



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI FITOREMEDIASI  
LIMBAH BUDIDAYA UDANG VANAMEI PADA SISTEM  
RESIRKULASI**

**With a Summary in English**

*Seaweed Utilization as Phytoremediation of Vanamei Shrimp  
Farming Waste in Recirculation Systems*

**DISERTASI**

**Sinung Rahardjo  
NPM: 1206201076**

**JENJANG DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
SEKOLAH ILMU LINGKUNGAN  
JAKARTA, MARET TAHUN 2018**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI FITOREMEDIASI  
LIMBAH BUDIDAYA UDANG VANAMEI PADA SISTEM  
RESIRKULASI**

**Disertasi ini diajukan Sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar**

**DOKTOR  
DALAM ILMU LINGKUNGAN**

**Sinung Rahardjo  
NPM: 1206201076**

**JENJANG DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
SEKOLAH ILMU LINGKUNGAN  
JAKARTA, MARET TAHUN 2018**

## PERNYATAAN ORISINALITAS DAN BEBAS PLAGIARISME

Nama: Sinung Rahardjo  
Bidang Ilmu: Interdisiplin  
Program Studi: Ilmu Lingkungan  
Judul Disertasi: PENGGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI  
FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA UDANG  
VANAMEI PADA SISTEM RESIRKULASI

Saya yang bertandatangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa disertasi ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Indonesia. Semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Apabila di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggungjawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Indonesia kepada saya.





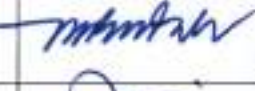


  
(Sinung Rahardjo)  
NPM: 1206201076  
Tanggal: Maret 2018

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**KOMISI SIDANG AKADEMIK UNIVERSITAS INDONESIA**

Nama : Sinung Rahardjo  
Bidang Ilmu : Interdisiplin  
Program Studi : Ilmu Lingkungan  
Judul Tesis : PENGGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI  
FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA UDANG  
VANAMEI PADA SISTEM RESIRKULASI

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji/Tim Penguji Sidang Promosi dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Doktor Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia.

**DEWAN PENGUJI**

| No | Nama Lengkap                          | Keterangan        | Tanda Tangan  |
|----|---------------------------------------|-------------------|---|
| 1. | Dr. Emil Budianto                     | Ketua Tim Penguji |  |
| 2. | Prof. Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng | Promotor          |  |
| 3. | Prof. Dr. Ir. Abimanyu Takdir A., M.S | Ko-Promotor       |  |
| 4. | Dr. Ir. Edward Danakusumah, M.Sc      | Ko-Promotor       |  |
| 5. | Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA       | Anggota           |  |
| 6. | Dr. Moch. Nurhudah, A.Pi, M.Sc        | Anggota           |  |
| 7. | Dr. Wartono Hadie, M.Si               | Anggota           |  |
| 8. | Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, M.Si  | Anggota           |  |

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal: 27 Maret 2018

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA  
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Sinung Rahardjo  
NPM : 1206201076  
Program Studi : Ilmu Lingkungan  
Fakultas : Interdisiplin  
Jenis Karya : Disertasi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

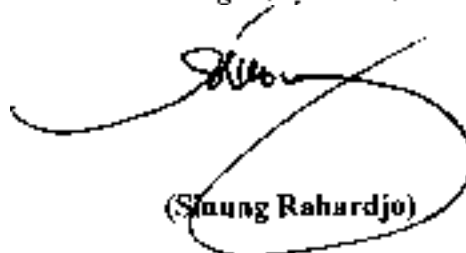
**PENGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI FITOREMEDIASI  
LIMBAH BUDIDAYA UDANG VANAMEI PADA SISTEM  
RESIRKULASI**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta  
Pada tanggal: Maret 2018

Yang menyatakan,

  
(Sinung Rahardjo)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Penulisan disertasi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan disertasi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan disertasi. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Pembimbing Disertasi: Prof. Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng., selaku Promotor, Bapak Prof. Dr. Ir. Abimanyu Takdir Alamsyah, M.S dan Dr. Ir. Edward Danakusumah, M.Sc selaku Ko-Promotor, atas segala kesediaan meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan dan semangat dalam menyelesaikan disertasi ini.
2. Prof. Dr. D. Djokosetyanto (Almarhum), atas segala bimbingan dan motivasi dalam penyusunan disertasi.
3. Dr. Emil Budianto, selaku Direktur Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia dan segenap staf sekretariat Program Pasca Sarjana, atas bantuannya selama menempuh studi di Universitas Indonesia.
4. Dr. dr. Tri Budhi Soesilo, M.Si (Wakil Direktur Sekolah Ilmu Lingkungan), Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan), serta segenap Tim Pengajar Program Studi Ilmu Lingkungan, atas bimbingan dan arahan dan ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa PSIL UI.
5. Segenap staf sekretariat PSIL UI: Mbak Wezia, Mbak Sri, Mas Juju atas bantuannya selama menempuh pendidikan di Universitas Indonesia.
6. Teman-teman S3 PSIL UI angkatan 12: Pak Joko Hartoyo, Pak Sandi Prasetyo, Pak Darmawan Listya Cahya, Pak Hamphrey Wangke, Pak Wisnubroto Sarosa, Pak Edward Hasilooan Simanjuntak, Pak Realino, Mbak Yuli Andriani, Pak Boetje Patty (almarhum), serta teman-teman lainnya Pak Denny Sundara, Pak

Wawan, Pak Yudi Antoni, Ibu Fetty, Mbak Widya, Pak Deddy dan Ibu Nimas Ayu atas bantuan dan kebersamaannya selama ini.

