



KONTRIBUSI EKOSISTEM MANGROVE DAN LAMUN TERHADAP KESUBURAN DAN PRODUKTIVITAS PERAIRAN PESISIR

UMMU SALMA



**PROGRAM DOKTOR ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Kontribusi Ekosistem Mangrove dan Lamun terhadap Kesuburan dan Produktivitas Perairan Pesisir” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 4 Juni 2024

Ummu Salma
NIM C5601201006

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

UMMU SALMA. Kontribusi Ekosistem Mangrove dan Lamun terhadap Kesuburan dan Produktivitas Perairan Pesisir. Dibimbing oleh DIETRIECH GEOFFREY BENGEN, RASTINA, dan FERY KURNIAWAN.

Produktivitas perairan, yang didominasi oleh produksi bahan organik oleh fitoplankton, merupakan faktor penting dalam siklus karbon dan jaring-jaring makanan laut, sangat dipengaruhi oleh input nutrisi dari ekosistem mangrove dan lamun. Ekosistem mangrove dan lamun berperan vital dalam siklus nutrisi dengan mempengaruhi kesuburan perairan melalui proses produksi dan ekspor bahan organik, yang esensial untuk mendukung kehidupan plankton dan berdampak pada produktivitas perikanan. Pendekatan menggunakan pemodelan dinamik memungkinkan pemantauan efektif dan pemahaman terhadap kontribusi ekosistem ini terhadap dinamika nutrisi dan kesuburan perairan, terutama di wilayah Kepulauan Seribu. Penelitian ini berfokus pada karakteristik lingkungan dan ekosistem mangrove, struktur ekosistem lamun, serta dinamika dan konektivitas nitrogen di ekosistem mangrove, lamun, dan lamun-mangrove. Terdapat perbedaan signifikan antara pulau besar (BJBR Probolinggo) dan pulau kecil (Pulau Pramuka, Tidung Kecil) dalam hal jenis mangrove yang dominan, karakteristik sedimen, dan faktor fisik serta kimia yang memengaruhi pertumbuhan mangrove. Analisis diskriminan menyoroti perbedaan karakteristik ekosistem mangrove antar lokasi, dengan BJBR Probolinggo menunjukkan keragaman spesies dan kepadatan pohon yang lebih tinggi. Lingkungan di pulau kecil lebih dipengaruhi oleh faktor lokal seperti sedimen dan karakteristik fisika-kimia, sementara BJBR Probolinggo mendapatkan kontribusi bahan organik yang kaya nutrisi dari aliran sungai. Struktur ekosistem lamun di Pulau Pramuka dan Pulau Tidung Kecil menunjukkan perbedaan signifikan dalam kepadatan lamun antara dua pulau, dengan Pulau Pramuka memiliki kepadatan lebih tinggi dan variasi jenis lamun yang lebih besar. Model nutrisi, fitoplankton, dan klorofil-a mengeksplorasi dinamika dan konektivitas nitrogen di ekosistem mangrove, lamun, dan lamun-mangrove. Simulasi dilakukan selama dua tahun, dan hasilnya menunjukkan ekosistem lamun-mangrove menunjukkan kelimpahan fitoplankton tertinggi, diikuti oleh ekosistem lamun dan ekosistem mangrove. Hasil simulasi mengidentifikasi bahwa perubahan dalam nitrogen inorganik terlarut di air (DIN) memengaruhi secara langsung kelimpahan fitoplankton dan konsentrasi klorofil-a pada ekosistem lamun-mangrove. Secara keseluruhan penelitian ini memberikan gambaran tentang dinamika dan interaksi antara ekosistem mangrove, lamun, dan lamun-mangrove di Kepulauan Seribu. Temuan ini mendukung perlunya pemeliharaan ekosistem lamun-mangrove dan penerapan lebih lanjut penelitian untuk memahami lebih baik dinamika fitoplankton secara menyeluruh.

