gonggong berdasarkan

dimensi ekologi, ekonomi, sosial, dan teknologi serta hukum dan kelembagaan. 4) Menguji faktor-faktor pengungkit apa saja yang berpengaruh terhadap menciptakan keberlanjutan sumberdaya perikanan siput gonggong di perairan Kota Batam. 5) Menyusun skenario model pemanfaatan ramah lingkungan dan berkelanjutan perikanan siput gonggong di Kota Batam. **Materi dan Metode:** Pengukuran dan pengambilan sampel lapangan dilakukan di perairan sentra penangkapan siput gonggong di perairan Kota Batam. Lokasi penelitian meliputi perairan Pulau Terong, Jaloh, Pecong, Temoyong, Panjang, Pengapit dan Sembur. Peparasi sampel untuk analisis logam berat dilakukan di laboratorium ekologi hewan Universitas Riau Kepulauan, Kota Batam. Pengujian sampel air (nitrat dan phospat) dan logam berat dilakukan di Laboratorium Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang. Untuk kegiatan ekstraksi dan PCR (*Polymerase Chain Reaction*) sampel genom dilakukan di laboratorium Oceanogen Environmental Biotechnology Laboklinikum, Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor. Produk PCR berupa DNA dipindahkan dalam plate PCR dan dikirim ke First Base Malaysia. Penentuan logam berat Pb, Zn, Cu, Cd, Fe dan Cr dilakukan dengan menggunakan AAS Shimadzu AA-7000. Untuk mengetahui batasan konsumsi ikan yang telah terkontaminasi oleh logam berat untuk mencegah efek negatif bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya dihitung dengan menggunakan rumus (EPA, 2000). Analisis Komponen Utama (PCA) digunakan untuk menganalisa keterkaitan parameter biofisik-kimia lingkungan terhadap biota siput gonggong dari masing-masing stasiun. Status keberlanjutan pengelolaan biota gonggong dianalisis dengan analisa MDS terhadap lima dimensi keberlanjutan, yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, dan teknologi serta hukum dan kelembagaan dengan indikator-indikator pada dimensi tersebut dikombinasi dari hasil-hasil penelitian terdahulu, studi pustaka dan pengamatan di lapangan. Pada penelitian ini hasil modifikasi program Rappfish kemudian dinamakan *Rapid Appraisal Management for Sustainable Environment of Seasnail* (RAMSES) sebagai bentuk model status keberlanjutan yang telah dikembangkan untuk keberlanjutan pengelolaan siput gonggong di perairan Kota Batam. **Hasil dan Pembahasan:** Secara ekologis, setiap spesies memiliki relung ekologi yang khas. Meskipun secara umum perairan berlumpur dan bervegetasi lamun banyak disebut sebagai habitat utama siput gonggong. Hasil analisis bioinformatika dengan teknik DNA *Barcoding* sekuens menunjukkan hasil identifikasi spesies yaitu *Laevistrombus canarium* Linnaeus 1758 untuk spesiemen gonggong pasir (BTMP1, BTMP2), dan spesiemen gonggong lumpur (BTML1, dan BTML2). Kepadatan rata-rata siput gonggong *L. canarium* adalah 2.55 ind/m². Berdasarkan hasil pengukuran indeks sebaran morisita diketahui bahwa pola sebaran *L. canarium* bersifat tidak acak dan mengelompok. Dari pengamatan terhadap 2681 individu yang diperiksa, ukuran cangkang siput gonggong berkisar antara 51.04-60.30 mm dengan ukuran terkeci 35.00 mm dan terbesar 80.00 mm. Pola pertumbuhan *L. canarium* secara keseluruhan berada pada kategori alometrik negatif kecuali pada gonggong betina dan gabungan di Pulau Terong (alometrik positif). Nisbah kelamin *L. canarium* dari total 2681 individu yang diperiksa, jantan berjumlah 1293 individu, dan betina berjumlah 1388 individu dan dinyatakan populasi jantan dan betina seimbang. Spesies lamun yang ditemukan lokasi penelitian yaitu *Enhalus acoroides* (Linnaeus f.) Royle, *Halophila ovalis* (R.Brown) J. D. Hooker, dan *Halodule pinifolia*