7. Ir. Moch Heri Edy, MS selaku Ketua Sekolah Tinggi Perikanan yang telah memberikan dukungan selama menempuh pendidikan.
8. Direktur Utama Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas bantuan dana penelitian yang telah diberikan.
9. Teman-teman dosen Sekolah Tinggi Perikanan: Dr. Moch. Nurhudah, MSc., Nyoman Suyasa, MS, Dr. Djodjo Soewardjo, Maria Goreti, M.Ppi., Suharyadi, M.Si., Sinar Pagi Sektiana, M.Si., Pungkas Prayitno, S.St.Pi, Agus Triwanda, S.St.Pi, yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan, penelitian dan penyusunan disertasi.
10. Secara khusus disertasi ini penulis persembahkan kepada orang tua tercinta Ayahanda Sarosa (Alm), ibunda Rodjiatun (Alm), Istriku Fransiska Maharani Suryaningrum, M.,Si dan anak-anakku Intan Destamia Putri, Tegar Septiawan Putra dan Sierra de Firza Rahardjo yang telah memberikan inspirasi dan motivasi selama ini dalam menyelesaikan studi ini.
11. Meydia Graha SW, S.St.Pi, Arie Kiswanto, M.St.Pi, Ishak Saputra, M.Sc, Desty D. Amara, Ramarsa Hidayatul Baroroh, Anggun dan Retno yang telah banyak membantu penyusunan disertasi ini.
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan disertasi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua pihak atas segala bantuan dan dukungannya dalam penyelesaian disertasi ini. Semoga disertasi ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya ilmu lingkungan dan budidaya perikanan yang berkelanjutan.

Jakarta, Maret 2018

Penulis

## ABSTRAK

Nama : Sinung Rahardjo  
NPM : 1206201076  
Program Studi : Ilmu Lingkungan  
Judul Disertasi : Penggunaan Rumput Laut Sebagai Fitoremediasi Limbah  
Budidaya Udang Vanamei Pada Sistem Resirkulasi

Penelitian penggunaan rumput laut sebagai fitoremediasi limbah budidaya udang vanamei adalah salah satu upaya untuk mengatasi pencemaran perairan dan kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan budidaya udang. Tujuan penelitian ini adalah 1) menganalisis tingkat efektivitas beberapa jenis rumput laut yang dapat digunakan sebagai fitoremediasi dalam pemanfaatan limbah budidaya udang vanamei; 2) menganalisis efektivitas penerapan model teknologi budidaya udang sistem resirkulasi menggunakan fitoremediasi rumput laut pada skala rumah tangga ditinjau dari aspek teknologi, ekologis, sosial dan ekonomi; 3) menganalisis persepsi masyarakat terhadap penerapan model budidaya udang ramah lingkungan dengan fitoremediasi rumput laut. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan 3 jenis rumput laut sebagai kandidat fitoremediasi yaitu: *Caulerpa* sp, *Gracilaria* sp dan *Eucheuma* sp. Tempat pelaksanaan penelitian adalah Kampus Sekolah Tinggi Perikanan desa Karangantu, Kec. Kasemen Kota Serang Propinsi Banten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp memiliki kemampuan biofiltrasi lebih tinggi dibandingkan *Caulerpa* sp dan *Eucheuma* sp yaitu kemampuan menyerap limbah organik budidaya udang vanamei baik amonia, nitrit, nitrat dan total bahan organik. Nilai rata-rata tingkat biofiltrasi *Gracilaria* sp terhadap amonia, nitrit, nitrat dan total bahan organik secara berturut-turut sebesar 36,3%, 20,1%, 30,8% dan 14%. Hasil uji skala lapangan menunjukkan bahwa penggunaan rumput laut juga mampu meningkatkan pertumbuhan udang dan kualitas air budidaya. Rata-rata pertumbuhan udang vanamei mencapai 0,3 g/hari dengan tingkat kelangsungan hidup berkisar antara 75-85%. Produktivitas hasil panen udang vanamei berkisar 3,8-4,5 kg/m<sup>2</sup> dengan size 53-63 ekor/kg. Kualitas air selama kegiatan budidaya berada dalam kisaran normal dan jauh lebih baik dibandingkan dengan kualitas air di tambak konvensional. Persepsi masyarakat terhadap teknologi fitoremediasi memiliki nilai cukup baik. Teknologi ini diyakini oleh masyarakat memiliki manfaat secara ekologi, ekonomi dan sosial. Bertambahnya nilai manfaat limbah berdampak positif terhadap pemakaian sumberdaya yang lebih efisiensi.

