

**Pemanfaatan dan Pengembangan Kelimpahan
Sumber Daya Kelautan Indonesia
Secara Berkelanjutan**

Dr. rer. nat. Ir. Surya Hermawan, S.T., M.T., I.P.M.



PENERBIT PT KANISIUS

**Pemanfaatan dan Pengembangan Kelimpahan
Sumber Daya Kelautan Indonesia
Secara Berkelanjutan**

1020003xxx

© 2020 - PT Kanisius

Buku ini diterbitkan atas kerja sama

PENERBIT PT KANISIUS (Anggota IKAPI)

Jl. Cempaka 9, Deresan, Caturtunggal, Depok, Sleman,

Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, INDONESIA

Telepon (0274) 588783, 565996; Fax (0274) 563349

E-mail : office@kanisiusmedia.co.id

Website : www.kanisiusmedia.co.id

dan

Universitas Kristen Petra (Petra Christian University)

Jl. Siwalankerto No. 121-131, Siwalankerto, Wonocolo, Surabaya,

Jawa Timur 60236

Telepon : +62 31 8439040, 8394830 - 31; Fax : +62 31 8436418

E-mail : info@petra.ac.id

Website : www.petra.ac.id

Cetakan ke-	3	2	1
Tahun	22	21	20

Editor : Rosa de Lima

Desainer : Nico Dampitara

ISBN 978-979-21-64xxx

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

Dicetak oleh PT Kanisius Yogyakarta

Kata Pengantar

Rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan anugerah-Nya yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan sehingga dapat menyelesaikan buku yang berjudul “Pemanfaatan dan Pengembangan Kelimpahan Sumber Daya Kelautan Indonesia Secara Berkelanjutan”. Meskipun banyak rintangan dan hambatan dalam proses pengerjaannya, namun dapat terselesaikan dengan baik.

Seiring dengan tujuan dari Pemerintah saat ini untuk mengembangkan sektor kelautan dan menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia. Laut sebagai sumber pangan, poros maritim, alat, dan sarana pemersatu bangsa. Indonesia juga memiliki potensi yang sangat besar dalam industri akuakultur maupun marikultur, namun perkembangannya masih menemui banyak masalah. Dengan terbitnya buku ini yang mendemonstrasikan aplikasi dari sistem pendukung keputusan (SPK) Sysmar, diharapkan mampu untuk menjawab tantangan tersebut.

Sistem ini mempergunakan sistem informasi geografis dan informasi beresolusi tinggi dari hidrodinamika kelautan terutama kedalaman air laut, kecepatan arus dan tinggi gelombang dari model hidraulika, informasi kualitas air serta penggunaan wilayah pantai yang terintegrasi, untuk manajemen keberlanjutan

marikultur dari keramba jaring apung (KJA) yang menyediakan tinjauan detail dan komprehensif di tiga lokasi daerah terpencil di Indonesia. SPK ini digunakan untuk menentukan kesesuaian lahan dari 32 parameter budidaya KJA ikan kerapu yang memiliki harga komoditas tinggi, baik untuk tujuan ekspor maupun domestik. Menilai karakter penyebaran dari setiap lokasi yang menghasilkan pendugaan berbagai daya dukung lingkungan, yaitu daya dukung produksi berdasarkan pada deposisi partikulat karbon dan daya dukung ekologis yang merupakan akumulasi dari nitrogen terlarut dalam kolom air di lokasi yang sesuai, serta dilengkapi dengan analisis ekonomi berfokus pada kelayakan ekonomi yang dapat dikelola tanpa merusak lingkungan dan berkelanjutan.

Berdasarkan hasil riset menunjukkan bahwa salah satu lokasi, yaitu Pulau Galang merupakan daerah sesuai untuk pengembangan budidaya KJA kerapu. Daerah ini memiliki daya dukung fisik, produksi, dan ekologis yang cukup besar untuk menunjang kegiatan tersebut. Dilengkapi dengan kajian ekonomi yang mengungkapkan bahwa nilai potensial ekonomi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di daerah ini berkisar antara 4,2 sampai 8 triliun.

Di samping itu, berdasarkan hasil model hidraulika yang di implementasikan pada tiga lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa ditemukannya lokasi yang potensial untuk pembangkit listrik tenaga arus laut, gelombang laut, maupun angin. Oleh karena itu, dari hasil pengaplikasian SPK dalam buku ini dapat juga dijadikan sebagai salah satu acuan dalam pengambilan keputusan atau kebijakan untuk kemandirian energi baru terbarukan yang merupakan masa depan energi nasional. Dengan menggunakan aplikasi SPK ini ke depannya dapat juga dimanfaatkan untuk menentukan kegiatan pengembangan akuakultur maupun marikultur lainnya, seperti: ikan jenis lain, rumput laut, dan berbagai jenis kerang laut. Juga dapat dijadikan sarana sebagai pemanfaatan teknologi untuk pemanfaatan dan

pengembangan sumber daya kelautan Indonesia pada daerah lainnya yang memiliki ribuan pulau dan garis pantai yang sangat panjang, namun kondisi masyarakatnya masih jauh dari sejahtera.

Terbitnya buku ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pembuatan skripsi, tesis, maupun disertasi bagi para mahasiswa tingkat akhir jurusan teknik sipil, teknik ingkungan, kelautan dan perikanan, dosen, peneliti, serta pihak-pihak terkait lainnya, seperti pengusaha di bidang kemaritiman, kementerian kemaritiman, kelautan dan perikanan, serta energi sumber daya dan mineral dalam membuat keputusan maupun kebijakan.

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan kontribusi, baik langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat dan membuat kita sebagai anak bangsa Indonesia mencapai kehidupan yang lebih baik lagi, khususnya bagi keluarga besar para nelayan dan pengusaha bidang kemaritiman di Indonesia.

Surabaya, Juli 2019

Dr. rer. nat. Ir. Surya Hermawan, S.T., M.T., I.P.M.

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	vii
B A B 1	
Pendahuluan	1
A. Mengapa Harus Berkelanjutan	1
B. Perkembangan Budidaya Kelautan di Indonesia	2
C. Konsep Pendekatan Ekosistem Akuakultur	2
D. Sistem Pendukung Keputusan Sysmar	3
B A B 2	
Cakupan Sistem Pendukung Keputusan Sysmar	7
A. Kesesuaian Lahan	8
B. Daya Dukung Lingkungan	12
C. Pakan Akuakultur	22
D. Skala Budidaya dan Jarak	25
E. Analisis Ekonomi dari Investasi Akuakultur Kelautan	26
F. Sistem Pendukung Keputusan dalam Budidaya KJA Kerapu	29
B A B 3	
Sistem Pendukung Keputusan Sysmar	33
A. Pendahuluan	33
B. Identifikasi dari Kesesuaian Lahan	34

C. Pendugaan dari Daya Dukung Lingkungan	37
D. Analisis Ekonomi	40
E. Tampilan Antarmuka yang Ramah Pengguna	43

B A B 4

Studi Area	49
A. Tinjauan	49
B. Investigasi dari <i>Fisheries Management Area</i> (FMA)	51

B A B 5

Model Hidraulika dan Gelombang	63
A. Tinjauan	63
B. Model Hidraulika	63
C. Model Gelombang	69
D. Hasil dari Simulasi Model	73
E. Kesimpulan	82

B A B 6

Aplikasi dari SPK Sysmar dan Hasil	83
A. SPK Sysmar: Kesesuaian Lahan	83
B. Evaluasi dari Daya Dukung Lingkungan Menggunakan SPK Sysmar	101
C. Analisis Ekonomi dari SPK Sysmar	117

B A B 7

Diskusi dan Kesimpulan	129
A. Diskusi	129
B. Kesimpulan	140
C. Rekomendasi	144

Glosarium	149
------------------------	-----

Daftar Pustaka	157
-----------------------------	-----

Lampiran	179
-----------------------	-----

Biografi Penulis	183
-------------------------------	-----

Daftar Gambar

Gambar 3.1.	Skema dari Penilaian Kesesuaian.....	37
Gambar 3.2.	Daerah <i>footprint</i> sesuai ukuran lokasi budidaya dan kontribusi menurut adveksi dan difusi	38
Gambar 3.3.	Tampilan layar pembuka dari antarmuka SPK Sysmar.....	44
Gambar 3.4.	Tampilan properti dari lokasi budidaya.....	44
Gambar 3.5.	Tampilan stok properti.....	45
Gambar 3.6.	Tampilan kriteria kesesuaian Lahan.....	46
Gambar 3.7.	Tampilan sistem informasi geografis untuk proses dan perencanaan data spasial	47
Gambar 3.8.	Tampilan analisis ekonomi dari SPK Sysmar.....	48
Gambar 4.1.	Lokasi dari Fisheries Management Areas di Indonesia.....	50
Gambar 4.2.	Studi area.....	50
Gambar 4.3.	Batimetri kedalaman dari Pulau Talise sesuai dengan Peta Nautikal Indonesia no. 344.....	52
Gambar 4.4.	Pulau Talise - model batimetri lokal.....	53
Gambar 4.5.	Kedalaman batimetri sesuai dengan Peta Nautikal Indonesia No. 42.....	56
Gambar 4.6.	Pulau Galang - batimetri dari model lokal.....	57
Gambar 4.7.	Batimetri kedalaman Teluk Ekas sesuai dengan Peta Nautikal No. 262	60

Gambar 4.8.	Teluk Ekas – batimetri dari model lokal.....	60
Gambar 5.1.	Penggabungan model Pulau Talise: model besar, menengah dan regional	68
Gambar 5.2.	Penggabungan Model di Pulau Galang: Besar, Menengah dan Kecil	68
Gambar 5.3.	Penggabungan model di Teluk Ekas: besar, menengah dan kecil	69
Gambar 5.4.	Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Pulau Talise.....	72
Gambar 5.5.	Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Pulau Galang.....	72
Gambar 5.6.	Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Teluk Ekas.....	72
Gambar 5.7.	Hasil dari model hidraulika di lokal model Pulau Talise.....	75
Gambar 5.8.	Hasil dari model gelombang di sekitar Pulau Talise.....	75
Gambar 5.9.	Hasil dari model hidraulika di lokal model Pulau Galang.....	78
Gambar 5.10.	Hasil dari model gelombang di sekitar Pulau Galang.....	79
Gambar 5.11.	Hasil dari model hidraulika di lokal model Teluk Ekas.....	81
Gambar 5.12.	Hasil dari model gelombang di sekitar Teluk Ekas.....	82
Gambar 6.1.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan kedalaman air minimum.....	85
Gambar 6.2.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan kedalam air maksimum.....	85
Gambar 6.3.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan penggelontoran.....	86
Gambar 6.4.	Peta Kesesuain di sekitar Pulau Talise berdasarkan eksposur terhadap Arus.....	87

Gambar 6.5.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan tinggi gelombang.....	87
Gambar 6.6.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan kedalaman air minimum.....	89
Gambar 6.7.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan kedalaman air minimum.....	89
Gambar 6.8.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan penggelontoran.....	90
Gambar 6.9.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan arus	90
Gambar 6.10.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan tinggi gelombang.....	91
Gambar 6.11.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan eksposur dari angin.....	92
Gambar 6.12.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan eksposur terhadap kualitas air.....	92
Gambar 6.13.	Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan ICZM.....	93
Gambar 6.14.	Kriteria ICZM di Pulau Galang	94
Gambar 6.15.	Hasil akhir dari peta kesesuain dari seluruh parameter di sekitar Pulau Galang.....	95
Gambar 6.16.	Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan kedalaman air minimum.....	96
Gambar 6.17.	Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan kedalaman air maksimum.....	97
Gambar 6.18.	Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan penggelontoran.....	97
Gambar 6.19.	Peta Kesesuaian Di sekitar Teluk Ekas berdasarkan Kecepatan Arus.....	98
Gambar 6.20.	Daya dukung produksi termasuk usulan lokasi budidaya yang potensial di Pulau Galang.....	102
Gambar 6.21.	Batimetri dan kecepatan arus di sekitar Pulau Galang.....	110

Gambar 6.22. Kecepatan maksimum arus saat pasang di sekitar Pulau Galang..... 111

Gambar 6.23. Kecepatan maksimum arus saat surut di sekitar Pulau Galang..... 112

Gambar 6.24. Tinggi muka air dan kecepatan arus pada titik observasi G3 112

Gambar 6.25. 5 Lokasi yang sesuai untuk lokasi budidaya di sekitar Pulau Galang..... 114

Gambar 6.26. Detail dari 5 lokasi terbaik dari lokasi budidaya di sekitar Pulau Galang..... 114

Gambar 6.27. Pengaturan budidaya dari 600 KJA kerapu..... 115

Gambar 6.28. Pengaturan budidaya dari 10 KJA kerapu 117

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Penyeleksian Model Model Penting yang Digunakan untuk Menentukan Daya Dukung Lingkungan Sesuai Konsep EAA.....	16
Tabel 3.1. Kesesuaian Lahan dari Pembesaran Kerapu dalam Keramba jaring apung	34
Tabel 6.1. Hasil Pendugaan Kesesuaian Lahan dan Daya Dukung Lingkungan	104
Tabel 6.2. Hubungan Antara Jumlah KJA dengan Produksi Maksimum dari Budidaya Keramba Jaring Apung Ikan.....	106
Tabel 6.3. Pendugaan dari Ukuran Budidaya KJA Maksimum dan Total Produksi di Pulau Galang.....	107
Tabel 6.4. 5 Lokasi Budidaya Terbaik di sekitar Pulau Galang	110
Tabel 6.5. Properti Ekonomi dari Budidaya Kerapu di Pulau Galang.....	120
Tabel 6.6. Biaya Modal Berdasarkan 10 KJA di Pulau Galang...	121
Tabel 6.7. Biaya Modal Berdasarkan 600 KJA di Pulau Galang	122
Tabel 6.8. <i>Cash Flow</i> / Aliran Uang dari 10 KJA Budidaya Kerapu Di Pulau Galang Diberi Pakan dengan Pelet	124
Tabel 6.9. <i>Cash Flow</i> / Aliran Uang dari Budidaya 600 KJA Kerapu Macan di Pulau Galang	126

Tabel 6.10. Ranking dari Analisis Ekonomi dari Budidaya KJA Kerapu.....	127
Tabel 7.1. Perbedaan Jenis Daya Dukung Lingkungan Menurut Konsep <i>Ecosystem Aquaculture Approach</i>	142

BAB 1

Pendahuluan

A. Mengapa Harus Berkelanjutan

Ketika stok ikan menurun di dunia dan pertumbuhan manusia bertambah, akuakultur menjadi salah satu sektor yang tercepat sebagai penghasil makanan dan juga penting sebagai penyedia makanan bagi populasi manusia di dunia (Rückert, *et.al.* 2009; FAO 2007; Staniford, 2002). Sebaliknya, hasil dari peningkatan produksi ikan dan budidaya laut lainnya perlu adanya perhatian khusus berkaitan dengan akibat dari kegiatan ini terhadap lingkungan. Namun, hingga kini perhatian masih sedikit diberikan pada pelaksanaan lingkungan yang keberlanjutan. Di antaranya degradasi dari lingkungan pantai, tumpang tindih dan konflik penggunaan daerah pantai, serta pelanggaran hukum berdasarkan manajemen dari kelautan dan lingkungan pantai yang tidak diperhatikan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan akuakultur teknologi dan membuat seperangkat manajemen yang mengakomodasi kebutuhan untuk proses yang ramah lingkungan dan memperhatikan ketahanan pangan (Hermawan, *et.al.* 2012).