(Miki) den Hartog. Dari semua stasiun dan transek kuadrat yang dilakukan dicatat 2.630 tegakan/tunas lamun, dengan rata-rata kepadatan semua jenis yang ditemukan sebanyak 11-12 tunas/m². Kisaran rata-rata persentase penutupan lamun di semua stasiun penelitian adalah 23.86±9.94% – 30.11±11.84%. Secara keseluruhan rata-rata nilai penutupan lamun sebesar 27.60±2.17%. Berdasarkan kategori penutupan lamun dan kriteria status kondisi lamun secara keseluruhan berada dalam kategori penutupan sedang dan status kondisi miskin. Terdapat 4 kategori faksi sedimen di semua lokasi penelitian yaitu lempung, lempung debu, lempung liat berpasir, dan lempung berpasir. Berdasarkan hubungan panjang berat pada masing-masing fraksi sedimen, menunjukkan bahwa pertumbuhan *L. canarium* pada substrat dengan fraksi sedimen lempung dan lempung berdebu memiliki morfometrik lebih besar, serta memiliki korelasi yang sangat erat antara pertumbuhan panjang dan berat. Parameter kualitas perairan suhu, kecerahan, salinitas, pH, DO nitrat dan fosfat secara keseluruhan untuk semua lokasi penelitian tergolong memenuhi baku mutu, tercemar ringan hingga tercemar berat. Kandungan logam Pb dan Cr menunjukkan kontribusi mencemari dalam kriteria berat di semua lokasi penelitian dengan nilai IP>10. Dari hasil analisis indeks pencemaran ini diketahui bahwa status mutu air di masing-masing lokasi penelitian dalam kondisi tercemar sedang yang ditunjukkan dengan nilai IP yang berada pada rentang 5-10. Kandungan nitrat, logam Cr, Fe dan Zn lebih tinggi di sedimen daripada di badan air, sedangkan kandungan logam Pb lebih tinggi di badan air daripada di sedimen. Kandungan logam berat pada *L. canarium* tercatat sangat bervariasi pada masing-masing lokasi. Besaran kandungan logam yang ditemukan pada *L. canarium* telah mengkhawatirkan untuk keamanan konsumsi bagi konsumen. Untuk orang dewasa dengan berat badan rata-rata 60 kg, berat maksimal asupan *L. canarium* dari perairan Batam per minggu untuk masing-masing logam yang diukur sebesar 272,2 kg untuk kandungan Zn, 118,04 kg untuk kandungan Cu, 63,84 kg untuk kandungan Fe, 28 kg untuk kandungan Cd, 5,36 kg untuk kandungan Pb dan 0,85 untuk kandungan Cr. Konsentrasi logam menurut urutan adalah Pb dan Cd air>sedimen>biota, Cu dan Zn biota>sedimen>air, Cr dan Fe sedimen>biota>air. Siput laut *L. canarium* mengakumulasi logam Pb dan Cd lebih besar dari sedimen dibandingkan air, sedangkan logam Cu, Cr, Zn dan Fe lebih besar dari air. Urutan bioakumulasi logam berat dari air oleh *L. canarium* di perairan Batam adalah logam Fe>Zn>Cu>Cr>Cd>Pb, sedangkan melalui sedimen logam Cu>Zn>Fe>Cr>Cd>Pb. Nilai rata-rata BCF pada penelitian ini menunjukkan kategori kontaminasi masing-masing logam berbeda. Mulai dari kategori kontaminasi rendah ($BCF_{b/as} < 1$) hingga kontaminasi sangat tinggi ($BCF_{b/a} > 6$). Dari hasil analisis PCA, mengkonfirmasi bahwa fraksi sedimen, suhu, DO, salinitas sangat menentukan kelimpahan dan pola sebaran siput *L. canarium*. Terdapat kemiripan yang signifikan dengan kategori kuat, dan menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan terhadap kesamaan kelimpahan dan pola sebaran *L. canarium* di perairan Kota Batam. Selanjutnya, keberadaan logam pada sedimen dan *L. canarium* dapat mempengaruhi morfometrik dimana logam Fe, Pb, Cu dan Zn pada siput *L. canarium* serta Fe dan Pb pada sedimen menjadi penentu utama. Disimpulkan adanya pengaruh kondisi lingkungan logam berat terhadap morfometrik dan nisbah kelamin *L. canarium* di perairan Kota Batam. Keberlanjutan pengelolaan *L. canarium* di perairan Batam Kepulauan Riau dari

dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi serta hukum dan kelembagaan memiliki status kurang berkelanjutan hingga cukup berkelanjutan. Jumlah faktor yang berpengaruh terhadap keberlanjutan sistem pengelolaan siput *L. canarium* di perairan Batam hasil analisis RAMSES sebanyak 15 faktor sensitif, terdiri dari dimensi ekologi (3 faktor), dimensi ekonomi (3 faktor), dimensi sosial (2 faktor) dan dimensi teknologi (4 faktor) serta dimensi hukum dan kelembagaan (3 faktor). Hasil analisis prospektif ditemukan tujuh atribut sensitif sebagai faktor kunci sistem pengelolaan berkelanjutan siput *L. canarium* di perairan Kota Batam. Perubahan kondisi dimasa depan terhadap faktor kunci pengelolaan siput gonggong di perairan Kota Batam dipaparkan dalam bentuk interaksi antara kepadatan biota/*population* (*p*), mata pencaharian alternatif non-perikanan/*livelihood* (*l*), penangkapan sebelum dewasa/*immature* (*im*), pendapatan sebagai nelayan gonggong/*income* (*in*), potensi konflik/*conflict* (*c*), waktu dan musim tangkap/*season* (*s*), dan kearifan lokal dan sistem nilai/*wisdom* (*w*), yang dapat digambarkan dalam hubungan fungsi: $PRamses = f(p,l,im,in,c,s,w)$. **Kesimpulan:** Uji DNA *barcoding* terhadap siput gonggong lumpur dan siput gonggong pasir di perairan Kota Batam menunjukkan adanya kesamaan genetik dan merupakan spesies *Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1785. Temuan penelitian menunjukkan adanya pengaruh kualitas lingkungan suhu, DO, salinitas, kecerahan, kedalaman, fraksi sedimen dan nutrisi terhadap kesamaan kelimpahan dan pola sebaran siput laut *L. canarium* di perairan Kota Batam. Temuan lain menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, dan Zn pada air, sedimen dan biota terhadap morfometrik dan nisbah kelamin *L. canarium*. Status keberlanjutan sumberdaya siput gonggong adalah kurang berkelanjutan pada dimensi ekologi, ekonomi, serta hukum dan kelembagaan. Sedangkan pada dimensi sosial dan teknologi adalah cukup berkelanjutan. Faktor-faktor sensitif yang berpengaruh terhadap upaya menciptakan keberlanjutan siput gonggong di perairan Kota Batam meliputi kepadatan biota, mata pencaharian alternatif non-perikanan, penangkapan sebelum dewasa, pendapatan sebagai nelayan gonggong, potensi konflik, waktu dan musim tangkap, serta kearifan lokal dan sistem nilai. Model pengelolaan siput gonggong berkelanjutan di perairan Batam merupakan interaksi antara faktor kunci kepadatan biota/*population* (*p*), mata pencaharian alternatif non-perikanan/*livelihood* (*l*), penangkapan sebelum dewasa/*immature* (*im*), pendapatan sebagai nelayan gonggong/*income* (*in*), potensi konflik/*conflict* (*c*), waktu dan musim tangkap/*season* (*s*), dan kearifan lokal dan sistem nilai/*wisdom* (*w*), yang dapat digambarkan dalam hubungan fungsi: $PRamses = f(p,l,im,in,c,s,w)$. Paradigma baru dalam pengelolaan siput gonggong berkelanjutan di perairan Kota Batam menekankan pada sasaran: i) biologi: peningkatan populasi biota; ii) sosial: meminimalisir konflik dan potensi konflik serta mengembangkan kearifan lokal dan sistem nilai dalam pengelolaan sumber daya perikanan, pengurangan ketergantungan penangkapan dan selektifitas terhadap ukuran tangkap dan waktu penangkapan; iii) ekonomi: pengembangan sumber-sumber mata pencaharian alternatif di komunitas. Paradigma tersebut dilakukan dengan strategi pengembangan: i) kawasan pengelolaan, ii) keragaman mata pencaharian alternatif; dan iii) pengaturan lokal dalam pengelolaan sumber daya perikanan siput gonggong.