Kata Kunci: *Sustainable aquaculture*; *fitoremediasi*; *Gracilaria* sp, *L. Vanamei*



## ABSTRACT

Name : Sinung Rahardjo  
NPM : 1206201076  
Study Program : Environmental Science  
Title : Seaweed Utilization As Phytoremediation Of Vanamei Shrimp  
Farming Waste In Recirculation Systems

To overcome environmental pollution and degradation from shrimp farming activities, research on the use of seaweeds for phytoremediation is necessary and gaining momentum. The goals of this study were: 1) to analyze the effectiveness level of some types of seaweed that can be used as phytoremediation in the utilization of vanamei shrimp farming waste; 2) to analyze the effectiveness of application of shrimp culture technology model of recirculation system using seaweed phytoremediation at household scale in terms of technological, ecological, social and economic aspects; 3) to analyze public perception on the application of environmentally friendly shrimp farming model with seaweed phytoremediation. This research employed quantitative approach, with 3 types of seaweed are used as the phytoremediation candidate, namely *Caulerpa* sp, *Gracilaria* sp and *Eucheuma* sp. The research took place at the Jakarta Fisheries University Campus - Karangantu station, Banten. The results showed that *Gracilaria* sp has higher biofiltration ability than *Caulerpa* sp and *Eucheuma* sp, including the ability to absorb organic waste (either ammonia, nitrite, nitrate or total organic matter) from vanamei shrimp culture. The average biofiltration rates of *Gracilaria* sp on ammonia, nitrite, nitrate and total organic matter were 36.3%, 20.1%, 30.8% and 14%, respectively. Field trial indicated that the use of seaweed can also increase shrimp growth and improve water quality. The average growth of shrimp reached 0.3 g/day, with survival rate ranging from 75 to 85%. Productivity of vanamei shrimp ranged from 3.8 to 4.5 kg/m<sup>2</sup>, with the size of 53-63 heads/kg. During the trial, water quality was within the normal range and much better when compared to that of the conventional pond. Public perception on phytoremediation technology appeared to be 'good'. This technology is believed to possess ecological, economic and social benefits. Increase value of waste benefits would positively affect the utilisation of resources in a more sustainable way.

*Key Words: Sustainable aquaculture; phytoremediation; Gracilaria sp, L. Vanamei*