Kata kunci: fitoplankton, klorofil-a, nitrogen, nutrisi, model simulasi, interaksi biogeokimia



SUMMARY

UMMU SALMA. Mangrove and Seagrass Ecosystem Contribution to Coastal Water Productivity. Supervised by DIETRIECH GEOFFREY BENGEN, RASTINA, and FERY KURNIAWAN

The productivity of coastal waters, dominated by the production of organic matter by phytoplankton, is a crucial factor in the carbon cycle and marine food webs, significantly influenced by nutrient input from mangrove and seagrass ecosystems. Mangrove and seagrass ecosystems play a vital role in the nutrient cycle by affecting water productivity through the production and export of organic matter, essential for supporting plankton life and impacting fishery productivity. A dynamic modeling approach enables effective monitoring and understanding of these ecosystems' contributions to nutrient dynamics and water productivity, especially in the Seribu Islands region. This study focuses on the environmental characteristics and mangrove ecosystem, the structure of seagrass ecosystems, and the dynamics and connectivity of nitrogen in mangrove, seagrass, and mangrove-seagrass ecosystems. There are significant differences between large islands (BJBR Probolinggo) and small islands (Pramuka Island, Tidung Kecil Island) in terms of dominant mangrove species, sediment characteristics, and physical and chemical factors affecting mangrove growth. Discriminant analysis highlights the differences in mangrove ecosystem characteristics between locations, with BJBR Probolinggo showing higher species diversity and tree density. The environment on small islands is more influenced by local factors such as sediment and physico-chemical characteristics, while BJBR Probolinggo receives nutrient-rich organic matter contributions from river flow. The structure of the seagrass ecosystem on Pramuka Island and Tidung Kecil Island shows significant differences in seagrass density between the two islands, with Pramuka Island having higher density and greater seagrass species variation. Nutrient, phytoplankton, and chlorophyll-a models explore the dynamics and nitrogen connectivity in mangrove, seagrass, and mangrove-seagrass ecosystems. Simulations were conducted over two years, and the results show that the mangrove-seagrass ecosystem had the highest phytoplankton abundance, followed by the seagrass and mangrove ecosystems. The simulation results identified that changes in dissolved inorganic nitrogen (DIN) in the water directly affect phytoplankton abundance and chlorophyll-a concentration in the mangrove-seagrass ecosystem. Overall, this study provides an overview of the dynamics and interactions between mangrove, seagrass, and mangrove-seagrass ecosystems in the Seribu Islands. These findings support the need for the maintenance of mangrove-seagrass ecosystems and further research to better understand the overall dynamics of phytoplankton.

Keywords: phytoplankton, chlorophyll-a, nitrogen, nutrients, simulation model, biogeochemical interactions



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



KONTRIBUSI MANGROVE DAN LAMUN TERHADAP KESUBURAN PRODUKTIVITAS PERAIRAN PESISIR

UMMU SALMA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM DOKTOR ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Nyoman M. N. Natih, M.Si.
- 2 Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Nyoman M. N. Natih, M.Si.
- 2 Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

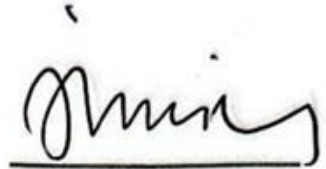
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Disertasi : Kontribusi Ekosistem Mangrove dan Lamun terhadap Kesuburan dan Produktivitas Perairan Pesisir

Nama : Ummu Salma
NIM : C5601201006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Dietriech G. Bengen, DEA



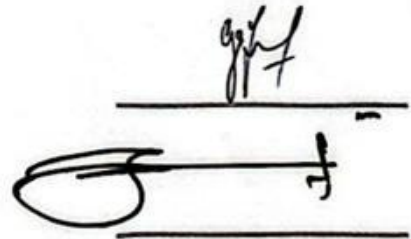
Pembimbing 2:
Dr. Rastina, ST., MT.



Pembimbing 3:
Dr. Fery Kurniawan, S.Kel, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Yuli Naullita, M.Si.
NIP 196607121991032003



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP 19630731 198803 1 002

Tanggal Ujian: 7 Mei 2024

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Allah pemilik alam semesta, berkat kemurahan dan kebaikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini yang berjudul Kontribusi Ekosistem Mangrove dan Lamun terhadap Kesuburan dan Produktivitas Perairan Pesisir disusun dalam rangka syarat disertasi pada Program Studi Ilmu Kelautan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB).