Daftar Pustaka: 185 sitasi (dari tahun 1959 sampai tahun 2021)

SUMMARY

Name : Ramses
Title : Bioecological Study of the Gonggong Snail (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) and Environmentally Friendly Utilization in Batam
Pages : Introductions 26, contents 214, table 64, pictures 73, attachment 10

Background and Objectives: The enormous potential of Indonesia's marine fisheries resources should be able to provide maximum benefits in a sustainable manner for the community and the country, if managed properly and responsibly. The importance of mollusk biota for human life has started since ancient times. One of the mollusk marine biota from the gastropod group that is interesting to study is the barking snail (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758). Gonggong Snail is a fishery resource that has economic value and has the potential to become a leading fishery commodity in the Riau Archipelago Province, especially in Batam City. Meanwhile, the supply of Gonggong snails still depends solely on catching in nature. In addition, the pressure on the environment and the habitat of the Gonggong snail is increasing due to anthropogenic activities. Anthropogenic impacts on environmental pollution can cause harm to marine life and health risks to humans, especially due to high concentrations of heavy metals in valuable seafood sources (Youssef et al., 2017). Several heavy metals that often contaminate water are mercury, Cu, Pb, Zn, Sn, and As (Ashraf et al., 2012), including Cd metal (Sarong et al., 2013). The highest accumulation of Pb and Cu by the snail Gonggong *Strombus canarium* and the highest Cd and Zn by the blood clam *Anadara* sp. (Arifin, 2011). Ecologically, each species has a unique ecological niche. Although in general muddy waters and seagrass vegetation are often referred to as the main habitat for the Gonggong snail, many are also found in sandy waters. In scientific studies involving a taxon, it is important to have an accurate and correct identification of the taxon (Fontanilla et al., 2014). The use of environmentally friendly and sustainable Gonggong snails is an effort to combine social, economic and ecological goals. Sustainable fisheries resource management was developed because of concerns about the declining ability of the aquatic environment to support the availability of Gonggong snails in nature and the assurance of their availability from time to time. Even though the Gonggong snail resource can be renewed, it does not mean that this fishery resource can be used without limit. On the other hand, the rapid growth and development of industry in Batam City, directly or indirectly, has had a serious impact on environmental quality. The objectives of this research are: 1) To identify the species of Gonggong snails in the waters of Batam City through molecular taxonomy (DNA barcoding). 2) Analyzing the linkages of environmental changes to the bioecological aspects of the Gonggong snail in Batam City waters. 3) Analyze the sustainability status of the Gonggong snail resources based on ecological, economic, social, and technological as well as legal and institutional dimensions. 4) Examine what leverage factors influence creating sustainable Gonggong snail fishery resources in the waters of Batam City. 5) Develop scenarios for environmentally friendly and sustainable use of the Gonggong snail fishery in Batam City. **Material and Methods:** Field measurements and sampling were carried out in the waters of the Gonggong snail fishing center in the waters of

Batam City. The research locations include the waters of Terong, Jaloh, Pecong, Temoyong, Panjang, Pengapit and Sembur Islands. Sample preparation for heavy metal analysis was carried out at the animal ecology laboratory at the Riau Kepulauan of University, Batam City. Testing of water samples (nitrates and phosphates) and heavy metals was carried out at the Marine and Fisheries Laboratory, Raja Ali Haji Maritime University, Tanjungpinang. For extraction and PCR (Polymerase Chain Reaction) activities, genome samples were carried out at the Oceanogen Environmental Biotechnology Laboratory, Bogor Agricultural University (IPB), Bogor. The PCR product in the form of DNA was transferred to the PCR plate and sent to First Base Malaysia. Determination of heavy metals Pb, Zn, Cu, Cd, Fe and Cr was carried out using AAS Shimadzu AA-7000. To determine the limit of consumption of fish that has been contaminated by heavy metals to prevent negative effects on the health of humans who consume them is calculated using the formula (EPA, 2000). Principal Component Analysis (PCA) was used to analyze the relationship between environmental biophysical-chemical parameters to the Gonggong snail biota from each station. The sustainability status of the management of the Gonggong biota was analyzed by MDS analysis of the five dimensions of sustainability, namely ecological, economic, social, and technological as well as legal and institutional dimensions with indicators on these dimensions combined from the results of previous research, literature studies and observations in the field. In this study, the results of the modification of the Rapfish program were then called Rapid Appraisal Management for Sustainable Environment of Seasnails (RAMSES) as a form of a sustainability status model that had been developed for the sustainable management of Gonggong snails in Batam City waters. **Results and Discussion:** Ecologically, each species has a unique ecological niche. Although in general the waters are muddy and covered with seagrass vegetation, many are referred to as the main habitat for the Gonggong snails. The results of bioinformatics analysis using DNA sequence Barcoding technique showed the results of species identification, namely *Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758 for sand gonggong specimens (BTMP1, BTMP2), and mud gonggong specimens (BTML1 and BTML2). The average density of Gonggong *L. canarium* snails is 2.55 ind/m². Based on the results of measuring the morphic distribution index, it is known that the distribution pattern of *L. canarium* is not random and is clustered. From observations of the 2681 individuals examined, the shell size of the Gonggong snail ranged from 51.04-60.30 mm with the smallest size being 35.00 mm and the largest being 80.00 mm. The overall growth pattern of *L. canarium* was in the negative allometric category except for the female Gonggong and the combination on Terong Island (positive allometric). The sex ratio of *L. canarium* from a total of 2681 individuals examined, males totaled 1293 individuals and females totaled 1388 individuals and it was stated that the male and female populations were balanced. The seagrass species found at the study site were *Enhalus acoroides* (Linnaeus f.) Royle, *Halophila ovalis* (R.Brown) J. D. Hooker, and *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog. From all the stations and quadratic transects carried out, 2,630 seagrass shoots/shoots were recorded, with an average density of all species found of 11-12 shoots/m². The average percentage of seagrass cover at all research stations was 23.86 ± 9.94% – 30.11 ± 11.84%. Overall, the average seagrass cover value is 27.60 ± .217%.