## DAFTAR ISI

|   | Halaman   |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL.....  | i         |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PLAGIARISME.....      | iii       |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                   | v         |
| BIODATA PENULIS .....                                     | vii       |
| KATA PENGANTAR .....                                      | ix        |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....            | xi        |
| ABSTRAK.....  | xiii      |
| DAFTAR ISI.....   | xi        |
| DAFTAR TABEL.....   | xvii      |
| DAFTAR GAMBAR .....                                       | xix       |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                      | xxi       |
| RINGKASAN .....   | xxiii     |
| <br>  |           |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>                           | <b>1</b>  |
| 1.1. Latar Belakang.....                                  | 1         |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                                 | 5         |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....                              | 6         |
| 1.4. Manfaat Penelitian .....                             | 6         |
| <br>  |           |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                       | <b>9</b>  |
| 2.1. Pembangunan Berkelanjutan .....                      | 9         |
| 2.2. Budidaya Ikan Berkelanjutan.....                     | 13        |
| 2.2.1. Isu global produk budidaya .....                   | 14        |
| 2.2.2. Limbah kegiatan budidaya perikanan.....            | 15        |
| 2.2.3. Dampak kegiatan budidaya terhadap lingkungan ..... | 17        |
| 2.3. Kosep Ekonomi Biru .....                             | 18        |
| 2.4. Kosep Resirkulasi .....                              | 20        |
| 2.5. Proses Nitrifikasi.....                              | 22        |
| 2.6. Konsep Fitoremediasi .....                           | 24        |
| 2.7. Persepsi Masyarakat .....                            | 26        |
| 2.8. Kerangka Teori dan Posisi Penelitian.....            | 28        |
| 2.9. Kerangka Pikir .....                                 | 34        |
| 2.10. Kerangka Konsep .....                               | 35        |
| <br>  |           |
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>                      | <b>39</b> |
| 3.1. Pendekatan Penelitian .....                          | 39        |
| 3.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....                     | 39        |
| 3.3. Populasi dan Sampel.....                             | 39        |
| 3.4. Variabel Penelitian.....                             | 40        |
| 3.5. Data Penelitian.....                                 | 42        |
| 3.5.1. Jenis dan metode pengumpulan data .....            | 42        |
| 3.5.2. Teknik pengambilan data .....                      | 43        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.5.3. Pengolahan dan analisis data .....   | 49         |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>  | <b>53</b>  |
| 4.1. Diskripsi Wilayah Riset .....  | 53         |
| 4.2. Tingkat Biofiltrasi Beberapa Jenis Rumput Laut sebagai<br>Fitoremediasi .....                                      | 55         |
| 4.2.1. Biofiltrasi rumput laut terhadap amoniak.....  | 55         |
| 4.2.2. Biofiltrasi rumput laut terhadap nitrit.....   | 61         |
| 4.2.3. Biofiltrasi rumput laut terhadap nitrat .....  | 67         |
| 4.2.4. Biofiltrasi rumput laut terhadap TOM.....  | 74         |
| 4.2.5. Pertumbuhan udang vanamei dengan jenis fitoremediasi<br>rumput laut yang berbeda .....                           | 80         |
| 4.3. Penerapan Model Skala Lapangan (Backyard Pembesaran Udang<br>Menggunakan Fitoremediasi <i>Gracilaria</i> sp) ..... | 82         |
| 4.3.1. Aspek teknis .....   | 82         |
| 4.3.2. Aspek ekologis .....   | 87         |
| 4.3.3. Aspek ekonomi .....  | 88         |
| 4.4. Persepsi Masyarakat terhadap Aplikasi Teknologi Budidaya<br>Ramah Lingkungan .....                                 | 89         |
| 4.4.1. Aspek ekologi .....  | 90         |
| 4.4.2. Aspek sosial dan ekologi .....   | 91         |
| 4.4.3. Aspek teknologi.....   | 92         |
| 4.5. Pembahasan .....   | 93         |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  | <b>101</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....  | 101        |
| 5.2. Saran.....   | 102        |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 103        |