B. Perkembangan Budidaya Kelautan di Indonesia

Menurut FAO (2007), Indonesia merupakan penghasil akukultur terbesar dari kerapu di Asia Tenggara (De Silva dan Philips, 2007). Menjadi negara kepulauan yang terbesar di dunia dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km, setara dengan 14% dari panjang garis pantai di dunia, Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk pengembangan industri marikultur (KKP, 2009). Perkembangan dari marikultur dan sektor perikanan diharapkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, khususnya para nelayan dan petani ikan yang saat ini hidup di bawah tingkat kemiskinan (BPS, 2009). Di sisi lain, pencapaian dari praktik keberlanjutan dan manajemen sistem untuk melindungi lingkungan pantai masih jarang, untuk itu usaha atau kegiatan yang lebih harus dilakukan.

C. Konsep Pendekatan Ekosistem Akuakultur

Di tahun 2010, *ecosystem approach to aquaculture* (EAA) telah dikenalkan oleh FAO untuk mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan, adil, dan fleksibel dari sistem sosial ekologis yang saling berhubungan. Tantangan bagi perencana pantai dan kelautan untuk menata sumber pantai dan kelautan, yang seimbang antara keuntungan ekonomi dengan kebutuhan kelestarian lingkungan untuk menjamin pengembangan yang berkelanjutan. Di Indonesia pengembangan keramba jaring apung (KJA) ikan kerapu yang berkelanjutan masih dipengaruhi oleh permasalahan di bidang kebijakan, sumber daya, institusi, faktor sosial ekonomi, teknologi, dan keuangan (Sugama, 2010). Sebuah pengertian atau wawasan yang baik dari kebutuhan tersebut dapat dilaksanakan melalui penentuan kesesuaian lahan, daya dukung lingkungan dan kelayakan ekonomi yang menyediakan prinsip dasar mengatasi permasalahan tersebut.

D. Sistem Pendukung Keputusan Sysmar

Farhan dan Lim (2010), merekomendasikan penggunaan SPK untuk mengaplikasikan fleksibilitas dari dinamika lingkungan. Dengan sistem ini dapat digunakan untuk mengakomodir kompleksitas dari isu manajemen pantai dan mendukung para pengambil keputusan yang berintegrasi antara sosial ekonomi dan biogeofisik dari lingkungan, serta dalam keputusan politik. Beberapa peneliti telah berusaha untuk memenuhi kebutuhan agar pengembangan marikultur berkelanjutan melalui perangkat perencanaan untuk majemen yang mempergunakan SIG, pengukuran lapangan dan hasil dari aplikasi model numerik (Silvert, 1994, 2010; Hargrave, 2003; Mayerle & Windupranata, 2006, Mayerle et al. 2009; Martinez, *et.al.* 2008; Longdill, *et.al.* 2008; Boroushaki, 2008; Kapetsky, Manjarrez, Soto, 2007; Szutser, 2010; Van der Wulp, *et.al.* 2010; Mayerle, *et.al.* 2011; Hermawan, *et.al.* 2012).

SPK Sysmar mengintegrasikan kondisi perairan laut dari segi fisik, kimia dan biologi, serta informasi dari penggunaan lingkungan pantai. Sistem ini telah digunakan untuk menentukan kesesuaian lahan dari budidaya KJA kerapu dan karakter penyebaran limbahnya di setiap lokasi, serta dapat menduga daya dukung lingkungan berdasarkan endapan dari partikulat karbon dan peningkatan jumlah dari nitrogen terlarut di kolom air laut. Sistem ini juga telah sukses di aplikasikan pada beberapa lokasi di Indonesia, seperti: Kepulauan Seribu (Laut Jawa), Batam (Kepulauan Riau), Teluk Pegamatan dan Celukanbawang (Bali), serta Teluk Saleh (Lombok). Pengukuran dan program monitoring dilakukan di Teluk Pegamatan (Bali) bekerja sama dengan Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut, Gondol Bali, Indonesia (van der Wulp, *et.al.* 2010, Mayerle, *et.al.* 2011).

Bersamaan dengan perkembangan SPK Sysmar, perhatian khususnya ditujukan pada hal pokok, yaitu kebutuhan untuk

penggunaan program perangkat lunak (*software*) yang lebih ramah pada pengguna. Kekurangan dari pengukuran data di daerah yang terpencil telah diidentifikasi sebagai masalah utama selama bertahun-tahun begitu juga pada penelitian ini. Pada studi ini akan dilengkapi dengan sebuah evaluasi dari kelayakan ekonomi. Hasilnya akan memberikan masukan kepada pembuat keputusan dan masyarakat berdasarkan pada kesesuaian lahan yang terbaik, penilaian terhadap kelayakan ekonomi pada lokasi studi.

Investigasi akan dilakukan pada tiga lokasi yang menjadi prioritas di Indonesia, yaitu: pulau Talise yang berada di ujung utara Pulau Sulawesi, Pulau Galang yang merupakan bagian dari kepulauan Riau bersepedan dengan Singapura serta Teluk Ekas yang berlokasi di selatan Pulau Lombok. Pengembangan berfokus pada spesies ikan kerapu yang memiliki harga jual tinggi yang dibudidayakan dengan keramba jaring apung di Indonesia (Heemstra and Randal, 1993; Sim, *et.al.* 2005; Sadovy, *et.al.* 2003, 2008), khususnya pada kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*), kerapu bebek (*Cromoliptes altivelis*), dan kerapu sunuk (*Plectropomeus leopardus*).

1. Hipotesis

Sesuai dengan kode etik perikanan yang bertanggung jawab (*code of conduct on responsible fisheries*) yang dikeluarkan oleh FAO (2011), perspektif baru dari pembangunan akuakultur adalah untuk menjamin kebaruan ekologis yang berkaitan dengan sebuah pemanfaatan yang rasional dari sumber daya alam pada bidang akuakultur dan kegiatan lainnya. Studi ini mengaplikasikan konsep ini, karena itu hipotesis dari buku ini adalah pengaplikasian sebuah sistem untuk manajemen dari kebaruan keramba jaring apung untuk ikan kerapu, SPK Sysmar mampu dijadikan sebagai alat untuk mencapai tujuan ini. SPK ini mempergunakan informasi hidrodinamika yang beresolusi tinggi dengan mempertimbangkan kedalaman air, kecepatan arus, dan

tinggi gelombang yang dihasilkan dari model hidrodinamika. Melalui SIG yang dikenal sebagai perangkat perencanaan spasial, SPK Sysmar dapat digunakan untuk membantu dalam pendugaan lokasi terbaik sesuai kesesuaian lahan, berbagai jenis daya dukung lingkungan, seperti daya dukung produksi dan daya dukung ekologis untuk menjamin pembangunan kebaruan yang menjamin kelestarian lingkungan. Ditambah lagi dengan sebuah metode yang sesuai dengan analisis ekonomi dari investasi marikultur. Indikator dari kelayakan finansial juga dapat dijadikan sebagai acuan dari penilaian ekonomi yang akan diidentifikasi. Hasil dari keseluruhan itu dapat digunakan sebagai alat yang tepat untuk pembuat keputusan umum ketika mengevaluasi efek dari pembangunan dan perkembangan dari operasional akuakultur yang keberlanjutan.

2. Objektif

Objektif utama yang akan dicapai dari pengaplikasian SPK Sysmar pada buku ini sebagai berikut.

- a. Kesesuaian lahan yang dikenal sebagai daya dukung fisik untuk keramba jaring apung ikan kerapu pada tiga lokasi di Indonesia berdasarkan hasil model numerik hidrodinamika, kualitas air, dan *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*.
- b. Memperkirakan berbagai macam jenis daya dukung lingkungan yang keberlanjutan sesuai konsep EAA, yaitu: daya dukung produksi dan daya dukung ekologis. Penentuan daya dukung produksi berdasarkan endapan sedimen atau unsur partikulat yang berasal dari peternakan keramba jalan apung kerapu dan juga kualitas air laut yang berada di kolom air di sekitar keramba jaring apung menurut kandungan nitrogen yang terlarut (daya dukung ekologis).
- c. Penilaian keuntungan untuk investasi keramba jaring apung kerapu sesuai analisis ekonomi. Di mana kompetensi dari indikator keuangan dalam definisi dari ranking pada

analisis kasus akan dilaksanakan. Indikator dari kelayakan ekonomi dari sebuah investasi yang digunakan pada studi ini adalah NPV, IRR, dan PP. Sebuah penilaian yang hati-hati dilaksanakan dan direkomendasikan untuk perbaikan akan diajukan. Metode ini juga termasuk dalam SPK Sysmar dan akan didiskusikan.

- d. Dasar dari investigasi memberikan informasi untuk studi selanjutnya yang bertujuan pada pembangunan dari ke-efektifan SPK yang telah ada.

BAB 2

Cakupan Sistem Pendukung Keputusan Sysmar

Studi ini berfokus pada aplikasi sebuah SPK dan numerikal model, begitu juga dengan kriteria kelayakan ekonomi untuk pembangunan keramba jaring apung ikan kerapu yang berkelanjutan di Indonesia. Perhatian diberikan pada manajemen lingkungan dan sosial ekonomi dari peternakan keramba jaring apung untuk ikan kerapu. Sebagai salah satu makanan yang memiliki harga ekonomis tinggi, kerapu memberikan harga yang tinggi bukan saja untuk harga domestik, namun juga harga ekspor, khususnya ke Hongkong, Jepang, Singapura, dan Cina Selatan (Sim, *et.al.*; 2005). Belakang ini terjadi peningkatan jumlah penelitian dari konsep yang berhubungan dengan pembudidayaan keramba jaring apung di Indonesia. FAO (2011) menyimpulkan prinsip utama dari praktik perlindungan terhadap lingkungan dan ekologis pada tingkat produksi dari aktivitas akuakultur. Untuk

menjamin keberhasilan operasional budidaya keramba jaring apung kerapu, NACA merekomendasikan perbaikan dari petunjuk kunci dan praktik manajemen budidaya ini (Pahlevi, *et.al*; 2012).

Literatur pendukung pada subyek ini cukup berkembang, namun hanya yang berkenaan dengan pokok bahasan langsung pada studi ini yang akan disajikan pada bab ini. Hal ini termasuk pandangan mengenai metodologi yang diadopsi untuk penentuan lokasi terbaik dan kriteria yang digunakan untuk memperkirakan kesesuaian lahan pada sistem keramba jaring apung. Perhatian juga diberikan pada skala dari budidaya ikan dan juga pada pokok bahasan yang berkaitan dengan pakan akuakultur yang berkelanjutan. Akhirnya, sebuah analisis mengenai konsep ekonomi mengenai investasi marikultur di Indonesia dan pembangunan pada saat ini dari SPK untuk manajemen dari KJA di sediakan.

A. Kesesuaian Lahan

Ada bukti jelas bahwa ada penurunan kualitas dari air dan sedimentasi yang disebabkan oleh pengaruh kondisi keramba jaring apung pada lingkungan di sekitarnya, begitu juga di daerah operasional budidaya. Ketidaksesuaian lahan merupakan alasan yang paling sering dijadikan untuk kegagalan dalam proyek akuakultur dan memberikan efek negatif pada lingkungan (Boyd and Clay, 2002). Penentuan daerah yang sesuai dengan kesesuaian lahan sangat penting mengurangi biaya konstruksi dan juga biaya operasional, begitu juga pencapaian waktu tumbuh kembang dan bertahan hidup begitu dan juga umur keberlangsungan operasional keramba jaring apung. Pemilihan lokasi pada sebuah lingkungan pantai seharusnya berdasarkan kesesuaian yang luas dan mempertimbangkan analisis kebaruan. Parameter kesesuaian berhubungan dengan kondisi yang diisyaratkan pada kesuksesan pembudidayaan dari spesies yang dibudidayakan, serta bekerja sama dengan operasional budidaya dari ekosistem

daerah penunjang dengan mempertimbangkan tidak melebihi emisi yang diisyaratkan. Seperti yang telah dijelaskan, penurunan lingkungan akan terjadi bila ekosistem tidak mampu menahan polusi yang berasal dari lokasi budidaya. Oleh karena itu, kebaruan mengindikasikan bahwa sebuah sumber daya alam seharusnya digunakan jangan sampai gagal karena masa depan generasi selanjutnya masih membutuhkan keuntungan dari hal ini.