Based on the category of seagrass closure and the criteria for the status of seagrass conditions, overall it is in the category of moderate closure and poor condition status. There are 4 categories of sedimentary fractions in all study locations, namely clay, silt clay, sandy loam, and sandy loam. Based on the relationship between the length and weight of each sediment fraction, it shows that the growth of *L. canarium* on substrates with clay and dusty clay fractions has greater morphometrics, and has a very close correlation between growth in length and weight. Water quality parameters temperature, brightness, salinity, pH, DO nitrate and phosphate as a whole for all research locations are classified as meeting quality standards, lightly polluted to heavily polluted. The content of Pb and Cr metals showed a contaminating contribution in the criteria for weight in all study locations with an IP value > 10. From the results of this pollution index analysis it is known that the status of water quality in each research location is in moderately polluted conditions as indicated by IP values in the range of 5-10. Nitrate, Cr, Fe and Zn content were higher in sediments than in water bodies, while Pb content was higher in water bodies than in sediments. The content of heavy metals in *L. canarium* varies greatly at each location. The amount of metal content found in *L. canarium* has been a concern for the safety of consumption for consumers. For adults with an average body weight of 60 kg, the maximum intake weight of *L. canarium* from Batam waters per week for each metal measured was 272.2 kg for Zn content, 118.04 kg for Cu content, 63.84 kg for Fe content, 28 kg for Cd content, 5.36 kg for Pb content and 0.85 for Cr content. The metal concentrations according to the order are Pb and Cd of water>sediments>biota, Cu and Zn of biota>sediments>water, Cr and Fe of sediment>biota>water. The sea slug *L. canarium* accumulated Pb and Cd metals more from sediment than from water, while Cu, Cr, Zn and Fe metals were greater from water. The order of bioaccumulation of heavy metals from water by *L. canarium* in Batam waters is Fe>Zn>Cu>Cr>Cd>Pb, while through sediments Cu>Zn>Fe>Cr>Cd>Pb. The average value of BCF in this study indicates a different contamination category for each metal. Starting from the category of low contamination (BCF_{b/a}<1) to very high contamination (BCF_{b/a}> 6). From the results of PCA analysis, it was confirmed that the sediment fraction, temperature, DO, and salinity greatly determine the abundance and distribution patterns of *L. canarium* snails. There is a significant similarity with the strong category, and indicates the influence of environmental conditions on the similarity in the abundance and distribution patterns of *L. canarium* in Batam City waters. Furthermore, the presence of metals in sediments and *L. canarium* can affect morphometrics where Fe, Pb, Cu and Zn metals in *L. canarium* snails and Fe and Pb in sediments are the main determinants. It was concluded that there was an influence of heavy metal environmental conditions on the morphomeric and sex ratio of *L. canarium* in Batam City waters. The sustainability of the management of *L. canarium* in the waters of the Riau Archipelago from the ecological, economic, social, technological as well as legal and institutional dimensions has a status of less sustainable to quite sustainable. The number of factors that influence the sustainability of the *L. canarium* snail management system in Batam waters as a result of RAMSES analysis is 15 sensitive factors, consisting of ecological dimensions (3 factors), economic dimensions (3 factors), social dimensions (2 factors) and technological dimensions (4 factors) as well as legal and institutional dimensions (3 factors). The results of the prospective analysis

found seven sensitive attributes as key factors for the sustainable management system of *L. canarium* snails in the waters of Batam City. Changes in future conditions for the key factors for managing Gonggong snails in the waters of Batam City are presented in the form of interactions between biota/population density (p), alternative non-fishery livelihoods/livelihood (l), capture before adulthood/immature (im), income as Gonggong fishermen/income (in), conflict potential/conflict (c), time and fishing season/season (s), and local wisdom and value system/wisdom (w), which can be described in a functional relationship: $PRamses = f(p, l, im, in, c, s, w)$. **Conclusion:** DNA barcoding tests on the mud gonggong snails and sand gonggong snails in the waters of Batam City showed a genetic similarity and were species of *Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1785. The research findings showed that there was an effect of environmental quality on temperature, DO, salinity, brightness, depth, sediment fraction and nutrients to the similarity of abundance and pattern of distribution of sea slugs *L. canarium* in the waters of Batam City. Other findings indicate the effect of concentrations of heavy metals Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, and Zn in water, sediment and biota on the morphomeric and sex ratio of *L. canarium*. The status of the sustainability of the barking snail resource is less sustainable in terms of ecological, economic, legal and institutional dimensions. While the social and technological dimensions are quite sustainable. Sensitive factors that influence efforts to create sustainable Gonggong snails in the waters of Batam City include biota density, alternative non-fishing livelihoods, fishing before adulthood, income as a Gonggong fisherman, potential conflict, time and fishing season, as well as local wisdom and value systems. The management model of sustainable Gonggong snails in Batam waters is an interaction between the key factors of biota/population density (p), alternative non-fishery livelihoods/livelihood (l), fishing before adulthood/immature (im), income as a Gonggong fisherman/income (in), conflict potential (c), time and season (s), and local wisdom and value system/wisdom (w), which can be described in terms of a function: $PRamses = f(p, l, im, in, c, s, w)$. The new paradigm in the sustainable management of Gonggong snails in the waters of Batam City emphasizes the following objectives: i) biology: increasing the biota population; ii) social: minimizing conflicts and potential conflicts as well as developing local wisdom and value systems in the management of fishery resources, reducing dependency on fishing and selectivity on catch size and fishing time; iii) economy: development of alternative livelihood sources in the community. This paradigm is carried out with development strategies: i) management areas, ii) diversity of alternative livelihoods; and iii) local arrangements in the management of the Gonggong snail fishery resources.