| LAMPIRAN .....  | 110        |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>Tabel 2.1.</b> Persentase limbah yang dihasilkan menurut sumber kegiatan .....   | 16      |
| <b>Tabel 3.1.</b> Definisi Operasional Penelitian.....  | 40      |
| <b>Tabel 3.2.</b> Data Primer, Alat Ukur dan Metode yang Digunakan Dalam Penelitian.....  | 42      |
| <b>Tabel 3.3.</b> Desain Rancangan Bak Penelitian.....  | 44      |
| <b>Tabel 3.4.</b> Keterkaitan antara Tujuan, Metode Pengumpulan Data dan Metode Analisis Data .....   | 52      |
| <b>Tabel 4.1.</b> Data Potensi dan Lahan Eksisting Tambak di Kec. Pontang, Tirtayasa dan Tanara .....   | 54      |
| <b>Tabel 4.2.</b> Pertumbuhan Udang Vanamei dengan Jenis Fitoremediasi Rumput Laut yang Berbeda.....  | 79      |
| <b>Tabel 4.3.</b> Pengamatan ABW, Biomassa dan ADG Udang Vanamei di Bak A .....   | 81      |
| <b>Tabel 4.4.</b> Pengamatan ABW, Biomassa dan ADG Udang Vanamei di Bak B   | 81      |
| <b>Tabel 4.5.</b> Pengamatan ABW, Biomassa dan ADG Udang Vanamei di Bak C   | 81      |
| <b>Tabel 4.6.</b> Produksi Budidaya Udang Vanamei Skala Rumah Tangga.....   | 83      |
| <b>Tabel 4.7.</b> Laju Pertumbuhan Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi .....  | 84      |
| <b>Tabel 4.8.</b> Perbandingan Nilai Kualitas Air Budidaya Udang dengan Fitoremediasi Rumput Laur dengan Tambak konvensional di Serang dan Takalar.....     | 85      |
| <b>Tabel 4.9.</b> Perhitungan Biaya Investasi, Biaya Tetap dan Tidak tetap Budidaya Udang Vanamei dengan Fitoremediasi Rumput Laut Skala Rumah Tangga ..... | 86      |
| <b>Tabel 4.10.</b> Analisis Ekonomi Budidaya Udang Vanamei dengan Fitoremediasi Rumput Laut Skala Rumah Tangga.....   | 86      |
| <b>Tabel 4.11.</b> Persepsi Masyarakat terhadap Teknologi Budidaya Udang Vanamei dengan fitoremediasi Rumput Laut Skala Rumah Tangga .....                  | 87      |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Gambar 2.1.</b> Hubungan Aspek Teknologi Produksi, Lingkungan dan Sosial Ekonomi Dalam Sistem Budidaya Ikan Berkelanjutan (FAO, 1988). .....  | 13      |
| <b>Gambar 2.2.</b> Kerangka Teori Penelitian .....   | 31      |
| <b>Gambar 2.3.</b> Ringkasan Posisi Penelitian.....  | 33      |
| <b>Gambar 2.4.</b> Diagram Kerangka Pikir Penelitian .....   | 34      |
| <b>Gambar 2.5.</b> Diagram Kerangka Konsep Penelitian.....   | 36      |
| <b>Gambar 3.1.</b> Desain Penelitian Tahap I.....  | 45      |
| <b>Gambar 3.2.</b> Desain Penelitian Tahap II .....  | 47      |
| <b>Gambar 4.1.</b> Grafik Nilai Amonia Dalam Media Budidaya Dengan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berdeda.....   | 55      |
| <b>Gambar 4.2.</b> Diagram Rata-rata Kadar Amonia Dengan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berdeda.....   | 56      |
| <b>Gambar 4.3.</b> Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Euचेuma</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp. dan <i>Caulerpa</i> sp terhadap Amonia.....  | 56      |
| <b>Gambar 4.4.</b> Grafik Nilai Rata-Rata Tingkat Biofiltrasi <i>Euचेuma</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp. dan <i>Caulerpa</i> sp. terhadap Amonia .....  | 57      |
| <b>Gambar 4.5.</b> Grafik Kadar Amonia pada Bak Pengamatan A1 (bak pemeliharaan udang), A2 (bak filter), dan B3 (bak rumput laut) menggunakan <i>Euचेuma</i> sp. sebagai Fitoremediasi. .... | 58      |
| <b>Gambar 4.6.</b> Tingkat Biofiltrasi <i>Euचेuma</i> sp. terhadap amoniak .....   | 58      |
| <b>Gambar 4.7.</b> Kadar Amonia pada Bak Pengamatan B1 (bak pemeliharaan udang), B2 (bak filter), B3 (bak rumput laut) Menggunakan <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi .....         | 59      |
| <b>Gambar 4.8.</b> Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap Amoniak .....  | 60      |
| <b>Gambar 4.9.</b> Kadar Amonia Pada Air Bak Pengamatan C1, C2, C3 Menggunakan <i>Caulerpa</i> sp. sebagai Fitoremediasi. ....   | 60      |
| <b>Gambar 4.10.</b> Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp terhadap Amoniak.....   | 61      |
| <b>Gambar 4.11.</b> Grafik Fluktuatif Nilai Nitrit Menggunakan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....  | 62      |
| <b>Gambar 4.12.</b> Grafik Rata-rata nilai Nitrit Menggunakan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....   | 62      |
| <b>Gambar 4.13.</b> Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Euचेuma</i> sp, <i>Gracilaria</i> sp dan <i>Caulerpa</i> sp terhadap Nitrit.....   | 63      |
| <b>Gambar 4.14.</b> Grafik Rata-rata Tingkat Biofiltrasi <i>Euचेuma</i> sp, <i>Gracilaria</i> sp dan <i>Caulerpa</i> sp terhadap Nitrit .....  | 63      |