Untuk menjamin pertumbuhan ikan dan mengurangi risiko penyakit serta kematian dalam jumlah besar, beberapa referensi biofisik atau parameter kualitas air yang sesuai telah direkomendasikan pada spesies kerapu (FAO, 1989; Cross and Kingzett, 1992; Kapetsky and Aguilar-Manjarrez, 2007; Szuster and Albasri, 2010; Mayerle and Windupranata, 2006). Kunci dari parameter fisik, kimia, karakteristik sedimen, serta pemanfaatan pantai diidentifikasi oleh Windupranata (2007). Tabel 3.1 memberikan daftar parameter yang digunakan untuk praktik di Indonesia.

FAO (2010) menggarisbawahi potensi dari perangkat perencanaan spasial untuk mendukung pengembangan akuakultur yang berbasis ekosistem, awalnya berbagai perangkat dan metodologi digunakan untuk memenuhi kelestarian lingkungan serta menganalisis risiko. Agar dapat mengimplementasikannya, elemen penting dari EAA misalnya penggunaan perangkat perencanaan spasial, seperti: SIG, teknik penginderaan jarak jauh (*remote sensing*), peta, manajemen data dan analisis, model numerik hidraulika, dan perangkat pengambil keputusan diisyaratkan. Ferreira, *et.al.* (2012) mendemonstrasikan hubungan dari kemajuan teknologi dengan memanfaatkan SIG, satelit, penginderaan jarak jauh, dan model numerik untuk penentuan seleksi lokasi yang sesuai.

Selama beberapa tahun, SIG berdasarkan model telah dikenal menjadi metodologi standar dalam penentuan kesesuaian lahan (Nath, *et.al.* 2000). Martinez (2002) melaporkan bahwa aplikasi dari teknik SIG, teknik penginderaan jarak jauh dan pemetaan

digunakan untuk menentukan kesesuaian daerah potensial dari sebuah daerah untuk pengembangan budidaya keramba ikan. Daerah yang paling sesuai telah ditentukan berdasarkan penyebaran alam dari lokasi penelitian. Penilaian dari dampak lingkungan memfasilitasi putusan terakhir dan membantu para pembuat undang-undang serta pembuat keputusan, di mana pada daerah tertentu mendukung untuk diadakannya pembangunan yang berkelanjutan. Hasil dari model digunakan dengan biaya efektif yang berarti membantu menilai pendugaan potensi penyebaran dari sebuah daerah dengan menghitung jumlah limbah (makanan tak termakan dan kotoran) serta distribusi dari sisa dan pengeluarannya. Sebuah versi baru dari model pendugaan distribusi bahan limbah budidaya keramba laut digunakan dalam kombinasi antara SIG dan lembaran terpisah.

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.1, Windupranata (2007) mengintegrasikan perangkat SIG dengan hasil dari model simulasi numerik untuk kesesuaian lahan dan juga mengidentifikasi parameter kunci untuk penyeleksian daerah yang sesuai untuk keramba jaring apung di Indonesia. Pada kesesuaian lahan, informasi yang ada diklasifikasikan pada "optimal, sesuai, dan tidak sesuai". Pembebanan hamparan (*overlay grid*) mengarahkan kepada penilaian kesesuaian data yang berhubungan dengan teknik penyaringan untuk mengeluarkan nilai yang tidak sesuai di saat pengaplikasian pada penelitian ini. Hasil menyajikan sebuah penampilan spasial dari daerah yang sesuai untuk budidaya keramba jaring apung. Hal sama diungkapkan oleh Longdil, *et.al.* (2008) dengan mempergunakan SIG yang dikombinasikan dengan hasil dari model untuk mengidentifikasi kesesuaian model terbaik dan lokasi yang berkelanjutan untuk sebuah manajemen marikultur di Teluk Plenty, New Zealand. Fokus diberikan pada operasional akuakultur dan budidaya kerang apung (*Perna canaliculus*) serta pada kondisi

keadaan alam yang ada, penggunaan daerah pantai, begitu juga pihak terkait yang dimasukkan dalam perhatian khusus.

Rajitha, *et.al.* (2007) merekomendasikan menggunakan teknik pembebanan hamparan yang berhubungan dengan tingkat kepentingan dari berbagai faktor berdasarkan contoh pada investigasi dan analisis subjektif. Sementara itu, Radiarta *et.al.* (2010) mengintegrasikan informasi dari teknik yang mempergunakan satelit dan pengindraan jarak jauh dengan sebuah model SIG. Pendekatan dengan evaluasi multikriteria untuk menghitung kesesuaian lahan akuakultur untuk budidaya *Japanese Kelp (Laminaria Japonica)* di Selatan Hokaido, Jepang juga diadopsi. Fokus diberikan pada parameter fisik di antaranya suhu permukaan laut, bahan padat terapung, dan batimetri. Prosedur evaluasi multikriteria di adopsi. Keefektifan dari teknik pengindraan jarak jauh didemonstrasikan oleh Silva, *et.al.* (2011), hasilnya mengonfirmasi potensi keuntungan dari teknik pengindraan jarak jauh untuk meningkatkan spasial dan resolusi spektral dari data dan untuk dapat memetakan fitur berdasarkan dari refleksi gelombang. Informasi didapatkan dari batimetri, jenis lapisan tanah, klasifikasi dari spesies lamun, perubahan garis pantai, klasifikasi badan air, penilaian polusi laut termasuk klorofil dan bahan organik karbon dapat dihasilkan secara cukup efektif.

Hubungan yang kuat antara kesesuaian lahan berkelanjutan telah dijelaskan pada literatur, dan pentingnya penentuan kesesuaian lahan dalam pengembangan KJA kerapu telah dilaksanakan. SIG dapat diaplikasikan untuk mencapai tujuan ini dalam beberapa cara, yaitu membuat wawasan luas dari sumber data untuk membuat model spasial pengembangan marikultur. Kegunaan dari fasilitas SIG yang mengintegrasikan dari kriteria untuk penentuan akuakultur dan penampilan lainnya untuk mengklasifikasi daerah yang cocok untuk aktivitas yang berbeda atau kombinasi dari berbagai aktivitas, termasuk akuakultur. Sistem hamparan dari informasi yang sederhana merupakan

teknik yang umumnya digunakan sehingga pembebanan setiap lapisan telah digunakan pada saat ini. Model SIG menyediakan efisiensi dan perangkat yang efektif untuk kesesuaian lahan serta dapat menyediakan sebuah tampilan dengan struktur analisis dari data spasial hingga dapat digunakan untuk tujuan dari penilaian sumber daya alam dan manajemen.

B. Daya Dukung Lingkungan

Konsep dari daya dukung lingkungan adalah sebuah faktor penting untuk ekosistem yang berdasarkan manajemen dari produksi akuakultur dalam penentuan batas atas dari kemampuan lingkungan, penerimaan sosial, dan kebutuhan untuk menghindari ketidakperubahan penerimaan fungsi sosial dan struktur dari ekosistem alam (Ross, *et.al.*; 2013). Penilaian daya dukung lingkungan tidak hanya berdasarkan lingkungan yang keberlanjutan sebagai batas dari budidaya akuakultur atau ukuran jumlah populasi, namun juga diaplikasikan pada ekosistem, keairan, serta skala global. Secara umum, kesesuaian lahan untuk akuakultur umumnya didasarkan pada produksi, namun para ahli telah meningkatkan pemahaman kategori yang lebih komprehensif, yaitu berdasarkan pada fisik, produksi, ekologis, dan sosial (Ross, *et.al.* 2013).

Inglis, *et.al.* (2002) dan Mc Kindsey, *et.al.* (2006) mengidentifikasi 4 tipe dari daya dukung lingkungan, yaitu: fisik, produksi, ekologis, dan sosial. Daya dukung fisik adalah jumlah total potensial daerah yang cocok untuk pengembangan dari budidaya ikan dalam ekosistem tanpa konflik dengan pengguna lainnya (Mc Kindsey, *et.al.*; 2006 dan FAO; 2010). “Daya dukung produksi” didefinisikan sebagai *stocking density* dari produksi atau dari tingkatan optimal produksi yang mengarah pada produksi maksimum akuakultur, khususnya pada daerah kecil atau skala budidaya dengan suatu kolam di perairan laut (FAO, 2010). Hal

ini diindikasikan dengan jumlah produksi biomassa dari kolam air yang tidak melebihi kapasitas daya dukung ekologis (Byron dan Coasta-Pierce, 2010). “Daya dukung ekologis” didefinisikan sebagai stok atau jumlah tertinggi kerapatan suatu budidaya atau jumlah produksi dari biomassa dalam kolom air tanpa efek negatif ekologis (FAO, 2010). Hal ini memberikan sebuah indikasi dari jumlah produksi akuakultur yang dapat diturunkan tanpa mengarahkan perubahan penting dalam proses ekologis, spesies, populasi, atau komunitas dalam lingkungan (Byron dan Coasta-Piercem 2010; Gibss, 2007; dan FAO, 2010). Besaran dari pengembangan sesuai intensitas, skala, sistem produksi, dan pengaruh masalah sosial yang tidak dapat diterima ekosistem dihitung untuk tiga jenis daya dukung lingkungan, didefinisikan sebagai daya dukung sosial (Mc Kindsey, *et.al.*, 2006 dan FAO, 2010).

Daya dukung lingkungan biasanya didefinisikan sebagai jumlah maksimum dari biomassa budidaya sebuah spesies yang dapat di dukung tanpa melampaui akibat negatif yang dapat diterima dari jumlah budidaya dan lingkungannya (Stigebrandt, 2011; Coasta-Pierce & Page, 2010; Byron & Coasta-Pierce, 2010; Legovic, *et.al.*, 2008). Masalah utama dalam pendugaan daya dukung lingkungan adalah ketakutan dari realitas dan metode yang objektif untuk menduga respons dari stok budidaya pada lingkungan, atau sebaliknya. Sejumlah riset telah dilakukan pada ekologi dari ekosistem lokal bentik, hal ini dikenal dengan kondisi lokasi khusus yang disebabkan oleh akumulasi limbah dan manajemen dari budidaya keramba jaring apung kerapu. Sebagai contoh, peningkatan dari bahan organik dalam stimulasi sedimen aktivitas mikrobiologi yang membutuhkan oksigen. Hal ini menyebabkan pengurangan oksigen dalam kolom air dan di tambahkan dalam pelepasan nutrien organik seperti nitrat, nitrit, ammonium, fosfat, dan silika (Morrisey, *et.al.*, 2000). Penurunan jumlah oksigen pada air bersih dari sedimen juga berhubungan dengan degradasi bakteri dari bahan organik. Baik langsung dan

tak langsung efek racun dapat meningkat di alam dari ekologi lokal bentik ekosistem (Findlay dan Watling, 1997).

Alasan utama untuk pengurangan kualitas air dari lingkungan perairan laut biasanya deposisi dari larutan padat pada dasar lautan di lingkungan budidaya keramba jaring apung. Aliran limbah yang mengandung konsentrasi tinggi dari bahan organik dan berasal dari pakan yang tidak termakan dan kotoran, dilepaskan di sekitar perairan. Umumnya, aliran tersebut memiliki karakteristik adanya penambahan jumlah larutan padat, *BOD*, *COD*, karbon, nitrogen, dan fosfat. Akibatnya, tingkat dari karbon organik dan nutrisi lainnya dalam lingkungan bentik meningkat (Gilibrand, *et.al.*, 2002; Kibria, *et.al.*, 1996; Niederndorfer, 2006).

Beberapa studi berusaha untuk menduga kesesuaian lahan berdasarkan model simulasi. Byron, *et.al.* (2011) mengaplikasikan sebuah model keseimbangan masa untuk memperkirakan daya dukung ekologis pada sebuah laguna yang mengalir di Rhode Island, USA. Keseimbangan tetap terjadi bila sebuah biomassa dari grup konsumsi yang lebih tinggi tingkat tropiknya menjadi terbelah dua atau ganda. Kelebihan daya dukung ekologis mengakibatkan fitoplankton menjadi ukuran yang berlebih pada model serta menghasilkan sebuah ekotropik efisiensi yang bernilai lebih dari 1. Hasil menunjukkan bahwa budidaya kerang saat ini dapat ditingkatkan 62 kali lipat sebelum daya dukung ekologis dilewati. Kapasitas yang tinggi dari sistem ini memperkenankan para manajer untuk mempertimbangkan pengembangan budidaya dari ikan karang.

Alongi, dkk. (2009) menginvestigasi sisa dari bahan organik pada skala kecil budidaya ikan di perairan laut Sulawesi dan Sumatra, Indonesia. Siklus makanan, proses karbon dalam air, sedimentasi dan sirkulasi air di analisis pada 2 lokasi budidaya. Perbedaan jenis makanan juga dipertimbangkan dan model keseimbangan masa dari C, N, dan P juga diteliti untuk memprediksi *pathway* dari pemanfaatan dan penyebaran. Budidaya dengan

skala kecil memberikan kontribusi masalah yang kecil terhadap lingkungan, dengan deposisi karbon pada sedimen di bawah kolam yang berada pada rata-rata $0.26 - 0.27 \text{ g C m}^{-2}\text{yr}^{-1}$. Pada kedua kolam budidaya, pertumbuhan bentik umumnya terjadi kurang dari 25% dari jumlah total C flux dan denitrifikasi/oksidasi ammonium hanya 4-17 % dari sedimen. Tidak ada data mengenai pengaruh pada jarak dari keramba yang diidentifikasi.