Reference: 185 (from 1959th – 2021th)

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi yang berjudul Studi Bioekologi Siput Gonggong (*Laevistrombus canarium* Linnaeus, 1758) dan Pemanfaatan Ramah Lingkungan di Kota Batam. Penyusunan disertasi ini merupakan salah satu syarat akademik guna memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Riau.

Pada kesempatan ini dengan segenap ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Indarti, SE., M.Si, selaku Rektor Universitas Riau.
2. Bapak Prof. Dr. dr. Dedi Afandi, DFM, SpFM, Subsp. EM(K), MM, MARS, MH, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Riau.
3. Bapak Dr. Ir. Efriyeldi, M.Si selaku Ketua Program Studi Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Thamrin, M.Sc selaku Promotor, Bapak Prof. Nofrizal, S.Pi, M.Si., Ph.D selaku Co Promotor I dan Bapak Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi, DEA selaku Co Promotor II yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dari awal hingga selesainya disertasi ini.
5. Kepada Penguji ahli, Prof. Dr. Ir. Yusni Ikhwan Siregar, M.Sc., MS., Prof. Dr. Ir. Irwan Effendi, M.Sc, Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc. yang telah memberikan saran dan masukan pada kemajuan progress untuk kesempurnaan penulisan Disertasi ini.
6. Staf dan karyawan Program Studi Ilmu Lingkungan dan Pascasarjana Universitas Riau, yang telah banyak melayani dan membantu proses administrasi selama Studi.

Terima kasih tak terhingga penulis ucapkan kepada Ibunda Syamsiar Kas dan doa semoga husnul khotimah senantiasa tercurah pada ayah Alm. H. Nazaruddin Abnan, BA. Istri tercinta Delviana Gloria Dewa Tari, S.Pi., dan kedua ananda Raisa Faiza Shahira dan Tuah Shahjahan Arzu yang selalu memberikan doa dan motivasi yang luar biasa. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan ini, dan mendapatkan ampunannya buat kita semua, amin.

Penulis berharap semoga disertasi ini memberikan ide dan cara baru yang bermanfaat bagi para pembaca dan peneliti berikutnya. Akhirnya, dengan kerendahan hati penulis sampaikan bahwa disertasi ini masih banyak kekurangan dan kelemahannya, oleh sebab itu kritikan dan saran yang membangun senantiasa diharapkan demi kesempurnaan penulisan disertasi ini.

Pekanbaru, September 2023

Penulis,

RAMSES

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PRA PROMOSI	i
HALAMAN PERBAIKAN HASIL	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxvi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masala	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	9
2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Bioekologi Siput Gonggong	10
2.1.1 Taksonomi dan Morfologi	10
2.1.2 Habitat dan Faktor Lingkungan Perairan	13
2.1.3 Siklus Hidup dan Seksualitas	14
2.1.4 Pemanfaatan	16
2.2 Logam Berat dan Pencemaran Perairan	16
2.3 Identifikasi Molekuler DNA <i>Barcoding</i>	20
2.4 Sustainable Development Goals (SDGs) dan Ekonomi Biru Indonesia	22
2.5 Keberlanjutan Pengelolaan Perikanan Siput Gonggong	24
2.6 Alur Penelitian	28
2.7 Hasil Penelitian Terdahulu	29
3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Metode dan Pendekatan	32
3.2 Waktu dan Tempat	32
3.3 Jenis dan Sumber Data	33

3.4	Teknik Pengumpulan Data	34
3.4.1	Identifikasi Siput Gonggong	34
3.4.2	Pengukuran Morfometrik Siput Gonggong	35
3.4.3	Pengukuran Kualitas Air	35
3.4.4	Pengukuran Vegetasi Lamun.....	36
3.4.5	Pengambilan dan Preparasi Sampel Logam Berat.....	37
3.4.6	Keberlanjutan Sumberdaya Siput Gonggong	38
3.5	Analisis Data	45
3.5.1	Analisis Molekuler DNA <i>Barcoding</i>	45
3.5.2	Bioekologi Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	46
3.5.3	Penentuan Konsentrasi Logam Berat.....	52
3.5.4	Analisis Faktor Biokonsentrasi.....	53
3.5.5	Batas Maksimum Konsumsi Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	53
3.5.6	Analisis Keterkaitan Kualitas Lingkungan terhadap Bioekologi Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	54
3.5.7	Analisis Status Keberlanjutan Pengelolaan Siput Gonggong	54
3.5.8	Analisis Prospektif Partisipatif (PPA).....	57
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	64
4.1	Identifikasi Siput Gonggong <i>L. canarium</i> Asal Perairan Kota Batam.....	64
4.1.1	DNA <i>Barcoding</i> Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	64
4.1.2	Pohon Filogeni Siput Gonggong <i>L. Canarium</i>	67
4.2	Bioekologi Siput Gonggong <i>L. canarium</i> di Perairan Kota Batam.....	69
4.2.1	Kepadatan dan Pola Sebaran	69
4.2.2	Morfometrik.....	72
4.2.3	Frekuensi Panjang Berat	75
4.2.4	Hubungan Panjang Berat dan Pola Pertumbuhan.....	89
4.2.5	Nisbah Kelamin	106
4.2.6	Tutupan Lamun.....	108
4.2.7	Fraksi Sedimen	111
4.2.8	Hubungan Panjang Berat Berdasarkan Fraksi Sedimen	112
4.2.9	Kualitas Perairan dan Kandungan Logam Berat di Air	117
4.2.10	Kandungan Logam pada Sedimen.....	122
4.2.11	Kandungan Logam pada Biota	109
4.2.12	Nilai Konsumsi Maksimum per Minggu	127
4.2.13	Bioakumulasi Logam Berat pada Siput Gonggong	129
4.1.14	Variasi Konsentrasi Logam Berat pada Air, Substrat, dan Biota.....	131
4.3.	Keterkaitan Kualitas Lingkungan terhadap Bioekologi Siput Gonggong <i>L. canarium</i> di Perairan Kota Batam	133
4.3.1	Keterkaitan Kualitas Air dan Substrat terhadap Kelimpahan, Pola Sebaran Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	133