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Gambar 4.15.</b> | Grafik Kadar Nitrit Pada Air Bak Pengamatan A1, A2, dan A3 Menggunakan <i>Eucheuma</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....   | 64 |
| <b>Gambar 4.16.</b> | Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp Terhadap Nitrit.....   | 64 |
| <b>Gambar 4.17.</b> | Grafik Kadar Nitrit pada Air Bak B1, B2, B3 dengan <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....   | 65 |
| <b>Gambar 4.18.</b> | Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp terhadap Nitrit.....   | 65 |
| <b>Gambar 4.19.</b> | Grafik Kadar Nitrit Pada Air Bak Pengamatan C1, C2, C3 Menggunakan <i>Caulerpa</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....   | 66 |
| <b>Gambar 4.20.</b> | Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. terhadap Nitrit.....  | 66 |
| <b>Gambar 4.21.</b> | Grafik Fluktuasi Nilai Nitrat dengan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....   | 67 |
| <b>Gambar 4.22.</b> | Grafik Rata-rata Nilai Nitrat Menggunakan Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....  | 67 |
| <b>Gambar 4.23.</b> | Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp, <i>Gracilaria</i> sp dan <i>Caulerpa</i> sp. terhadap Nitrat.....  | 68 |
| <b>Gambar 4.24.</b> | Grafik Rata-rata Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp, <i>Gracilaria</i> sp dan <i>Caulerpa</i> sp. terhadap Nitrat .....   | 69 |
| <b>Gambar 4.25.</b> | Kadar Nitrat pada Air Bak Pengamatan A1, A2, A3 menggunakan <i>Eucheuma</i> sp. sebagai fitoremediasi. ....   | 69 |
| <b>Gambar 4.26.</b> | Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. terhadap Nitrat.....   | 70 |
| <b>Gambar 4.27.</b> | Kadar Nitrat Pada Air Bak Pengamatan B1, B2, B3 Menggunakan <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....  | 70 |
| <b>Gambar 4.28.</b> | Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap Nitrat.....   | 71 |
| <b>Gambar 4.29.</b> | Kadar Nitrat Pada Bak Pengamatan C1, C2, C3 Menggunakan <i>Caulerpa</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....  | 72 |
| <b>Gambar 4.30.</b> | Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. terhadap Nitrat.....   | 72 |
| <b>Gambar 4.31.</b> | Grafik Kadar nilai TOM pada Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....  | 73 |
| <b>Gambar 4.32.</b> | Diagram Rata-rata nilai TOM pada Fitoremediasi Rumput Laut Yang Berbeda .....   | 73 |
| <b>Gambar 4.33.</b> | Grafik Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp. dan <i>Caulerpa</i> sp. terhadap TOM .....  | 74 |
| <b>Gambar 4.34.</b> | Grafik Nilai Rata-rata Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp. dan <i>Caulerpa</i> sp. terhadap TOM.....                                       | 74 |
| <b>Gambar 4.35.</b> | Grafik Kadar TOM pada Bak Pengamatan A1 (bak pemeliharaan udang), A2 (bak filter), A3 (bak rumput laut), Menggunakan <i>Eucheuma</i> sp.. Sebagai Fitoremediasi. .... | 75 |
| <b>Gambar 4.36.</b> | Rata-Rata Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. terhadap TOM.....   | 76 |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.37.</b> | Grafik Kadar TOM pada Bak Pengamatan B1, B2, B3 dengan <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi. ....   | 76 |
| <b>Gambar 4.38.</b> | Rata-Rata Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap TOM.....  | 77 |
| <b>Gambar 4.39.</b> | Kadar TOM pada Bak Pengamatan C1, C2, dan C3 Menggunakan <i>Caulerpa</i> sp. sebagai Fitoremediasi .....   | 77 |
| <b>Gambar 4.40.</b> | Rata-Rata Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. terhadap TOM.....  | 78 |
| <b>Gambar 4.41.</b> | Grafik Laju Pertumbuhan Harian Udang (%/hari) dengan Jenis Fitoremediasi Rumput Laut yang Berbeda .....  | 79 |
| <b>Gambar 4.42.</b> | Grafik Tingkat Kelangsungan Hidup Udang .....  | 80 |
| <b>Gambar 4.43.</b> | Laju Pertumbuhan Udang Vanamei (%/hari) dengan Fitoremediasi Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.....   | 82 |
| <b>Gambar 4.44.</b> | Grafik Tingkat Kehidupan Udang Vanamei .....   | 82 |
| <b>Gambar 4.45.</b> | Grafik Laju Pertumbuhan Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp. sebagai Fitoremediasi.....   | 84 |
| <b>Gambar 4.46.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Mengurangi Tingkat Pencemaran.....                                 | 88 |
| <b>Gambar 4.47.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Mengurangi Tingkat Penebangan Mangrove Di Masyarakat Pesisir ..... | 89 |
| <b>Gambar 4.48.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Pesisir .....                   | 90 |
| <b>Gambar 4.49.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Meningkatkan Nilai Tambah Budidaya..                               | 90 |
| <b>Gambar 4.50.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Menjaga Keberlanjutan Produksi Dan Usaha Budidaya .....            | 91 |
| <b>Gambar 4.51.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mampu Memanfaatkan Lahan Marginal.....                                   | 92 |
| <b>Gambar 4.52.</b> | Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Pernyataan Teknologi Fitoremediasi Mudah Diterapkan Dan Diaplikasikan Oleh Masyarakat .....                 | 93 |
| <b>Gambar 4.53.</b> | Pola Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp, <i>Eucheuma</i> sp dan <i>Gracilaria</i> sp terhadap Amonia, Nitrit, Nitrat dan TOM.....          | 96 |
| <b>Gambar 4.54.</b> | Nilai Tingkat Persepsi Masyarakat Terhadap Teknologi Fitoremediasi Rumput Laut pada Budidaya udang.....  | 98 |
| <b>Gambar 4.55.</b> | Nilai Persepsi Masyarakat pada Dimensi Sosial Ekonomi, Ekologis dan Teknologi .....  | 98 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Lampiran 1.</b> Hasil Analisis SPSS tingkat Tingkat Biofiltrasi Rumput Laut Terhadap Amonia .....                   | 111     |
| <b>Lampiran 2.</b> Hasil Analisis SPSS tingkat Tingkat Biofiltrasi Rumput Laut Terhadap Nitrit .....                   | 113     |
| <b>Lampiran 3.</b> Hasil Analisis SPSS tingkat Biofiltrasi Rumput Laut Terhadap Nitrat.....                            | 115     |
| <b>Lampiran 4.</b> Hasil Analisis SPSS tingkat Biofiltrasi Rumput Laut Terhadap TOM .....                              | 117     |
| <b>Lampiran 5.</b> Kuesioner Persepsi Masyarakat Terhadap Budidaya Udang Vanamei dengan Fitoremediasi Rumput Laut..... | 119     |
| <b>Lampiran 6.</b> Kadar Amonia dan Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. sebagai Fitoremediasi .....                | 121     |
| <b>Lampiran 7.</b> Kadar Amonia dan Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. sebagai fitoremediasi .....              | 122     |
| <b>Lampiran 8.</b> Kadar Amonia dan Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. sebagai fitoremediasi .....                | 123     |
| <b>Lampiran 9.</b> Kadar Nitrit dan Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. sebagai fitoremediasi .....                | 124     |
| <b>Lampiran 10.</b> Kadar Nitrit dan Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. sebagai fitoremediasi.....              | 125     |
| <b>Lampiran 11.</b> Kadar Nitrit dan Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                | 126     |
| <b>Lampiran 12.</b> Kadar Nitrat dan Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                | 127     |
| <b>Lampiran 13.</b> Kadar Nitrat dan Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. sebagai fitoremediasi.....              | 128     |
| <b>Lampiran 14.</b> Kadar Nitrat dan Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                | 129     |
| <b>Lampiran 15.</b> Kadar TOM dan Tingkat Biofiltrasi <i>Eucheuma</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                   | 130     |
| <b>Lampiran 16.</b> Kadar TOM dan Tingkat Biofiltrasi <i>Gracilaria</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                 | 131     |
| <b>Lampiran 17.</b> Kadar TOM dan Tingkat Biofiltrasi <i>Caulerpa</i> sp. sebagai fitoremediasi.....                   | 132     |