Gilibrand, *et.al.* (2002) mengembangkan sebuah kotak model untuk memperkirakan tingkat pencapaian nutrisi dan pengaruh bentik dari budidaya ikan sisik di Laut Loch, Skotlandia, di mana nitrogein diperlakukan sebagai bahan yang konvensional. Sebuah model yang telah dimodifikasi dari penyebaran partikulat (dikenal dengan model Gowen) diaplikasikan untuk menduga pengaruh dari bentik, memberikan deposisi dari bahan organik dalam bentuk padat dari kolam atau lokasi budidaya *finfish*/ ikan sisik. Pendugaan yang dilakukan di dasar laut dipengaruhi oleh perbedaan tingkat dari deposisi organik karbon. Perhatian diberikan pada penyeleksian dari kecepatan jatuh dan asosiasi jumlah karbon yang dikeluarkan. Nilai penggelontoran, total konsentrasi biomassa dari budidaya ikan sisik dan nilai dari sumber nitrogen juga menjadi bahan pertimbangan. Dari pengaplikasian model, nilai nitrogen yang dikeluarkan sebesar 48.2 kg N per ton dari setiap ton ikan salmon yang dihasilkan per tahunnya juga menjadi pertimbangan. Tingkat deposisi organik karbon pada dasar laut dari sebuah teluk melebihi dari $0.70 \text{ kg C m}^{-2}\text{y}^{-1}$, yang sama dengan kurang lebih $1.9 \text{ g C m}^{-2}\text{d}^{-1}$. Di tempat di mana nilai deposisi melebihi nilai ini, dasar laut ditemukan dalam kondisi "degradasi" dan keragaman dari sedimen berkurang.

Filgueira, *et.al.* (2010) mengembangkan sebuah model multiboks dengan visual simulasi lingkungan yang dikerjakan dengan perangkat lunak *Simile*. Sistem ini mengizinkan penggabungan eksplisit antara 1 kotak dengan kotak lainnya untuk membantu dalam mengembangkan budidaya kerang yang berkelanjutan di

Lysefjord, Barat Daya Norweiga. Daya dukung lingkungan untuk budidaya kerang dikerjakan sesuai karakteristik dari lingkungan dan ketersediaan pangan, serta optimisasi dari berbagai parameter untuk pencapaian manajemen dari produksi kerang.

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berisikan daftar dari model utama untuk pendugaan dari daya dukung lingkungan dalam sebuah pendekatan budidaya ekosistem, yang diaplikasikan di beberapa lokasi di seluruh dunia. Kebanyakan dari aplikasi ini berdasarkan pada penilaian dari daya dukung produksi sesuai tingkat produksi dari biomassa/kepadatan stok/kapasitas produksi (Cromey, *et.al.*, 2002; Halide, *et.al.*, 2009; dan Stigebrandt, *et.al.*, 2011). Pertimbangan lainnya berkaitan dengan daya dukung fisik berdasarkan penentuan kesesuaian lahan dan kualitas air (Cromey, *et.al.*, 2005 and Sepa, 2005; Halide, *et.al.*, 2009), sedangkan daya dukung ekologis diadopsi dari Cai dan Sun (2007) serta Rensel, *et.al.* (2007). Mereka menilai kapasitas menggunakan sebuah model berdasarkan kualitas air dan pengaruh dari ekosistem benthik. Seperti yang dapat dilihat, para peneliti telah menentukan dan mendefinisikan daya dukung lingkungan sesuai pendekatan ekosistem akuakultur dengan objek dan metode yang berbeda.

Untuk memberikan perbaikan dalam memperkirakan efek dari budidaya kelautan yang besar pada bentos dan lebih objektif dalam pembuatan keputusan, Cromey, *et.al.* (2000) mengembangkan DEPOMOD sebagai sebuah model pelacak partikel yang menggambarkan transportasi partikel dari permukaan sampai ke dasar laut. Objektif model ini untuk memperkirakan akumulasi benda padat pada 6 tempat di wilayah budidaya kelautan Skotlandia dan untuk menduga terjadinya percepatan benda-benda padat pada dasar laut serta hubungan perubahan dalam komunitas benthik fauna. Model divalidasi mempergunakan studi perangkat sedimen dan memperkirakan fluk ($\text{g/m}^2/\text{hari}$) dengan akurasi sebesar $\pm 20\%$ dan $\pm 13\%$ untuk dispersi dan

lokasi deposional secara respektif. Data itu berasal angka-angka budidaya ikan di Skotlandia yang digunakan untuk memvalidasi sebuah model resuspensi, memperkirakan akumulasi padat ($\text{g}/\text{m}^2/\text{year}$), *Infaunal Tropic Index* (ITI), dan jumlah kelimpahan individu. DEPOMOD dapat digunakan juga untuk menjelaskan efek potensial dari budidaya selama siklus pertumbuhan dan digunakan dalam prosedur pemilihan lokasi dari sebuah tempat budidaya baru yang diselidiki untuk pendugaan letak dan tingkat biomassa dari kegiatan yang akan datang.

Tabel 2.1. Penyeleksian Model Model Penting yang Digunakan untuk Menentukan Daya Dukung Lingkungan Sesuai Konsep EAA

Pengarang/Sumber	Model	Objektif	Daya Dukung Lingkungan
Cromey et al. (2002); SEPA (2005); www.Sepa.org.uk/aquaculture/modelling	DEPOMOD AND AUTODEPOMOD	Pendugaan dari sisa limbah dan deposisi pakan dan bentuk	Kesesuaian Lahan sebagai daya dukung fisik, tingkatan biomasa sebagai daya dukung produksi
Cai and Sun (2007)	Hidrodinamika dan Transport Masa	Kualitas air yang berhubungan dengan pertukaran air dan pengaruh bentuk di lingkungan	Daya dukung ekologis
Rensel et al. (2007); www.aquamodel.org	AquaModel	Model menentukan pengaruh biomasa di kolam budidaya yang mempengaruhi ekosistem bentik dan pelagis	Total dari biomasa dalam skala budidaya yang luas sebagai daya dukung ekologis
Szuster and Albasri (2009)(see page 6)	Kerangka dari Kesesuaian Lahan	Kemampuan dari lokasi / lapangan dan analisis kesesuaian	Daerah yang sesuai sebagai daya dukung fisik
Halide et al. (2009); www.epa.org.uk/aquaculture/modelling	CADS TOOL (Cage Aquaculture Decision Support Tool)	Berdasarkan model MOM, SMOM, kesesuaian lahan, kelayakan ekonomi	Kapasitas batas sebagai daya dukung produksi
Gaček and Legović (2010)	3D Finite Element Tidal Model	Kesesuaian lahan sesuai dengan model kualitas air	Mengusulkan daya dukung ekologis
Stigebrandt et al. 2011	Norwegian MOM model	Biomasa maksimum ditentukan dengan model kualitas air dan ekosistem bentik	Kapasitas Stok sebagai Daya Dukung Produksi

Cai dan Sun (2007) mendeterminasi daya dukung ekologis dari akuakultur keramba laut berdasarkan nilai konversi makanan kering digunakan untuk menganalisis masuknya nutrien di Pelabuhan Xiangshan, China. Sebuah model hidraulika

digabungkan dengan kualitas air yang digunakan. Berdasarkan nitrogen dan fosfat yang dipertimbangkan dalam studi ini, hasil dari simulasi menunjukkan bahwa nilai maksimum dari nitrogen dan fosfat adalah 0.216 mg/l dan 0.039 mg/l. Perhitungan daya dukung lingkungan sesuai nitrogen dan fosfat, yakni 1.107 ton per tahun dan 134 ton per tahun secara respektif.

Rensel, *et.al.* (2007) memberikan sebuah pandangan dari kondisi hidrografis yang dapat digunakan, serta potensial untuk menentukan kualitas air dari budidaya kelautan ikan salmon di Selat Juan de Fuca, Barat Laut Pasifik Amerika Serikat. Kondisi ini juga dapat dimanfaatkan untuk kegiatan komersial dan rehabilitasi stok. Mereka melakukan studi mengenai sirkulasi dari arus, gelombang, dan penilaian fitoplankton. Hasilnya ditentukan menggunakan simulasi *aqua model* yang menghitung pertumbuhan dan permintaan metabolisme oksigen dari keramba ikan dan respons dari fitoplankton terhadap nutrisi serta pembesaran. Hasil dari model dan studi lapangan mengonfirmasikan bahwa tidak ada kemungkinan terjadi akibat efek negatif dari budidaya ikan di lautan yang dilakukan dalam skala besar, hal ini diindikasikan karena kurangnya peningkatan fitoplankton dan tidak terjadi *blooming*, serta pengurangan dari jumlah oksigen terlarut yang kurang dari 0.1 mg/l. Studi mereka memperlihatkan bahwa tinggi energi di lokasi dekat dengan pantai bagian selatan dari Selat merupakan daerah yang cocok untuk budidaya ikan bersisik karena efek negatif dari bentik dan komponen plankton tidak ditemukan. Para peneliti menyimpulkan bahwa efek dari budidaya pada kondisi bentik dan kualitas air menjadi tidak penting dan pembudidayaan ikan layak dilakukan di daerah Selat.

Szuster dan Albasri (2010) menentukan daerah yang sesuai dari daerah budidaya keramba jaring apung di Pulau Kaledupa Indonesia menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pengoleksian data difokuskan pada 15 parameter biofisik terhadap daerah yang sesuai, termasuk batimetri, PH, temperatur,

oksigen terlarut, kegharaman, nitrat, fosfat, tinggi gelombang, arus laut, sedimentasi, kejernihan air, pasang laut, parasit dan penyakit, polusi, serta surut laut. Sebagai tambahan, 7 parameter kesesuaian lainnya termasuk aktivitas pantai, transportasi, daerah penyelaman, daerah penangkapan, pelabuhan, daerah terlindung, spesies bentik, dan daerah tangkapan yang didapatkan melalui wawancara terhadap penduduk desa dan ahli lokal juga menjadi bahan pertimbangan. Hasilnya mengungkapkan bahwa 4.511 hektar dapat dijadikan lokasi budidaya kerapu dari 8.252 hektar daerah studi. Sementara itu, menurut pendapat dari penduduk desa, analisis kesesuaian diidentifikasi kurang lebih 2.667 hektar dan 4.083 hektar berdasarkan pada ahli lokal. Sesuai pendapat penduduk desa dan resolusi dari masalah fragmentasi maka menghasilkan pendugaan akhir daerah yang sesuai menjadi 2.423 hektar.

Untuk membantu para manajer akuakultur, Halide, *et.al.* (2009) mengembangkan sebuah sistem pengambil keputusan yang menampilkan tugas penting, seperti kapasitas produksi dan penilaian ekonomi dari sebuah akuakultur pada lokasi tertentu. Lokasi terbaik dievaluasi menggunakan sebuah perangkat analisis dari proses hierarki dan klasifikasi dalam tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan baik. Untuk menilai daya dukung lingkungan digunakan versi model yang sederhana dari *Modelling of growing monitoring* (Smom). Kemudian, mereka menghitung kerapatan produksi, $HD = 0.002$ dari aliran air di permukaan - 0.018 konsentrasi oksigen kritis dalam keramba + 0.004 variasi aliran - 0.012 jumlah keramba pada baris - 0.081 konsentrasi amonium dalam keramba + 0.075 konsentrasi kritis amonium dalam keramba - 0.008 rasio konversi pakan + 0.008 konsentrasi kritis oksigen pada dasar laut + 0.096 panjang total dari keramba. Penilaian ekonomi itu dihitung berdasarkan harga *break even point* dan pengembalian modal berdasarkan jumlah dan volume dari produksi, berat dari rerata ikan yang dipanen, rasio konversi

pangan, nilai bertahan hidup, biaya pakan, bibit, investasi keramba, bunga dari pinjaman bank, serta harga ikan.

Geček and Legović (2010) mengusulkan penilaian terhadap daya dukung lingkungan dari sejumlah proses untuk (a) kualitas air dengan unit, (b) pengaruh terhadap dasar laut, dan (c) kualitas air pada lingkungan sekitar. Sementara itu, sebuah model pasang surut tiga dimensi telah diaplikasikan di Teluk Balino Filipina, yang menunjukkan bahwa kualitas air dengan keramba mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap pertukaran air lokal.

Stigebrandt (2011) juga membuat sebuah model untuk memperkirakan budidaya kelautan yang berkelanjutan berdasarkan *Norwegian Mom model* (Aurre & Stigebrandt, 1990; Stigebrandt & Aure, 1995). Daya dukung itu diestimasikan pada dasar sebuah hubungan antara biomassa dari budidaya dan pengaruh lingkungannya. Awalnya pengaruh dari masukan/pakan dan biomassa ditentukan. Setelah itu itu, kapasitas produksi dari sebuah lokasi ditentukan dengan maksimum potensial produksi yang tidak mengakibatkan benthik infauna dan angka minimum dari konsentrasi amonium dan oksigen. Kesulitan utama dalam pendugaan merupakan ketidakpastian pada kondisi arus selama kondisi cuaca yang sangat tenang.