Penyusunan disertasi ini telah melibatkan banyak pihak terkait, dan tanpa bantuan mereka penyusunannya mengalami banyak hambatan. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Komisi pembimbing yaitu Prof. Dr. Ir. Dietrich Geoffrey Bengen, DEA (Ketua), Dr. Rastina, ST., MT (Anggota), dan Dr. Fery Kurniawan, S.Kel, M.Si. (Anggota) atas segala motivasi, bimbingan dan arahan selama studi dan pengerjaan disertasi;
2. Ketua dan Sekretaris Program Studi Ilmu Kelautan (IKL) IPB Bogor;
3. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas beasiswa Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) yang diberikan;
4. Dinas Ketahanan Pangan, Kelautan dan Pertanian Provinsi DKI Jakarta atas fasilitas dan bantuannya selama pengambilan data;
5. Tim lapangan (Isty Angrelina, Lilyana Az Zahra, dan Desi Nurulita Kusumastuti) yang telah membantu mengambil data saat di lapangan dan membantu dalam pengolahan data.
6. Mbak Wina selaku admin departemen Ilmu Kelautan yang sangat membantu dalam proses administrasi selama studi S3;
7. Bapak Kustono dan Ibu Yumi, adikku Qonitah, serta keluarga besar yang yang senantiasa mendoakan dan penuh kasih mendampingi serta memberikan semangat dalam penyelesaian studi, serta seluruh keluarga atas dukungan do'a, motivasi serta dukungannya;
8. Teman-teman PMDSU *Batch V* IPB utamanya Kecamatan Buaya (Mas Dimas, Septian, Hansen, Adit, Tewe, Vika, Regi, Sulis, dan yang lain) yang telah meluangkan waktu untuk menjadi tempat *sharing* dan berbagi ilmu lintas bidang keilmuan;
9. Mas Faizal Rafiq yang telah memberikan dukungan, terutama semangat dan doa untuk penyelesaian studi ini;
10. Teman-teman *Bogor Science Club* IPB, utamanya Tim HR periode 2021-2022 atas motivasi yang diberikan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam upaya pengelolaan perairan pesisir ekosistem mangrove di Indonesia.

Bogor, 6 Juni 2024

Ummu Salma



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Deskripsi Lokasi Penelitian	24
1.3 Rumusan Masalah	25
1.4 Tujuan	27
1.5 Manfaat	28
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	28
II TINJAUAN PUSTAKA	29
2.1. Faktor Pembatas dan Karakteristik Ekosistem Mangrove dalam Kaitannya dengan Produktivitas dan Kesuburan Perairan	29
2.2. Faktor Pembatas dan Karakteristik Ekosistem Lamun dalam Kaitannya dengan Produktivitas dan Kesuburan Perairan	31
2.4. Dinamika Nutrien di Ekosistem Mangrove, Lamun, dan Kaitannya dengan Kesuburan dan Produktivitas Perairan	33
2.5. Perkembangan Riset di Berbagai Wilayah Indonesia	36
III ANALISIS KARAKTERISTIK LINGKUNGAN DAN EKOSISTEM MANGROVE DI PULAU BESAR DAN KECIL: SEBUAH PENDEKATAN KOMPARATIF	38
3.1 Pendahuluan	38
3.2 Tujuan	39
3.3 Metode Penelitian	39
3.4 Analisis data	41
3.5 Hasil	43
3.6 Pembahasan	51
3.7 Simpulan	54
IV STRUKTUR EKOSISTEM LAMUN DAN HUBUNGANNYA DENGAN KARAKTERISTIK LINGKUNGAN PULAU KECIL DATARAN	55
4.1 Pendahuluan	55
4.2 Tujuan	56
4.3 Metode Penelitian	56
4.4 Analisis data	58
4.4. Hasil	58
4.5 Pembahasan	64
4.6 Simpulan	66
V. DINAMIKA NUTRIEN DI EKOSISTEM MANGROVE DAN LAMUN SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KESUBURAN PERAIRAN	67
5.1. Pendahuluan	67
5.2. Tujuan	68
5.3. Metode Penelitian	68