**RINGKASAN**  
**Program Studi Ilmu Lingkungan**  
**Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia**  
**Disertasi**

- A. Nama** : Sinung Rahardjo
- B. Judul** : PENGGUNAAN RUMPUT LAUT SEBAGAI FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA UDANG VANAMEI PADA SISTEM RESIRKULASI
- C. Jumlah Halaman** : halaman permulaan 26, halaman isi 102, tabel 11, gambar 55, lampiran 17.

**Isi Ringkasan**

**Latar Belakang.** Teknologi budidaya udang telah berkembang pesat baik intensif hingga super intensif. Berdasarkan data di lapangan menunjukkan bahwa masih banyak pembudidaya yang belum menerapkan teknologi udang yang ramah lingkungan sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan dan kegagalan panen. Penelitian penggunaan rumput laut sebagai fitoremediasi limbah budidaya udang vanamei adalah salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut. Secara umum penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis tingkat efektivitas beberapa jenis rumput laut yang dapat digunakan sebagai fitoremediasi dalam pemanfaatan limbah budidaya udang vanamei; (2) menganalisis efektivitas penerapan model teknologi budidaya udang sistem resirkulasi menggunakan fitoremediasi rumput laut pada skala rumah tangga ditinjau dari aspek teknologi, ekologis, sosial dan ekonomi; dan (3) menganalisis persepsi masyarakat terhadap penerapan model budidaya udang ramah lingkungan dengan fitoremediasi rumput laut.

**Metoda.** Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, melalui 3 tahapan penelitian yaitu (1) Penelitian Tahap 1: uji potensi dan karakteristik rumput laut sebagai fitoremediasi budidaya udang vanamei sistem resirkulasi dengan menggunakan 3 jenis rumput laut yaitu: *Caulerpa* sp, *Gracilaria* sp dan *Euclerpa* sp.; (2) Penelitian Tahap 2: uji efektivitas model budidaya udang vanamei skala rumah tangga dengan fitoremediasi rumput laut menggunakan sistem resirkulasi ditinjau dari aspek ekonomi, sosial dan lingkungan/ekologi; (3) Penelitian Tahap ke 3: penilaian persepsi masyarakat terhadap budidaya udang vanamei dengan fitoremediasi rumput laut menggunakan sistem resirkulasi. Penelitian dilaksanakan selama bulan Juni hingga Desember 2014 di Kampus Sekolah Tinggi Perikanan desa Karangantu, Kec. Kasemen Kota Serang dan desa Domas Kec. Pontang Kab. Serang Propinsi Banten. Obyek penelitian adalah (1) kualitas air media/limbah budidaya yang meliputi suhu, DO (*Dissolved Oxygen*), pH, salinitas, amonia, nitrit, nitrat dan TOM (*Total Organic Matter*); (2) Udang vanamei yang meliputi pertumbuhan, kelangsungan hidup, produktivitas, kelayakan ekonomi, manfaat sosial dan ekologi; (3) Rumput laut yang meliputi tingkat biofiltrasi, pertumbuhan dan produktivitas. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) analisis kuantitatif terhadap tingkat biofiltrasi rumput laut; (2) analisis deskriptif model budidaya udang vanamei skala rumah tangga

dengan fitoremediasi rumput laut menggunakan sistem resirkulasi; (3) analisis deskriptif tingkat persepsi masyarakat terhadap model budidaya udang vanamei dengan fitoremediasi rumput laut.

**Hasil Penelitian.** Berdasarkan analisis data penelitian menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp memiliki kemampuan biofiltrasi lebih tinggi dibandingkan *Caulerpa* sp dan *Eucheuma* sp yaitu kemampuan menyerap limbah organik budidaya udang vanamei baik amonia, nitrit, nitrat dan total bahan organik. Nilai rata-rata tingkat biofiltrasi *Gracilaria* sp terhadap amonia, nitrit, nitrat dan total bahan organik secara berturut-turut sebesar 36,3%, 20,1%, 30,8% dan 14%. Hasil uji skala lapangan menunjukkan bahwa penggunaan rumput laut juga mampu meningkatkan pertumbuhan udang dan kualitas air budidaya. Rata-rata pertumbuhan udang vanamei mencapai 0,3 gram/hari dengan tingkat kelangsungan hidup berkisar antara 75-85%. Produktivitas hasil panen udang vanamei berkisar 3,8-4,5 kg/m<sup>2</sup> dengan size 53-63 ekor/kg. Secara ekonomi model ini cukup layak dengan keuntungan produksi sebesar Rp 3.647.028 per bulan, BC Ratio 1,99 Pay Back Period 2,01 dan profit margin 200%. Secara sosial model budidaya ini mampu memberikan lapangan pekerjaan, mengurangi tingkat pengangguran dan masalah sosial lainnya. Secara ekologi/lingkungan model budidaya udang vanamei menggunakan fitoremediasi rumput laut mampu menurunkan beban limbah hingga 100%. Kualitas air selama kegiatan budidaya berada dalam kisaran normal dan jauh lebih baik dibandingkan dengan kualitas air di tambak konvensional. Persepsi masyarakat terhadap teknologi fitoremediasi memiliki nilai sangat baik yaitu 60 untuk dimensi sosial ekonomi, nilai 70 untuk dimensi ekologis dan nilai 70,2 untuk dimensi teknologi. Teknologi ini diyakini oleh masyarakat mampu memberikan manfaat secara ekonomi, sosial dan ekologi bagi masyarakat di wilayah pesisir.