4.3.2	Keterkaitan Kandungan Logam Berat terhadap Morfometrik dan Nisbah Kelamin Siput Gonggong <i>L. canarium</i>	137
4.4	Kondisi Eksisting Pengelolaan Siput Gonggong <i>L. canarium</i> di Perairan Kota Batam	142
4.4.1	Kondisi Eksisting Dimensi Ekologi	142
4.4.2	Kondisi Eksisting Dimensi Ekonomi	148
4.4.3	Kondisi Eksisting Dimensi Sosial	148
4.4.4	Kondisi Eksisting Dimensi Teknologi.....	151
4.4.5	Kondisi Eksisting Dimensi Hukum dan Kelembagaan	153
4.5	Nilai Indeks dan Status Keberlanjutan Pengelolaan Siput Gonggong <i>L. canarium</i> di Perairan Kota Batam	155
4.5.1	Indeks dan Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi	155
4.5.2	Indeks dan Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi	160
4.5.3	Indeks dan Status Keberlanjutan Dimensi Sosial	164
4.5.4	Indeks dan Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi ..	167
4.5.5	Indeks dan Status Keberlanjutan Dimensi Hukum dan Kelembagaan	170
4.5.6	Indeks dan Status Keberlanjutan Multidimensi	173
4.5.7	Nilai Stress dan Koefisien Determinasi Multidimensi .	174
4.5.8	Pengaruh Galat	175
4.6	Faktor Penentu Keberlanjutan Pengelolaan Siput Gonggong di Perairan Batam	176
4.7	Model Pengelolaan	179
4.7.1	Skenario Pengelolaan	182
4.7.2	Rekomendasi Model Pengelolaan.....	189
4.7.3	Arahan Strategi dan Implementasi Program Pengelolaan.....	192
4.8	Kebaharuan (<i>Novelty</i>) Penelitian.....	195
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	198
5.1	Kesimpulan.....	198
5.2	Saran	199
	DAFTAR PUSTAKA	200
	LAMPIRAN.....	215

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Penilaian penutupan lamun dalam petak kuadrat 50 x 50 cm ²	37
Tabel 2.	Atribut-atribut dimensi ekologi dan skor keberlanjutan	39
Tabel 3.	Atribut-atribut dimensi ekonomi dan skor keberlanjutan	40
Tabel 4.	Atribut-atribut dimensi sosial dan skor keberlanjutan	41
Tabel 5.	Atribut-atribut dimensi teknologi dan skor keberlanjutan	43
Tabel 6.	Atribut-atribut dimensi hukum dan kelembagaan dan skor keberlanjutan	44
Tabel 7.	Kategori tutupan lamun.....	50
Tabel 8.	Jenis dan penciri spesies lamun.....	50
Tabel 9.	Nilai indeks multidimensi pengelolaan berkelanjutan	57
Tabel 10.	Pedoman penilaian prospektif pemanfaatan ramah lingkungan perikanan siput gonggong di Kota Batam.....	61
Tabel 11.	Pengaruh antar faktor dalam pemanfaatan siput gonggong ramah lingkungan dan berkelanjutan	62
Tabel 12.	Keadaan yang mungkin terjadi untuk pemanfaatan siput gonggong yang ramah lingkungan di Kota Batam.....	63
Tabel 13.	Hasil <i>Basic Local Alignment Search Tool</i> (BLAST) berdasarkan database <i>National Center for Biotechnology Information</i> (NCBI)	64
Tabel 14.	Kepadatan siput gonggong <i>L. canarium</i> pada lokasi penelitian....	70
Tabel 15.	Pola sebaran siput gonggong <i>L. canarium</i> di lokasi penelitian.....	72
Tabel 16.	Hasil pengukuran terhadap morfometrik siput gonggong <i>L.canarium</i> di lokasi penelitian.....	73
Tabel 17.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Terong	75
Tabel 18.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Jaloh	77
Tabel 19.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Pecong.....	79
Tabel 20.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Temoyong	81