5.4.	Hasil	75
5.6.	Simpulan	85
VI.	PEMBAHASAN UMUM	86
6.1.	Ekosistem Mangrove di Pulau Besar dan Pulau Kecil	86
2.	Potensi Lamun dalam Meningkatkan Kesuburan Perairan Kepulauan Seribu	87
3.	Dinamika Model Nutrien pada Ekosistem Pesisir Pulau Kecil	88
4.	Karakteristik Lingkungan dan Dinamika Ekosistem Lamun dan Mangrove	88
	SIMPULAN DAN SARAN	91
1.	Simpulan	91
2.	Saran	91
	DAFTAR PUSTAKA	92
	LAMPIRAN	109
	RIWAYAT HIDUP	116

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Riset terdahulu Tentang Konektivitas Ekosistem Mangrove, Lamun, Nutrien dan Produktivitas Perairan	20
2	Hasil pengukuran kualitas sedimen pesisir, BJBR Probolinggo, Pulau Tike dan Pulau Pramuka	47
3	Konsentrasi klorofil-a dan nitrat di beberapa lokasi penelitian	48
4	Nilai Wilks' Lambda dan P-value pada masing-masing variabel	50
5	Komponen stock yang digunakan pada model dinamis	72
6	Komponen flow yang digunakan pada model dinamis	72

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian di Kepulauan Seribu (A), Pulau Pramuka dan (B), Pulau Tidung Kecil	24
2	Kerangka pemikiran penelitian	27
3	Ilustrasi pengambilan data mangrove di Pulau Pramuka dan Pulau Tidung Kecil	40
4	Ilustrasi pengambilan data mangrove di BJBR, Probolinggo	40
5	Tipe substrat berdasarkan diagram Segitiga Shepard (Shepard 1954)	41
6	Kerapatan jenis pohon mangrove di pesisir Pulau Tike (TK), Pulau Pramuka (P), dan BJBR Probolinggo (BJBR)	43
7	Kerapatan mangrove kategori pohon berdasarkan jenis di di pesisir BeeJay Bakau Resort, Probolinggo	44
8	Karakteristik fraksi substrat di Pulau Tidung Kecil	45
9	Karakteristik fraksi substrat di Pulau Pramuka	45
10	Karakteristik fraksi substrat di BJBR, Probolinggo	46
11	Konsentrasi N-total di sedimen di pesisir BJBR Probolinggo, Pulau Tike dan Pulau Pramuka	47
12	Kelimpahan fitoplankton di lokasi penelitian	48
13	Kelimpahan fitoplankton tiap kelas pada masing-masing lokasi penelitian	49
14	Biplot sebaran variabel karakteristik lokasi penelitian	50
15	Ilustrasi pengambilan data lamun	57
16	Frame transek kuadrat	57
17	Kerapatan jenis lamun di pesisir Pulau Tidung Kecil	59
18	Kerapatan jenis lamun di pesisir Pulau Pramuka	59
19	Konsentrasi klorofil-a tiap pada masing-masing lokasi penelitian	60
20	Konsentrasi nitrat tiap pada masing-masing lokasi penelitian	60
21	Konsentrasi total N sedimen tiap pada masing-masing lokasi penelitian	60
22	Hasil analisis korespondensi asosiasi jenis lamun dengan stasiun penelitian berdasarkan kerapatan jenis lamun	62



23	Hasil analisis komponen utama parameter lingkungan dengan stasiun penelitian	63
24	<i>Causal loop</i> diagram model kesuburan perairan di ekosistem mangrove pulau kecil	70
25	<i>Causal loop</i> diagram model kesuburan perairan di ekosistem lamun pulau kecil	71
26	<i>Causal loop</i> diagram model kesuburan perairan di ekosistem lamun dan ekosistem mangrove pulau kecil	71
27	Variasi bulanan fitoplankton, DIN, dan SIN di ekosistem mangrove Kepulauan Seribu hasil model	75
28	Variasi bulanan fitoplankton, DIN, dan SIN di ekosistem lamun Kepulauan Seribu hasil model	76
29	Variasi bulanan fitoplankton, DIN, dan SIN di ekosistem lamun dan mangrove Kepulauan Seribu hasil model	77
30	Variasi kelimpahan fitoplankton pada lamun, mangrove, dan lamun-mangrove	77

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komponen converters yang digunakan pada model dinamis dan nilai inputannya	104
2	Data masukan pada model mangrove	105
3	Data masukan pada model lamun	105