**Saran.** Teknologi fitoremediasi *Gracilaria* sp pada budidaya udang vanamei dapat direkomendasikan sebagai salah satu teknologi budidaya udang ramah lingkungan karena mampu mengurangi tingkat pencemaran perairan dan menjaga keberlanjutan produksi serta usaha budidaya. Bertambahnya nilai manfaat limbah berdampak positif terhadap pemakaian sumberdaya yang lebih efisiensi.

**E. Jumlah Pustaka:** 85 (tahun 1964 – 2017)

**SUMMARY**  
**Programme of Study in Environmental Sciences**  
**School of Environmental Science Universitas Indonesia**  
**Disertation**

- F. Name:** Sinung Rahardjo
- G. Title:** Seaweed Utilization as Phytoremediation of Vanammei Shrimp Farming Waste In Recirculation Systems
- H. Number of pages:** Initial page 26, contents 102, tables 11, figures 55, appendices 17.

**I. Summary**

**Background.** Shrimp culture technology has grown rapidly both intensive to super intensif. Based on data in the field shows that there are still many farmers who have not implemented environmentally friendly shrimp technology, causing environmental damage and crop failure. Research on the use of seaweed as phytoremediation of vanamei shrimp aquaculture is one of the efforts to overcome it. In general, the aims of this study were: 1) to analyze the effectiveness level of some types of seaweed that can be used as phytoremediation in the utilization of vanamei shrimp farming waste; 2) to analyze the effectiveness of application of shrimp culture technology model of recirculation system using seaweed phytoremediation at household scale in terms of technological, ecological, social and economic aspects; 3) to analyze public perception on the application of environmentally friendly shrimp farming model with seaweed phytoremediation.

**Method.** This research uses quantitative approach, through 3 stages of research that is: (1) Research Phase 1: test the potency and characteristic of seaweed as phytoremediation using 3 types of seaweed namely: *Caulerpa* sp, *Gracilaria* sp and *Eucheuma* sp in cultivation of shrimp vanamei recirculation system.; (2) Research Phase 2: test the effectiveness of backyard shrimp farming model with the best of seaweed phytoremediation using recirculation system in terms of technology, social economic, and ecological aspects; (3) Research Phase 3: assessment of public perception of vanammei shrimp culture with seaweed phytoremediation using recirculation system. The study was conducted during June to December 2014 at campus of Sekolah Tinggi Perikanan Karangantu village, Kasemen sub district, Serang City and village of Domas, Pontang sub district, Serang district Banten Province. The research objects were (1) water quality of cultivation waste such as temperature, DO (*Dissolved Oxygen*), pH, salinity, ammonia, nitrite, nitrate and Total Organic Matter; (2) vanammei shrimp which includes growth, survival rate, productivity, economic feasibility, social and ecological benefits; (3) biofiltration rates of seaweeds, growth and productivity. The analysis used in this research were: (1) quantitative analysis on biofiltration rate of seaweed; (2) descriptive analysis of backyard shrimp farming model with seaweed phytoremediation using recirculation system; (3) descriptive analysis of perception rate of society on vanammei shrimp farming model with phytoremediation of seaweed.

**Result.** Based on the analysis of research data indicate that *Gracilaria* sp, has higher biofiltration rate than *Caulerpa* sp. and *Eucheuma* sp. that is ability to absorb organic waste of vanamei shrimp culture both ammonia, nitrite, nitrate and total organic matter. The biofiltration rate of *Gracilaria* sp. to ammonia, nitrite, nitrate and total organic matter was 36.3%, 20.1%, 30.8% and 14%, respectively. Field scale test results show that the use of *Gracilaria* sp is also able to increase shrimp growth and water quality during cultivated. The growth rate of vanammei shrimp reaches 0.3 grams/day with a survival rate ranging from 75-85%. Productivity of vanamei shrimp ranged from 3.8 to 4.5 kg/m<sup>3</sup> with size 53-63 heads.kg<sup>-1</sup>. Economically this model is quite feasible with production profit of 3,647,028 IDR per month, BC Ratio 1.99, Pay Back Period 2.01 and profit margin 200%. Socially this cultivation model is able to provide jobs, reduce unemployment and other social problems. Ecologically, model of vanamei shrimp culture using seaweed as phytoremediation can reduce the load of organic waste 20-40%. Water quality during cultivation activities is within the normal range and much better than the water quality in conventional ponds. The public perception of phytoremediation technology has a very good value of 60 for socioeconomic dimension, 70 for ecological dimension and 70.2 for technology dimension. This technology is believed by the community able to provide economic, social and ecological benefits for people in coastal areas.

**Conclutions.** *Gracilaria* sp. as phytoremediation in vanammei shrimp culture can be recommended as one of environmentally friendly shrimp culture technology because it can reduce water pollution rate and preserve the sustainability of production and business. Increasing the value of waste benefits has a positive impact on the utilizatin of resources more efficient.

**J. Number of References:** 85 (issued from 1964 – 2017)