1. Daya Dukung Produksi

Dibandingkan dengan literatur di atas, dalam studi ini, daya dukung produksi telah didefinisikan berdasarkan partikulat karbon yang ditentukan dengan jumlah limbah dan karakteristik fisik serta deposisi yang berada di bawah budidaya KJA. Nilai deposisi dari partikulat bahan organik yang dihasilkan dari kotoran dan sisa pakan dipengaruhi oleh hidrodinamika di lapangan (Gowen, *et.al.*, 1989). Sebuah *footprint* pendekatan sederhana membandingkan kecepatan penurunan partikel, karbon *fluks*, kecepatan arus, kedalaman air, dan dispersi konstan untuk menyediakan sebuah pendekatan dari *footprint* deposisi karbon serta nilai

penurunan deposisi sekitar areal budidaya seperti yang digambarkan oleh Van der Wulp, *et.al.* (2010) dan Gilibrand *et al.* (2002).

Menurut Angel, *et.al.* (1995) serta Findlay dan Watling (1997), nilai dari karbon pada dasar lautan seharusnya tidak melebihi dari 1 sampai 5 g C m⁻²d⁻¹. Sementara itu, Morrisey, *et.al.* (2000) membuat model untuk menduga nilai dari mineralisasi organik karbon dalam sedimen sekitar 3.3 g – 10.8 g C m⁻²d⁻¹. Gilibrand, *et.al.* (2002) mengidentifikasi dengan nilai 0.7 kg C m⁻²d⁻¹ yang sama dengan 1.9 g C m⁻²d⁻¹ dan digunakan oleh Rachmansyah (2004), sedangkan Krost (2007) mengusulkan sedikit lebih konservatif dengan kriteria nilai batas 1 - 2 g C m⁻²d⁻¹ untuk menentukan daya dukung lokal atau daya dukung produksi.

2. Daya Dukung Ekologis

Walaupun ada sebuah pengertian yang baik mengenai proses yang mengakibatkan pengurangan dari kualitas air dan sedimen dari budidaya ikan, definisi dari batas kriteria untuk menjamin keberlanjutan menjadi sebuah kesukaran yang utama. Jika kita kembali kepada daya dukung ekologis, studi ini dinilai berdasarkan daya dukung regional yang ditentukan berdasarkan total beban dari nitrogen yang terlarut. Lagi pula, hal ini dihitung menggunakan pengalihan dari keseluruhan aliran air sesuai konsentrasi total nitrogen terlarut. Penyelesaian fraksi dari limbah partikulat budidaya keramba jaring apung kerapu di transportasikan dari jarak yang lebih jauh yang tidak sama dengan daya dukung lokal. Efek akumulasi dapat terjadi pada daerah yang kurang terbilas, secara potensial cenderung mengakibatkan tingkat nutrien yang tidak dapat diterima. Kemudian, daya dukung pada skala regional seharusnya memperhatikan tingkat nutrisi alami, nilai bilas, dan sebuah definisi dari kapasitas asimilatif untuk nutrien larut.

Kriteria yang didasarkan pada tingkat dari kualitas air di lingkungan budidaya telah diusulkan. Weston (1996) menyarankan

kriteria didasarkan pada penambahan toleransi pada fluks dari nitrogen pada daerah teluk, bersamaan dengan Gesamp (2001) dan Rosenthal (2006), yang menyarankan bahwa fluks dari emisi nitrogen dari budidaya ikan seharusnya kurang dari 1% dari nitrogen fluks pada domain area. Hal ini diadopsi oleh van der Wulp (2010). Oleh karena itu, pada studi ini, daya dukung ekologis untuk budidaya keramba jaring apung kerapu dalam sebuah domain diatur menjadi sama dengan nilai produksi dari total nitrogen yang terlarut yang tidak lebih dari 1% dari TDN fluks domain.

C. Pakan Akuakultur

Pada tahun 2011, FAO mengusulkan sebuah kode etik untuk melindungi perikanan laut, dengan memberikan petunjuk teknik mengenai penggunaan ikan liar di alam sebagai pakan untuk akuakultur, termasuk informasi untuk peningkatan kegiatan akuakultur dan penggunaan yang berkelanjutan dari stok pakan ikan. Opini yang relevan berkaitan dengan penggunaan pakan ikan hasil tangkapan telah dilindungi, termasuk ekosistem dan pengaruh lingkungan, pertimbangan etika pada penggunaan yang bertanggung jawab terhadap ikan sebagai pakan, teknologi akuakultur dan pengembangannya, begitu juga sebagai statistik dan kebutuhan informasi untuk pengaturan pengembangan dari akuakultur.

Jenis utama dari pakan ikan yang digunakan dalam budidaya kerapu adalah pakan basah, ikan runcah, dan pelet kering. Pakan kering biasanya berisikan sebuah fraksi yang besar dari ikan runcah dan binatang laut lainnya, seperti udang dan cumi-cumi. Penggunaan dari ikan runcah yang tidak diproses masih luas digunakan di Asia Tenggara, umumnya dikarenakan harganya lebih murah daripada pelet. Penggunaannya cukup menyedihkan karena tidak realistis dari penyediaan yang ada,

ketidakkonsistenan dari kualitas pakan ikan, tingginya risiko dari infeksi yang disebabkan patogen dan menambah jumlah polusi. Pemakaian dari pakan yang diolah seperti pelet kering, seharusnya didukung sehingga memberikan mereka efisiensi yang lebih besar. Kerapu membutuhkan persyaratan protein yang tinggi serta pelet seharusnya bersisikan lebih dari 50% protein dari minyak mentah (Standar Internasional untuk Perdagangan Ikan Kerang Hidup).

Blyth dan Dodd (2002) mengungkapkan bahwa manajemen dari pakan merupakan faktor penting di beberapa budidaya yang beroperasi di Asia, kontribusinya 50–70% dari total keseluruhan biaya produksi dalam akuakultur yang intensif. Namun, penggunaan luas dari ikan runcah menyebabkan beberapa masalah pada bidang industri marikultur kelautan, dikarenakan ikan runcah merupakan pakan yang tidak diolah sehingga menjadi faktor potensial untuk transmisi penyakit.

Di Indonesia, pengembangan budidaya KJA kerapu dimulai akhir tahun 1980-an dan telah menjadi intensif secara konsisten semenjak spesies kerapu memberikan harga yang tinggi, baik untuk pasar lokal maupun ekspor. Namun, budidaya kerapu adakalanya mengalami kerugian dikarenakan strategi pakan yang tidak sesuai, yang mengakibatkan penyakit pada ikan, kematian masal, dan mengurangi nilai pasar (Rückert et al. 2009 dan Sim, et.al. 2005). Rückert, et.al. (2009) mengidentifikasi risiko potensial dari penyebaran parasit melalui pakan pada budidaya kerapu di Teluk Lampung, Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa ditukarnya ikan runcah dengan pelet dari pabrik dapat meningkatkan pengontrolan dari perpindah penyakit dari *helminth parasit* dan sebagai tambahan mencegah terjadinya kelebihan tangkap pada ikan runcah untuk kelancaran pertumbuhan industri kelautan. Talbot dan Hole (1994) menggarisbawahi, pabrik harus menjamin nutrisi yang benar agar sistem produksi budidaya berjalan dengan baik dan mengatur para petani sebaik mungkin.

Hungtington dan Hasan (2009) melakukan sebuah sintesis global mengenai praktik keberlanjutan dan implikasi dari ikan sebagai pakan akuakultur. Fungsi dari pakan dalam perikanan dan budidaya hewan dilakukan pengujian, begitu juga pengkonsumsian langsung oleh manusia dari sumbernya ini di lingkungan, ketahanan pangan, dan mata pencarian. Mereka menganalisis studi kasus pada beberapa negara di seluruh dunia dan menemukan bahwa ada perbedaan di antara wilayah sesuai sumber dan penggunaan dari ikan berdasarkan protein untuk pakan. Asia mengkonsumsi ikan runcah untuk akuakultur yang digunakan pada budidaya skala kecil dikarenakan tidak mampu membeli pelet. Hal ini merupakan faktor penting untuk menjaga mata pencarian petani dan penopang ekonomi, penggunaan dari ikan runcah ditemukan realistis untuk usaha dalam skala kecil.

Kontraversi sesuai bukti saintifik dari keberlanjutan pakan akuakultur sudah dikenal luas. Di Eropa, intensifikasi dan majemen pangan dari produksi akuakultur dikenal sebagai satu dari penyebab polusi ke perairan lingkungan (Staniford, 2002). Industri akuakultur dan pengembangannya telah merespons tantangan dari pangan yang berkelanjutan, namun masih banyak yang harus dilakukan. Kelemahan serius dengan seluruh argumen mengungkapkan bahwa manajemen pangan yang berkelanjutan untuk pengembangan dari budidaya KJA masih tidak pasti. Oleh karena itu, pada studi ini manajemen pangan telah diarahkan hanya pada tinjauan yang terbatas, yaitu konteks strategi perbedaan pangan.

D. Skala Budidaya dan Jarak

Sejauh ini tidak ada definisi yang jelas mengenai skala dari budidaya dalam akuakultur. Skala budidaya biasanya berhubungan dengan teknologi, pakan, dan jumlah produksi (FAO, 1987; FAO, 1997 dan Beveridge, 2004). Sistem budidaya biasanya

diklasifikasikan ke dalam intensif, semi intensif, dan intensif. Sistem budidaya ekstensif mengadopsi teknik tradisional dari akuakultur dan tidak menerima masukan dari nutrisi yang berasal dari negara lain. Sistem budidaya intensif mengadopsi sistem teknologi tingkat menengah dan tergantung pada besarnya jumlah pakan yang berasal dari alam, di mana pertumbuhan melebihi tingkat dasar dari fertilisasi dan digunakan sebagai pakan pelengkap untuk melengkapi pakan alami. Sistem budidaya intensif mengadopsi kelengkapan dari keseluruhan teknik budidaya tergantung pada nutrisi pakan yang lengkap, termasuk perencanaan keramba yang saintifik, fertiliasi, penyediaan pangan atau hanya pakan tanpa fertilisasi, mengukur jumlah produksi, pengontrolan penyakit, pemanenan, tingginya tingkat masukan, dan tingginya nilai dari produksi.

Menurut total dari jumlah keramba, budidaya ikan diklasifikasikan berdasarkan kecil (kurang dari 10 - 20 keramba), menengah (10 - 100) dan besar (lebih dari 100). Di Cina dan Indonesia, operasional pembesaran umumnya dilakukan dalam skala menengah (Kangkeo et al. 2010). Dalam studi ini, sistem semi intensif budidaya keramba jaring apung beserta skala besar akan dipertimbangkan.

Dalam pendugaan daya dukung lingkungan, jarak antarlokasi budidaya juga menjadi hal yang memiliki relevansi. Jarak biasanya tergantung dari ukuran budidaya. Untuk budidaya yang besar, FAO (1997) merekomendasikan jarak minimum sekitar 500 m, sedangkan untuk budidaya kecil jarak ini dapat dikurangi. Wong, *et.al.* (1999) menemukan bahwa keanekaragaman dari fauna secara signifikan lebih tinggi pada jarak lebih dari 500 m daripada kurang dari 500 m dari suatu lokasi budidaya ikan. Pada perairan dingin Denmark, efek negatif yang disebabkan oleh budidaya keramba jaring apung dicatat hingga jarak kurang lebih 1,2 km (Holmer, 1991), sedangkan di Indonesia Ladwig dan Hesse (2007) menemukan bahwa emisi dari skala sedang budidaya tidak

ditemukan pada badan/kolom air pada jarak lebih dari 200 m. Syadiah (2010) dan Adibrata (2012) juga menampilkan bahwa penambahan struktur bentik komuniti pada kondisi lokal dan biomassa terbatas kurang dari 150 m.

E. Analisis Ekonomi dari Investasi Akuakultur Kelautan

Perangkat keputusan ekonomi dalam akuakultur kelautan bertujuan untuk membantu para petani, potensial investor, dan para pembuat keputusan (pihak terkait) dalam pengertian persyaratan ekonomi, biaya dan keuntungan, serta risiko yang terlibat dalam produksi. Untuk pengembangan selanjutnya, pihak terkait dapat mengembangkan model berdasarkan pengalaman dan mengaplikasikannya pada manajemen pengambilan keputusan. Melalui perkembangan dari perangkat pengambil keputusan ekonomi, mereka dapat menilai pengaruh seperti dari penyakit, iklim, dan harga pasar (dikenal sebagai faktor eksternal) yang memengaruhi keuntungan. Mereka dapat juga menentukan perubahan dalam keuntungan yang disebabkan oleh perubahan biaya pakan, tenaga kerja, kelistrikan, pengepakan, dan transportasi. Sebagai tambahan, perangkat keputusan dapat mengevaluasi efek ekonomi dari perbaikan atau perkembangan di lapangan, rencana pengembangan ke depan, atau perubahan dalam efisiensi biaya produksi. Keberlanjutan ekonomi terjaga ketika nilai lingkungan yang keberlanjutan memberikan keuntungan (Johston dan Pickering, 2003). Pada studi ini sebuah analisis ekonomi digunakan untuk menentukan ekonomi yang keberlanjutan untuk budidaya KJA kerapu.

Kebutuhan akan petunjuk untuk mengatur penilaian ekonomi sesuai dengan ekosistem pantai yang baik dan melayani menjadi perhatian oleh UNEP semenjak tahun 2007. Dalam membuat keputusan, adanya peningkatan perhatian dalam memberikan

kritik ekologis, ekonomi, dan pelayanan sosial untuk memelihara keberadaan dari nilai ekosistem dan komunitas manusia. Kemudian, di samping penilaian perencanaan pengembangan, analisis mempergunakan nilai keuntungan yang sudah diaplikasikan secara luas oleh beberapa ahli ekonomi di bidang akuakultur. Dalam studi ini, analisis *cost benefit* digunakan untuk pengembangan budidaya KJA kerapu pada beberapa daerah yang terseleksi di Indonesia.