Tabel 21.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Panjang.....	83
Tabel 22.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Pengapit.....	85
Tabel 23.	Frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di Pulau Sembur	87
Tabel 24.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Terong	91
Tabel 25.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Jaloh.....	93
Tabel 26.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pecong	96
Tabel 27.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Temoyong.....	98
Tabel 28.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Panjang	101
Tabel 29.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pengapit.....	103
Tabel 30.	Hasil perhitungan hubungan panjang bobot total siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Sembur.....	106
Tabel 31.	Hasil analisis nisbah kelamin siput gonggong <i>L. canarium</i> di lokasi penelitian.....	107
Tabel 32.	Penutupan dan dominasi jenis lamun di lokasi penelitian.....	109
Tabel 33.	Jumlah tegakan perjenis dan rata-rata kepadatan lamun di lokasi penelitian	110
Tabel 34.	Hasil analisis fraksi sedimen di lokasi penelitian.....	112
Tabel 35.	Hasil pengukuran parameter kualitas perairan di lokasi penelitian	118
Tabel 36.	Kandungan logam pada sedimen di lokasi penelitian	122
Tabel 37.	Kandungan logam pada biota siput gonggong <i>L. canarium</i> di lokasi penelitian.....	125
Tabel 38.	Berat maksimal asupan siput gonggong <i>L. canarium</i> yang aman dikonsumsi per minggu (untuk orang dewasa dengan berat badan rata-rata 60 kg).....	128

Tabel 39.	Rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cu, Cr, Zn dan Fe pada ir, sedimen dan biota.....	129
Tabel 40.	Bioakumulasi logam berat Pb, Cd, Cu, Cr, Zn dan Fe oleh siput laut gonggong <i>L. canarium</i> dari perairan Kota Batam.....	130
Tabel 41.	Analisis ANOVA variasi konsentrasi logam berat Pb, Zn, Cu, Cd, Cr dan Fe antar spesimen (air, substrat dan biota)	132
Tabel 42.	Uji lanjut perbandingan konsentrasi logam berat Pb, Cu, Cr, Zn dan Fe pada sampel yang berbeda (air, sedimen dan biota).....	132
Tabel 43.	<i>Eigenvalue</i> faktor hasil PCA hubungan variabel kualitas perairan dan substrat (fraksi sedimen) terhadap kelimpahan dan pola penyebaran siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Kota Batam	134
Tabel 44.	<i>Eigenvalue</i> faktor hasil PCA hubungan variabel kandungan logam berat terhadap morfometrik siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Kota Batam	138
Tabel 45.	Rentang nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	156
Tabel 46.	Rentang nilai indeks keberlanjutan dimensi ekonomi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	161
Tabel 47.	Rentang nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	165
Tabel 48.	Rentang nilai indeks keberlanjutan dimensi teknologi pengelolaan siput Gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	168
Tabel 49.	Rentang nilai indeks keberlanjutan dimensi hukum dan kelembagaan pengelolaan siput Gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	171
Tabel 50.	Nilai indeks keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Batam.....	173
Tabel 51.	Nilai Stress dan Koefisien Determinasi Multidimensi	174
Tabel 52.	Hasil Analisis Monte Carlo Multidimensi	175
Tabel 53.	Atribut multidimensi yang sensitif terhadap keberlanjutan sistem pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam dari hasil analisis MDS.....	177
Tabel 54.	Perubahan keadaan (<i>state</i>) faktor-faktor kunci dalam pengelolaan berkelanjutan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	180

Tabel 55.	Hasil analisis skenario strategi pengelolaan berkelanjutan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	182
Tabel 56.	Perubahan nilai skoring atribut yang berpengaruh pada Skenario I terhadap peningkatan status pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	183
Tabel 57.	Perubahan nilai indeks keberlanjutan Skenario I pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	184
Tabel 58.	Perubahan nilai skoring atribut yang berpengaruh pada Skenario II terhadap peningkatan status pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	185
Tabel 59.	Perubahan nilai indeks keberlanjutan Skenario II pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	186
Tabel 60.	Perubahan nilai skoring atribut yang berpengaruh pada Skenario III terhadap peningkatan status pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	187
Tabel 61.	Perubahan nilai indeks keberlanjutan Skenario III pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	188
Tabel 62.	Nilai indeks keberlanjutan kondisi eksisting dan Skenario I, II, III pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam...	189
Tabel 63.	Perubahan faktor-faktor kunci pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	191
Tabel 64.	Arahan strategi dan implementasi program pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> berkelanjutan di perairan Batam.....	193

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pohon filogenetik spesies strombus	11
Gambar 2.	Elemen proses penerapan RAPFISH ke data perikanan	25
Gambar 3.	Prosedur RAPFISH	26
Gambar 4.	Alur berpikir penelitian	28
Gambar 5.	Lokasi penelitian	32
Gambar 6.	Parameter pengukuran morfometrik siput gonggong	35
Gambar 7.	Teknik penempatan garis transek dan kuadran	36
Gambar 8.	Frame kuadran dan nilai tutupan	36
Gambar 9.	Segitiga Millar	52
Gambar 10.	Penentuan faktor pengungkit pemanfaatan ramah lingkungan sumberdaya perikanan siput gonggong	60
Gambar 11.	Hasil amplifikasi DNA (PCR) keempat sampel yang terbaca pada tahapan elektroforesis	65
Gambar 12.	Urutan basa nukleotida (DNA) yang terbaca pada keempat sampel setelah tahapan sekuensing DNA gonggong asal perairan Kota Batam.	65
Gambar 13.	Consensus DNA gonggong pasir (BTM-P1, dan BTM-P2) dan gonggong lumpur (BTM-L1 dan BTM-L2) asal perairan Kota Batam	66
Gambar 14.	Hasil BLAST (<i>Basic Local Alignment Search Tool</i>) dari keempat sampel pada NCBI	67
Gambar 15.	Rekonsktrusi pohon filogeni dengan membandingkan sampel dengan sekuens dari Genbank NCBI menggunakan pendekatan (A) <i>Neighbor-Joining</i> , (B) <i>Maximum Likelihood</i> dengan Bootsrap 1000x	68
Gambar 16	Kelamin jantan pada siput gonggong cangkang tebal dan cangkang tipis.	69
Gambar 17	Ukuran morfometrik siput gonggong <i>L. canarium</i>	74
Gambar 18	Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Terong	76
Gambar 19.	Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Jaloh	78