Analisis selanjutnya menunjukkan bahwa metodologi analisis *cost benefit* memfasilitasi penyesuaian dari penanaman modal dalam beberapa hal, seperti *the net present value* (NPV) yang lebih besar dari 0, *the benefit ratio* (BCR) yang lebih besar dari 1, dan *the internal rate of return* (IRR) lebih besar dari setiap nilai *benefit cost*. Sejumlah studi sudah dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari proyek budidaya kerapu yang sudah ada maupun dalam perencanaan (Afero, *et.al.* 2010; Utama, 2008; Astuti, 2005; Herlina, 2006; Sulaiman, 2010).

Afero, *et.al.* (2010) melakukan sebuah studi ekonomi dari budidaya kerapu, yaitu macan dan bebek pada beberapa skala budidaya (kecil 15 KJA, menengah 28 KJA dan besar 48 KJA) di Indonesia. Hasilnya mengindikasikan bahwa skala kecil budidaya tidak layak. Sebaliknya, untuk skala menengah budidaya kerapu bebek pada skala produksi yang berbeda menunjukkan sebuah nilai kumulatif yang positif NPV, BCR lebih dari 2, IRR lebih 300%, PP kurang dari 1 tahun. Hasil dari sensitif analisis dari kerapu bebek mengindikasikan kelayakan ekonomi dengan nilai positif NPV pada tiga skala produksi.

O'Rourke (1996) mempelajari beberapa perangkat dasar penganggaran dan metode analitis untuk menilai kelayakan potensial ekonomi dari sebuah keberadaan atau perencanaan perusahaan Walleye akuakultur. Ia menunjukkan bahwa volume dari usaha tergantung pada biaya pengeluaran memiliki pengaruh penting dalam kelayakan ekonomi dan keuangan,

bahwa pengertian akan hubungan antara volume dan pengeluaran merupakan kunci dari pencapaian objektif keuntungan. Perkiraan dari nilai depresiasi tahunan untuk gedung, peralatan tetap, dan komponen dari sistem mensyaratkan informasi mengenai ekonomi yang diharapkan dan nilai sisa serta kunci dari variabel pendugaan dari biaya operasional yang telah diseleksi oleh teknologi. Tujuan umum dari studi itu untuk meningkatkan kelayakan ekonomi dari produksi komersial pembibitan lanjut ukuran 6 inchi, yang dikembangkan secara intensif dalam sistem sebuah tangki. Nilai NPV dihitung untuk investasi dalam sebuah sistem simulasi pembibitan Walleye dan mengasumsi untuk dijual dari nilai sisa selama lima tahun usia proyek, sedangkan gaji merupakan komponen utama (36.3% dari total pendapatan) dengan hasil yang menunjukkan nilai NPV yang positif.

Sementara itu, Okechi (2004) menampilkan perangkat penilai keuntungan untuk mengevaluasi kelayakan dari investasi budidaya ikan dan operasional di Danau Victoria, Kenya. Studi ini memperkirakannya sesuai data skunder pada produksi ikan lele (*clara gariepinus*) dari budidaya skala kecil. Indikator dari pengembalian modal, seperti: NPV, IRR, PP, dan rasio utang ditentukan untuk mengevaluasi keuntungan dari kegiatan ini. Dia juga melakukan sensitif analisis seperti nilai jual, biaya pembibitan, produksi, biaya pakan, dan laju sintasan. Hasil penelitian yang dilakukan Okechi menunjukkan bahwa nilai positif NPV, penerimaan IRR, begitu PP kurang dari 5 tahun, karena itu mengidentifikasi bahwa aliran uang tinggi, nilai bertahan hidup dan nilai jual, sebaliknya tidak sensitif terhadap biaya bibit dan pakan yang digunakan selama produksi.

F. Sistem Pendukung Keputusan dalam Budidaya KJA Kerapu

Hingga saat ini, berbagai macam metodologi dan perangkat telah dikembangkan dan diaplikasikan bagi pengambil keputusan dari kegiatan akuakultur. Schulstad (1997) adalah salah seorang dari awal pengembangan dari konsep sistem pendukung keputusan. Dia merencanakan sebuah SPK *Ithink* untuk manajemen produksi pembibitan dari ikan salmon di Norwegia. Sistem ini digunakan untuk mengoperasikan sebuah model simulasi dengan menggunakan komponen biologis. Sebuah SPK yang terintegrasi mengimplementasikan sebuah pendekatan mekanis juga telah dikembangkan untuk menggambarkan komponen fisik dan ekonomi. Hasilnya menunjukkan adanya kesamaan antara hasil dari teoretis model, serta membuktikan kepotensialan untuk sebuah SPK.

Ernst, *et.al.* (2000) mendemonstrasikan kemampuan dari simulasi dan SPK "*Aquafarm*" untuk perencanaan fasilitas akuakultur dan manajemen operasi. *Aquafarm* mengimplementasikan beberapa komponen, termasuk fisik, kimia, unit proses biologis, serta model dari fasilitas dan manajemen budidaya ikan untuk pengoleksian sumber fasilitas dan pendanaan perusahaan. Sistem ini menggunakan SIG dan kemampuan manajemen data. *Aquafarm* dapat diaplikasikan untuk tujuan pembibitan, pendewasaan, inkubasi telur dan pembesaran ikan bersirip atau *crustaceans* dalam keramba, serta sirkulasi air atau sistem kolam alga. Metode dan hasil yang dihasilkan telah menunjukkan bahwa SPK menyediakan penggunaan yang baik dan memenuhi keakuratan dalam fungsi SPK.

Doucette dan Hargrave (2002), mempublikasikan petunjuk yang bertujuan untuk memberikan bimbingan saintifik yang terstruktur untuk membuat keputusan dalam penilaian dari data lingkungan di budidaya perikanan laut. Untuk menentukan

pernyataan dari variabel lingkungan di sekitar lokasi dan jauh dari suatu lokasi potensial budidaya ikan bersirip, sebuah metode lampu lalu lintas telah diusulkan. Hal ini mendukung para manajer dalam mendapatkan dan menilai secara fisik, kimia, dan informasi biologi. Di samping itu juga, membantu dalam penilaian dari pengaturan variabel lingkungan potensial yang kritis yang tidak boleh diterima oleh operator. Hasilnya dapat digunakan sebagai sebuah peringatan untuk masalah yang potensial. Hargrave (2002) memperdalam metode lampu lalu lintas, yang bertujuan untuk menilai variabel yang potensial, yang disebabkan oleh pengaruh budidaya ikan bersirip. Hal ini terdiri dari dua puluh pertanyaan yang dirankingkan sesuai dengan metode lampu lalu lintas dan diujicoba menggunakan data delapan lokasi budidaya ikan salmon. Penelitian yang dilakukan Hargrave menunjukkan bahwa dimasukkannya kemampuan manajemen dan jaringan sistem untuk peraturan serta menganalisis data sementara dari program monitoring lingkungan.

Windupranata (2007) mengembangkan sebuah SPK untuk membantu dalam penentuan kesesuaian lahan keramba jaring apung di Indonesia. Dengan pengaplikasian SIG, SPK dikembangkan dengan program perangkat lunak ESRI yang menggunakan sebuah metode pembebanan hamparan. Jarak yang lebar antara parameter fisik dan kimia termasuk karakteristik sedimen digunakan sebagai bahan pertimbangan. SPK diaplikasikan di Kepulauan Seribu pada laut Jawa dan Kepulauan Riau, hasilnya menunjukkan bahwa adanya kepuasan dari penggunaan sistem untuk mendukung pemerintah dalam mengontrol lingkungan dan menduga daya dukung lingkungan keseluruhan untuk budidaya kelautan yang berkelanjutan.

Mayerle, *et.al.* (2009) mengembangkan sebuah SPK untuk penentuan kesesuaian lahan dan menduga daya dukung lingkungan dari budidaya KJA. Sistem ini menggabungkan teknologi SIG dan model numerik untuk mensimulasi hidraulika perairan

laut, gelombang, dan kualitas air. Kesesuaian lahan didasarkan pada Windupranata (2007), sedangkan opini yang berhubungan dengan manajemen daerah pantai digunakan selanjutnya oleh van der Wulp (2010). Daya dukung didasarkan pada pendekatan yang mempertimbangkan lingkungan dengan penyeleksian lokasi dan memperkirakan dua jenis dari daya dukung. Daya dukung produksi ditentukan dengan partikulat organik karbon dan limbah yang diestimasi dari pembuangan atau emisi budidaya. Aspek hidrodinamika dari nutrien fluks dari total nitrogen terlarut diperkirakan dari konsentrasi daerah belakang nutrien yang digunakan untuk menentukan daya dukung regional atau daya dukung ekologis (Weston, 1986). Untuk memfasilitasi pengambil keputusan, penggunaan yang ramah pemakai juga telah diimplementasikan (van der Wulp, 2010).

Sebuah model SPK untuk membantu manajer dari akuakultur telah ditampilkan oleh Halide, *et.al.* (2009). Model ini terintegrasi dan diimplementasikan dalam *Java* disebut *cage aquaculture decision support tool (Cads_Tool)*. SPK ini menampilkan 4 tugas penting, yaitu: (1) klasifikasi lokasi, (2) penyeleksian lokasi, (3) menentukan jumlah produksi, dan (4) perhitungan ekonomi dari budidaya akuakultur pada sebuah lokasi khusus. Keramba akuakultur sesuai dengan kriteria dari air dan kualitas bahan, hidrometeorologi, dan aspek sosial ekonomi yang diklasifikasikan dalam rendah, sedang, dan baik. Pengarang telah mengembangkan model sederhana, yang dikenal dengan MOM dan diaplikasikan untuk memverifikasi berapa banyak ikan yang dapat dikembangkan pada suatu lokasi tanpa merusak lingkungan. Model sederhana ini dikalibrasikan dan dievaluasi dengan model daya dukung lainnya serta divalidasikan dari data budidaya. Kemudian, model digunakan untuk menghitung volume dan produksi, perbandingan jumlah pakan, berat panen rerata, nilai bertahan hidup, biaya pakan, bibit dan keramba, bunga pinjaman

dari bank dan harga ikan untuk menghitung harga *break even*, serta pengembalian modal.

Ferreira, *et.al.* (2012) telah mempelajari perkembangan terbaru dari SPK yang berdasarkan konsep manajemen akuakultur dari EAA yang menggunakan model simulasi dan sistem informasi. Dalam studi tersebut, usaha dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan utama dalam pengaplikasian perangkat SPK di negara berkembang. Mereka menunjukkan bahwa perangkat SPK memiliki peranan penting dalam menjawab beberapa elemen di akuakultur, yaitu: (1) pengindraan jarak jauh dan model skala ekosistem melalui penggunaan SIG untuk menentukan kesesuaian lahan dan daya dukung lingkungan, (2) perangkat skala budidaya untuk mendukung perizinan, (3) sensor untuk data akuisisi, monitoring, dan permodelan.

Pada studi ini, parameter dari SPK digunakan untuk menganalisis, terutama spesies kerapu berdasarkan konsep EAA. SPK Sysmar menggunakan resolusi yang tinggi dari hidrodinamika yang memperhatikan kedalaman air, kecepatan arus, dan tinggi gelombang yang dihasilkan dari model hidrodinamika. Sistem ini telah dikembangkan untuk menentukan kesesuaian lahan dan menentukan berbagai tipe daya dukung lingkungan produksi dan ekologis. SPK ini telah dikembangkan dengan perangkat penilaian ekonomi sesuai dengan Jacob (1969), Weston dan Brigham (1974), serta UNEP (2007).

BAB 3

Sistem Pendukung Keputusan Sysmar

A. Pendahuluan

Pada studi ini, SPK Sysmar diaplikasikan untuk mengidentifikasi kesesuaian lahan, menduga daya dukung lingkungan, dan menilai kelayakan ekonomi pada tiga daerah manajemen perikanan di Indonesia. SPK ini membandingkan tiga modul utama yang dilengkapi dengan sebuah tampilan SIG secara visual berinteraktif dengan komputer yang digunakan. Lokasi yang sesuai untuk aktivitas budidaya ikan kerapu merupakan hal pertama yang diidentifikasi pada daerah tertentu di perairan pantai atau kelautan, di mana memiliki parameter jangkauan yang luas dari lokasi yang diisyaratkan. Daya dukung produksi dan ekologis telah ditentukan. Diakhiri dengan sebuah penilaian dari kelayakan ekonomi yang ramah lingkungan. Sysmar berintegrasi secara interaktif visual yang mempergunakan komputer dan sistem yang telah berhasil di aplikasikan di banyak lokasi perairan di Indonesia. Bab ini merupakan bagian terpenting dari sistem terdetail untuk studi ini ditampilkan.

B. Identifikasi dari Kesesuaian Lahan

Pemilihan kesesuaian lahan yang tepat mempunyai pengaruh dalam hal kondisi sekitar dari struktur dan produksi budidaya, serta mengurangi risiko potensial pada budidaya KJA kerapu ditampilkan. Kesesuaian lahan biasanya berdasarkan informasi spasial dari sebuah susunan parameter berdasarkan kesesuaian parameter biofisik dan analisis kelayakan yang merupakan aspek luar, yaitu penggunaan daerah perairan atau ICZM. Untuk menentukan kesesuaian dari sebuah lokasi, dipilih sejumlah parameter dan kriteria yang memengaruhi KJA kerapu untuk praktik budidaya di Asia Tenggara. Parameter tersebut dipertimbangan dalam Sysmar yang diambil dari FAO (1989), Cross dan Kingzett (1992), Kapetsky dan Agullar-Manjarrez (2007), serta Szuster dan Albasri (2010). Tabel 3.1 membuat daftar parameter yang diadopsi dengan kualifikasi diasosiasikan untuk perankingan sesuai kondisi dari penentuan awal jenis budidaya dan spesies.

1. Sumber Data

Data yang diisyaratkan untuk pengaplikasian SPK dihasilkan dari beberapa sumber. Data batimetri sepanjang dekat daerah pantai biasanya dihasilkan dari peta nautikal yang dikeluarkan oleh badan koordinasi survei dan pemetaan nasional. Data yang berasal dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*) dikeluarkan oleh *British Oceanographic Data Centre, U.K.* yang biasanya digunakan untuk menyediakan informasi untuk laut dalam. Data yang disediakan pada sebuah *grid* horisontal dengan resolusi interval 30 detik atau 0.5 nautikal mil. Untuk variasi pasang surut dan karakteristik dari angin diperdalam, model numerik yang diekstraksi dari *Total Modal Driver* (lihat Egbert dan Erofeeva, 2002). Data dihasilkan dari analisis data NCEP/NCAR (NOAA/OAR/ESRLPSD, 2009). Informasi kualitas air biasanya dihasilkan dari profesional dan pengukuran yang dilakukan di

sekitar lokasi terpilih. Dalam beberapa kasus, hal ini didukung oleh data yang berasal dari data satelit. Parameter yang paling kritis untuk di pertimbangkan adalah temperatur udara, kegaraman, oksigen terlarut, dan amonium.

Tabel 3.1. Kesesuaian Lahan dari Pembesaran Kerapu dalam Keramba jaring apung

Deskripsi	Parameters	Indikator	Units	Tidak Sesuai	Sesuai	Optimal
Proses Fisik	Min.kedalaman air	Kedalaman air	m	< 6	> 6	> 8
	Max.kedalaman air	Kedalaman air	m	> 25	< 25	< 20
	Pangkoakan	Asas roma	m ² /t	<0,01	>0,01	0,2 – 0,5
	Asas	Asas roma	m ² /t	> 1	< 1	0,2 – 0,5
	Gelombang	Gelombang signifikan	m	> 1	< 1	< 0,6
	Kecapalan angin	Kecapalan angin	m ² /t	> 15	< 15	< 10
Water Quality	Temperatur air	Temperatur air	°C	<20 or >35	20 – 35	27 – 31
	Kogaraman	Kogaraman	ppm	<15 or >35	15 – 35	26 – 31
	Oksigen terlarut	Oksigen terlarut	mgO ₂ /l	< 4	> 4	> 5
	Kesamaan	pH	-log(H ⁺)	<6 or >8,5	6 – 7,8	7,8 – 8,5
	Transparansi	Kecoraban	m	< 2	> 2	> 4
	Turbiditas	suspended matter	mg/l	> 10	< 10	< 5
	Amonium	amonium	mg NH ₄ -NH	> 1	< 1	< 0,5
	Nitrat	nitrat	mg NO ₃ -NH	> 200	< 200	< 200
	Nitrit	nitrit	mg NO ₂ -NH	> 4	< 4	< 4
	Fosfat	total fosfat	mg P/l	> 70	< 70	< 70
ICZM	Perkampungan	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Desa	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Kota	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Polabuhan	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Industri	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Pemukond	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Muara	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Sungai	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Erosi garis pantai	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Semi intensif	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Pembibitan intensif	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Kolam/lombak	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Aliran limbah	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Jalur lalu lintas	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
	Facilitas pantai	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500
Daerah dilindungi	peta tematik	m	< 200	> 200	> 500	

Masalah yang dihasilkan dari konflik penggunaan wilayah pantai serta efek negatif pada kondisi lingkungan juga dihitung dalam penentuan kesesuaian lahan. Untuk tujuan ini, data geografis dikumpulkan agar dapat mengidentifikasi masalah relevan terbesar pada daerah pantai. Pada studi ini, analisis dari aspek ICZM dikerjakan mengikuti kriteria yang diimplementasikan dalam Sysmar. Dalam hal ini, penggunaan khusus digunakan untuk mengidentifikasi daerah pantai dan berasosiasi dengan identifikasi risiko yang potensial terjadi. Analisis awal biasanya digunakan sesuai data perencanaan daerah, informasi data satelit beserta parameter lainnya untuk menyediakan informasi yang

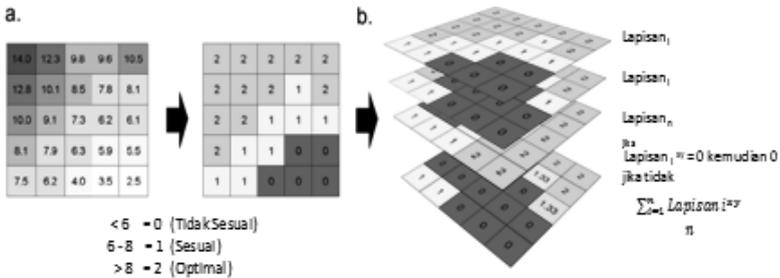
lengkap. Dasar dari analisis ini, informasi yang paling relevan untuk kondisi yang dibutuhkan dalam penelitian terlebih dahulu dilakukan seleksi. Sesuai kenyataan bahwa informasi kecepatan arus dan tinggi gelombang jarang tersedia, penggunaan model untuk mensimulasi aliran dan gelombang biasanya diatur pada lokasi atau daerah yang dilakukan penelitian.

2. Kerangka Analisis

Data diasimilasikan dalam SIG dan diproses menggunakan kerangka analisis yang diusulkan oleh Windupranata (2007). Sebagai hasil, sebuah pandangan dari tingkat kemampuan dan kesesuaian kriteria untuk pengembangan dari budidaya KJA kerapu dengan masukan data yang terpilih pada keseluruhan domain telah disediakan. Pengadopsian dari pendekatan SIG tergantung pada sebuah lapisan sederhana dari proses. Dengan jalan ini, daerah yang telah dipertimbangkan sebagai daerah yang sesuai untuk mendukung penggunaan dari sumber alam yang diusulkan, diidentifikasi dengan pembebanan faktor kesesuaian yang setara antarkategori-kategori yang ada (Szuster dan Albasri, 2010). Seperti yang telah dijelaskan, grid tematis disiapkan untuk mempergunakan perangkat SIG dan diklasifikasikan menurut kriteria kesesuaian (lihat Tabel 3.1). Tiga kategori menampilkan: tidak sesuai (=0), sesuai/dapat diterima (=1), dan optimal (=2) merupakan kondisi yang dipertimbangkan.

Sebuah contoh dari proses reklasifikasi pada informasi batimetri ditampilkan pada Gambar 3.1a. Gambar tersebut mengilustrasikan pendekatan yang mengadopsi dalam pengklasifikasian dari batimetri berdasarkan parameter kedalaman perairan minimum. Ketika sebuah grid sel tidak sesuai dengan fakta yang ada, ditunjukkan bahwa grid sel tersebut berada di luar jarak batas yang direkomendasikan, skor keseluruhan akan menjadi tidak sesuai (0) (ditandai dengan warna merah). Dengan hamparan antarsatu informasi dengan lainnya dari keseluruhan peta tematis,

skor atau nilai terakhir akan dialokasikan, seperti yang terlihat pada Gambar 3.1b.



Gambar 3.1. Skema dari Penilaian Kesesuaian: (a) Reklasifikasi dari Informasi Batimetri, (b) Perkiraan dari Skor Akhir Menggunakan Sebuah Prosedur Overlay (van der Wulp, *et.al.* 2010)

C. Pendugaan dari Daya Dukung Lingkungan

Dua metode berbeda dilakukan untuk menduga daya dukung lingkungan yang diadopsi pada studi ini. Metode itu dikenal dengan daya dukung produksi yang didefinisikan berdasarkan penurunan kualitas sedimen di bawah setiap budidaya. Daya dukung ekologis ditentukan menurut penurunan kualitas air sesuai emisi yang dikeluarkan dari seluruh daerah budidaya. Penjelasan singkatnya dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Daya Dukung Produksi

Daya dukung produksi untuk sebuah budidaya perikanan ditentukan berdasarkan sebuah metode penentuan yang diusulkan oleh Gilibrand, *et.al.* (2002). Dimana, deposisi karbon terjadi di bawah kolam budidaya diprediksi. Aturan kondisi batas dari deposisi karbon itu ditentukan untuk menjelaskan nilai batas maksimum dari partikulat organik karbon (POC_{farm}). Metode ini menghitung adveksi dan difusi, serta menggunakan emisi dari kolam budidaya sebagai bahan pertimbangan. Pasang surut berulang sepanjang arah utama x, yang didominasi oleh

transport advectif. Difusi dari berbagai arah dipertimbangkan untuk arah x dan y. Metode ini mengasumsi kedalaman laut yang sama (h), waktu rata-rata kecepatan arus (u), dan kecepatan jatuh yang konstan (ws). Lalu, penyederhanaan model dilakukan. Perpindahan partikel berdasarkan adveksi ($D_{advection}$) pada arah utama x, dijelaskan dengan rumus sebagai berikut.

$$D_{advection} \approx \bar{u} \cdot \frac{h}{w_s} \dots\dots (3.1)$$

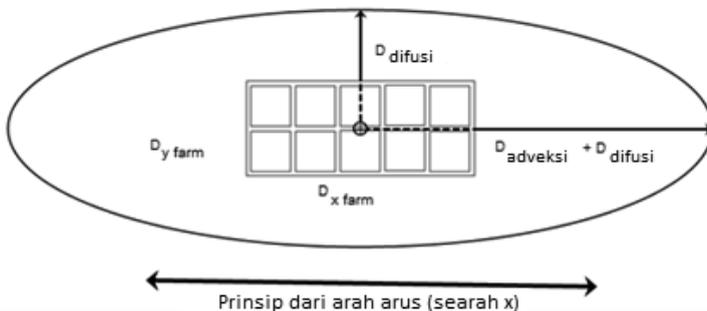
Koefisien difusi (E) didekati sebagai berikut:

$$E \approx \bar{u}^{0.8} \cdot h^{1.2} + E_{background} \dots\dots (3.2)$$

Radius dari daerah yang dipengaruhi oleh difusi, diekspresikan dalam kondisi koefisien difusi yang dihasilkan pada jarak transportasi dengan difusi (D_{difusi}) sebagai berikut.

$$D_{diffusion} \approx \sqrt{\frac{E}{\pi} \cdot \frac{h}{w_s}} \dots\dots(3.3)$$

Gambar 3.2. menggambarkan pendekatan dari footprint deposisi di bawah kolam budidaya menurut emisi dari kolam. Sementara itu, daerah deposisi dipertimbangkan sebagai sebuah elip di sekitar lokasi budidaya kolam.



Gambar 3.2. Daerah footprint sesuai ukuran lokasi budidaya (D_x, y) dan kontribusi menurut adveksi dan difusi (Mayerle, *et.al.*, 2011).

Selanjutnya, limbah partikel yang dipertimbangkan didistribusikan ke seluruh areal budidaya. Dimensi dari kolam paralel (Dx_{farm}) dan tegak lurus (Dy_{farm}) pada arah utama arus ditambahkan pada perpindahan limbah partikulat di daerah di mana beban total partikulat karbon yang menyebar di deposisi *footprint*.

$$A_{footprint} \approx \pi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot Dx_{farm} + \bar{u} \cdot \frac{h}{w_s} + \sqrt{\frac{E}{\pi}} \cdot \frac{h}{w_s} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot Dy_{farm} + \sqrt{\frac{E}{\pi}} \cdot \frac{h}{w_s} \right) \dots (3.4)$$

Deposisi rerata daerah per unit (D_{mean}) merupakan total limbah (POC_{farm}) dibagi dengan daerah *footprint*.

$$D_{mean} \approx \frac{POC_{farm}}{A_{footprint}} \dots (3.5)$$

Penggunaan nilai ditentukan dengan mempertimbangkan kondisi deposisi karbon di dasar lautan dibawah kolam budidaya. Berdasarkan literatur yang disimpulkan pada bab 2, nilai batas dari kondisi deposisi di gunakan adalah $2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

2. Daya Dukung Ekologis

Daya dukung ekologis diperkirakan sesuai estimasi berdasarkan tingkat nitrogen di daerah studi. Menurut Weston (1996), emisi total nitrogen terlarut (TDN) dari kolam di daerah yang termasuk untuk pertimbangan tidak lebih dari 1% dari aliran TDN fluks daerah investigasi (GESAMP, 2001). Limbah nitrogen dihasilkan berdasarkan konsentrasi daerah belakang pada suatu lokasi domain. Nilai aliran rerata diperkirakan untuk parameter dari daerah yang berdasarkan volume pasang surut yang efektif, di mana telah dihitung menurut siklus pasang surut untuk meminimalkan 50% dari air per pasang surut, di mana E menampilkan volume pasang surut efektif, v merupakan volume teluk, T merupakan jumlah dari siklus pasang surut (Weston, 1986).

$$E = \frac{0.5 v}{T} \dots (3.6)$$

Budidaya KJA kerapu di Indonesia membutuhkan sebuah penilaian lingkungan yang berkelanjutan untuk menjamin daerah di sekitar lingkungan tidak memberikan efek negatif dari emisi budidaya. Hal ini dicapai dengan tidak melebihi daya dukung asimilatif, begitu juga dengan pengaruh sesuai partikulat karbon, tergantung nilai emisi (daya dukung produksi) serta kualitas air di kolom air laut daerah budidaya KJA kerapu, berdasarkan total fluks nitrogen (daya dukung ekologis). Daya dukung produksi menghitung produksi akuakultur dan biasanya pada skala budidaya KJA. Namun, jumlah produksi biomassa diperkirakan oleh daya dukung produksi dibatasi pada daerah yang kecil dalam sebuah domain perairan, karena itu daya dukung produksi dari domain perairan tidak boleh melebihi daya dukung ekologis (Byron dan Coasta-Pierce, 2010).