Gambar 20. Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Pecong.....	80
Gambar 21. Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Temoyong	82
Gambar 22. Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Panjang.....	84
Gambar 23. Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Pengapit.....	86
Gambar 24. Diagram frekuensi panjang dan berat siput gonggong <i>L.canarium</i> di perairan Pulau Sembur	88
Gambar 25. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Terong (gabungan jantan dan betina)	89
Gambar 26. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Terong (betina)	90
Gambar 27. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Terong (jantan)	90
Gambar 28. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Jaloh (gabungan jantan dan betina)	92
Gambar 29. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Jaloh (betina)	92
Gambar 30. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Jaloh (jantan)	93
Gambar 31. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pecong (gabungan jantan dan betina).....	94
Gambar 32. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pecong (betina).....	95
Gambar 33. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pecong (jantan).....	95
Gambar 34. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Temoyong (gabungan jantan dan betina)	97
Gambar 35. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Temoyong (betina)	97
Gambar 36. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Temoyong (jantan)	98

Gambar 37. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Panjang (gabungan jantan dan betina).....	99
Gambar 38. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Panjang (betina).....	100
Gambar 39. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Panjang (jantan).....	100
Gambar 40. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pengapit (gabungan jantan dan betina).....	102
Gambar 41. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Pengapit (betina).....	102
Gambar 42. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> jantan di perairan Pulau Pengapit (jantan).....	103
Gambar 43. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Sembur (gabungan jantan dan betina)	104
Gambar 44. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Pulau Sembur (betina)	105
Gambar 45. Hubungan panjang berat siput gonggong <i>L. canarium</i> jantan di perairan Pulau Sembur (jantan)	105
Gambar 46. Diagram nisbah kelamin siput gonggong <i>L. canarium</i> di lokasi penelitian.....	108
Gambar 47. Persen penutupan dan dominasi lamun pada masing-masing stasiun pengamatan.....	111
Gambar 48. Hubungan panjang berat siput gonggong Betina dan jantan pada habitat substrat lempung.....	113
Gambar 49. Hubungan panjang berat siput gonggong Betina dan jantan pada habitat substrat lempung debu.....	114
Gambar 50. Hubungan panjang berat siput gonggong Betina dan jantan pada habitat substrat lempung liat berpasir.....	115
Gambar 51. Hubungan panjang berat siput gonggong Betina dan jantan pada habitat substrat lempung berpasir.....	116
Gambar 52. Indeks pencemaran perairan berdasarkan parameter kualitas air; suhu, kecerahan, pH, DO, salinitas, nitrat dan phosphat di lokasi penelitian.	120
Gambar 53. Indeks pencemaran perairan berdasarkan kandungan logam Pb, Cd, Cu, Cr dan Zn di lokasi penelitian.	121

Gambar 54. Grafik perbandingan kandungan Nitrat, Phospat dan logam pada air dan sedimen di lokasi penelitian	124
Gambar 55. Grafik perbandingan kandungan logam pada sedimen dan biota siput gonggong <i>L. canarium</i> di lokasi penelitian.....	126
Gambar 56. Hubungan parameter kualitas air dan substrat terhadap kelimpahan dan pola sebaran siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam.....	135
Gambar 57. Dendogram indeks kesamaan dari hasil analisis klaster similaritas antara kelompok yang ditentukan oleh kelimpahan dan pola penyebaran siput laut gonggong <i>L. Cannarium</i> pada semua stasiun di perairan Kota Batam.....	136
Gambar 58. Hubungan parameter logam berat terhadap morfometrik dan nisbah kelamin siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Kota Batam	139
Gambar 59. Dendogram indeks kesamaan dari hasil analisis klaster similaritas antara kelompok yang ditentukan parameter logam berat terhadap morfometrik dan nisbah kelamin siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Kota Batam	141
Gambar 60. Indeks keberlanjutan dimensi ekologi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	156
Gambar 61. Peran atribut dimensi ekologi pada keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam menurut nilai RMS	157
Gambar 62. Indeks keberlanjutan dimensi ekonomi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	160
Gambar 63. Peran atribut dimensi ekonomi pada keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam menurut nilai RMS	162
Gambar 64. Indeks keberlanjutan dimensi sosial pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	165
Gambar 65. Peran atribut dimensi sosial pada keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam menurut nilai RMS	166
Gambar 66. Indeks keberlanjutan dimensi teknologi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	168
Gambar 67. Peran atribut dimensi teknologi pada keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam menurut nilai RMS.....	169

Gambar 68. Indeks keberlanjutan dimensi hukum dan kelembagaan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	170
Gambar 69. Peran atribut dimensi hukum dan kelembagaan pada keberlanjutan pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam menurut nilai RMS	172
Gambar 70. Diagram layang (<i>kite diagram</i>) keberlanjutan multidimensi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	173
Gambar 71. Tingkat kepentingan faktor-faktor sensitif hasil analisis RAMSES yang berpengaruh terhadap kinerja sistem yang dikaji	178
Gambar 72. Diagram layang (<i>kite diagram</i>) kondisi pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> di perairan Batam	190
Gambar 73. Model pengelolaan siput gonggong <i>L. canarium</i> berkelanjutan di perairan Batam.....	197

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Daftar titik koordinat lokasi penelitian.....	215
Lampiran 2.	Jumlah sampel siput gonggong yang dikumpulkan pada luas area petak contoh 150 m ²	216
Lampiran 3.	Hasil pengukuran panjang-berat sampel siput gonggong.....	217
Lampiran 4.	Hasil pengukuran kualitas air	219
Lampiran 5.	Hasil analisis logam berat.....	223
Lampiran 6.	Hasil analisis fraksi sedimen	227
Lampiran 7.	Data Analisis PCA.....	229
Lampiran 8.	Laporan hasil analisis laboratorium tentang DNA Barcoding .	232
Lampiran 9.	Skoring MDS atribut dimensi keberlanjutan pengelolaan siput gonggong Kota Batam	240
Lampiran 10.	Foto-foto lapangan.....	250