D. Analisis Ekonomi

Pengembangan budidaya KJA kerapu di daerah pantai Indonesia diharapkan dapat berkelanjutan baik dari segi lingkungan maupun ekonomi. Keberlanjutan ekonomi dicapai pada daerah tersebut, di mana nilai produksi secara lingkungan yang berkelanjutan menghasilkan keuntungan. Ada dua tahap untuk mencapai objektif analisis ekonomi. Tahap pertama, berhubungan dengan perkiraan indikator dari keuangan yang relevan. Tahap kedua, membuat ranking, kemudian dianalisis menurut nilai dari indikator-indikator yang ada.

1. Indikator Keuangan

Penilaian keuntungan dari investasi budidaya KJA dilakukan dengan mengaplikasikan 3 metode standar dari analisis keuangan, yaitu: (a) *net present value*, (b) *the internal rate of return*, dan (c) *the payback period*.

a. Metode *Net Present Value*

Net present value (NPV) dari sebuah proyek mengindikasikan apakah sebuah investasi dari pengembangan budidaya KJA menguntungkan atau tidak. Menurut Jacob (1969), variabel biaya tahunan dan pendapatan tahunan selama umur proyek diperkirakan. Kemudian tidak dilanjutkan pada akhir umur proyek.

$$NPV = -I_0 + \frac{a_1}{1+i} + \frac{a_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{a_n}{(1+i)^n} \quad \dots (3.7)$$

Dengan asumsi bahwa a (*net cash flow*) adalah tetap sepanjang waktu, mengambil keuntungan dari properti seri geometrik dan dikalikan dengan persamaan 3.9 dengan

$$(1+i)^n = a(1+i)^{n-1} + a(1+i)^{n-2} + \dots + a \quad \dots(3.8)$$

Persamaan berikut menjelaskan:

$$NPV = -I_0 + a \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots(3.9)$$

di mana

NPV = *net present value*

I_0 = Investasi awal pada waktu 0

a_t = *the net cash flow* (kelebihan dibagi biaya variabel) diharapkan untuk dicapai setiap periode t ; di mana

a_t = const. $\forall t, a_t = a$

i = bunga bank setiap periode; $i = 13\%$

n = jumlah periode atau waktu selama proyek beroperasi yang menghasilkan *net cash flow*; $n = 5$

Pada sebuah proyek dikategorikan layak secara ekonomi, nilai NPV harus positif. Sebuah positif NPV mengindikasikan bahwa modal yang diinvestasikan menghasilkan sebuah pengembalian yang lebih tinggi dari nilai batas i . Untuk tercapainya tujuan studi

ini, bunga sebesar 13% yang diambil dari bank sentral Indonesia harus diaplikasikan.

b. Metode *Internal Rate of Return*

Nilai IRR dari pengembangan KJA menegakkan nilai aktual dari pengembalian modal yang dihasilkan dari investasi awal dengan asumsi bahwa *net cash flow* a dihasilkan setiap periode. Jika nilai IRR (r) yang dihasilkan lebih besar dari bunga bank ($i=13\%$), jelas bila $NPV > 0$, kemudian proyek dikategorikan secara ekonomi layak menurut IRR. Nilai dari IRR mengganti r untuk i dalam persamaan 3.9 di atas, pengaturan persamaan 3.10 sama dengan nol dan penyelesaian untuk r . Nilai IRR r dapat ditemukan secara heuristik dari persamaan 3.11 (Jacob, 1969; Weston dan Brigham, 1974).

$$0 = -I_0 + a \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \quad \dots (3.10)$$

$$\frac{I_0}{a} = \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \quad \dots (3.11)$$

c. *Payback Period*

Rumus berikut digunakan untuk menilai waktu yang dibutuhkan demi pengembalian modal yang diinvestasikan.

$$PaybackPeriod = \frac{Investasi\ awal}{net\ cash\ flow\ periodik} = \frac{I_0}{a} \dots (3.12)$$

2. Ranking dari Nilai Indikator Keuangan

Ranking dari nilai indikator keuangan yang dikerjakan berdasarkan jenis dari budidaya kerapu, pakan, dan jumlah kolam yang diasumsi untuk sebuah lokasi budidaya KJA. Untuk mengerti bagaimana nilai dari indikator keuangan dapat memengaruhi ranking, nilai tertinggi dari penampilan keuangan yang diindikasikan dengan NPV, IRR, dan PP ditampilkan pada

Bab 5. Akhirnya, aturan keputusan untuk analisis keuangan dari budidaya kerapu akan mengindikasikan kelayakan bila $NPV > 0$ dan $IRR > 13\%$ begitu juga dengan kemungkinan singkatnya pembalian modal PP.

E. Tampilan Antarmuka yang Ramah Pengguna

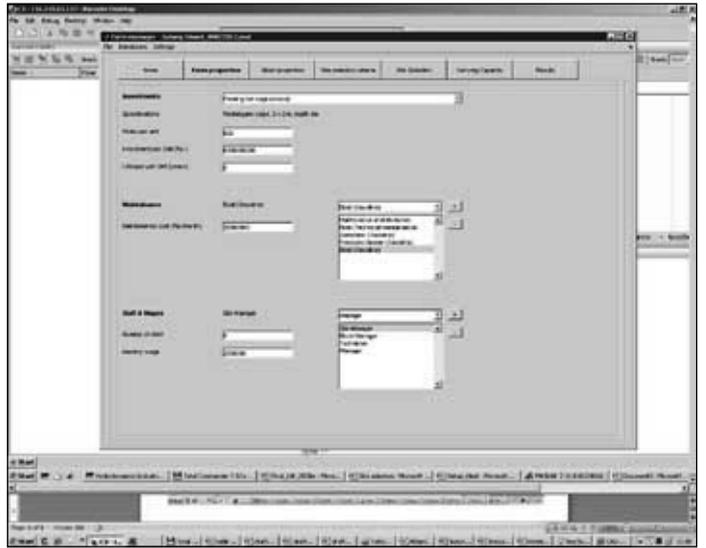
SPK Sysmar merupakan sebuah program perangkat lunak komputer menggunakan tampilan SIG terintegrasi yang telah dibuat menggunakan MATLAB oleh van der Wulp, *et.al.* (2010), kemudian dilengkapi dengan fitur tambahan oleh Mayerle, *et.al.* (2011). Tampilan ini memiliki beberapa data dasar yang dapat diakses dengan cepat dan semuanya berhubungan melalui sebuah SIG untuk pemrosesan dan memvisualisasikan informasi spasial (Mayerle, *et.al.* 2011). Pada studi ini digunakan MATLAB versi 7.11.0.584 (R2010b) dan 32 bit (win 32).

Data input dari sumber yang berbeda dimasukkan ke SPK Sysmar melalui sebuah antarmuka dan dimasukkan ke dalam komponen pangkalan data. Aplikasi dari SPK Sysmar diaplikasikan dan menampilkan distribusi spasial dari parameter input. Hal ini kemudian menghasilkan informasi yang berasal dari sumber data yang penting serta memberikan analisis dengan cepat bersamaan dengan sebuah hasil yang ditampilkan oleh SPK ini.

Informasi praktis SPK Sysmar dapat diakses melalui pemilihan tombol pada layar pembuka dari layar antarmuka, seperti digambarkan pada Gambar 3.3. Di bawah ini digambarkan menu pangkalan data yang dapat ditambahkan, dimodifikasi, atau dihapus. Tampilan jendela berikut mengilustrasikan presentasi dari SPK Sysmar. Pemilihan jendela selanjutnya ditampilkan untuk persiapan memasukkan data SPK.



Gambar 3.3. Tampilan layar pembuka dari antarmuka SPK Sysmar (Mayerle, et.al. 2011)

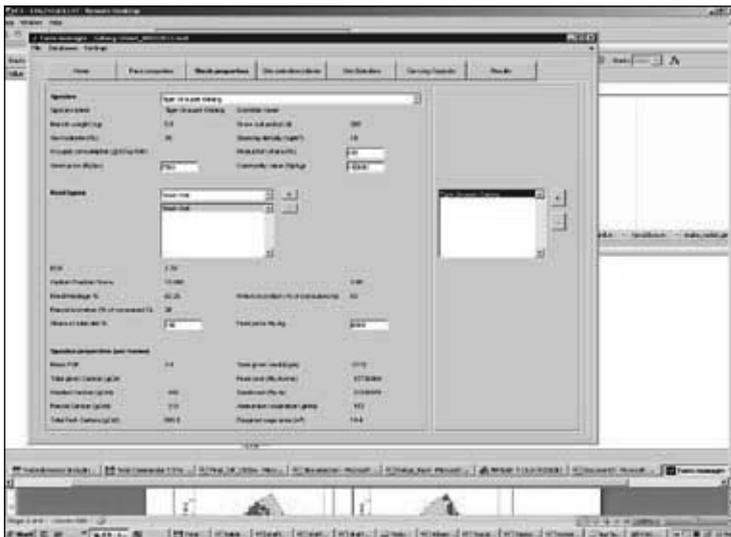


Gambar 3.4. Tampilan properti dari lokasi budidaya (Mayerle, et.al., 2011)

Gambar 3.4. menunjukkan bagaimana permukaan jendela dari properti budidaya KJA memberikan akses ke pengguna unuk memilih jenis budidaya KJA kerapu dengan tujuan untuk

membuat keputusan. Pemilihan tab memperbolehkan memilih sebuah spesifikasi dari jenis KJA, dimensi, deskripsi investasi, biaya pemeliharaan dan staf, beserta gaji dari sebuah keberadaan unit budidaya KJA kerapu. Hal ini mengandung ukuran budidaya, perkiraan biaya investasi, biaya pemeliharaan, biaya gaji dari staf dan teknisi, sertaantisipasi dari umur kegiatan. Harga yang diberikan sesuai nilai pasar lokal.

Pada studi ini, SPK Sysmar mengizinkan untuk penyeleksian dari sebuah kombinasi satu dari 3 jenis spesies kerapu dengan 3 jenis pakan. Sebagai contoh, kerapu macan dapat dipilih untuk jenis spesies dan dikombinasikan dengan pakan ikan runcah, pelet, begitu juga pencampuran dari 30% pelet dan 70% ikan runcah. Pemilihan kombinasi dari spesies ikan dan pakan memperbolehkan SPK untuk mendapatkan karakter produksi dari setiap ton produksinya. Kriteria dari penyeleksian lokasi ditentukan pada tabel yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Tampilan stok properti (Mayerle, *et.al.* 2011)

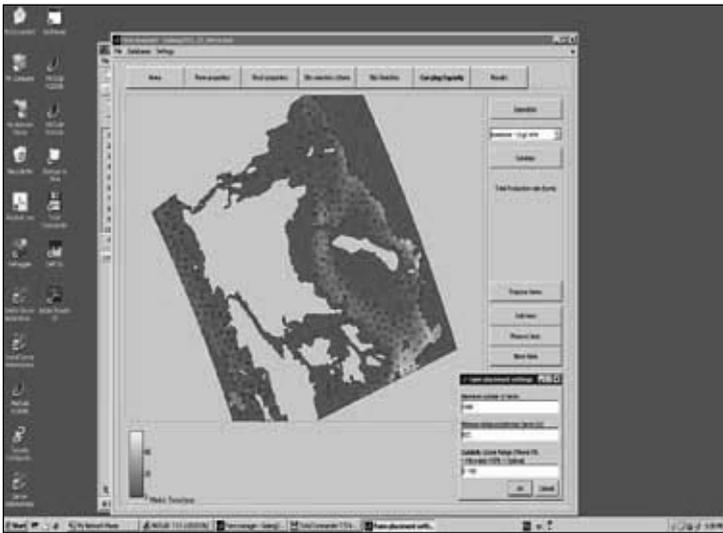
Gambar 3.6. menampilkan jendela dari kriteria penyeleksian lokasi, yang mengizinkan pengguna untuk memberikan masukan

data berdasarkan beberapa parameter yang berhubungan dengan kesesuaian dan analisis keberlanjutan. Dalam modul ini, pengguna dapat menentukan batas diizinkan atau batas optimal tergantung dari informasi data.

Gambar 3.7. menampilkan bagaimana tombol daya dukung digunakan untuk menentukan daya dukung produksi sesuai partikulat karbon. Lokasi dapat dipilih menggunakan penambahan kolam (secara manual atau otomatis). Untuk setiap lokasi kolam budidaya, analisis kesesuaian dan daya dukung disimpulkan termasuk kebutuhan kolam budidaya dan analisis ekonomi. Gambar ini telah dihitung berdasarkan deposisi partikulat karbon dengan batas 1 - 2 g C m⁻² d⁻¹, begitu juga pengaturan tombol dari peletakan kolam dengan jumlah maksimum dari kolam disesuaikan dengan lokasi kolam dengan jarak minimum antara lokasi budidaya adalah 500 m.

Name	Parameters	Unit	Value	Allowed range	Critical range	Results
Maximum water depth	water depth	m	3	> 8	> 8	1.00
Minimum water depth	water depth	m	2	< 20	< 20	1.00
Flushing	depth averaged velocity	m/s	0.10	> 0.20	0.2 - 0.5	1.00
Exposure to currents	depth averaged velocity	m/s	0.10	> 1	> 0.5	1.00
Exposure to waves	significant wave height	m	2	> 1	> 0.5	1.00
Exposure to wind	wind speed	m/s	30	> 15	> 10	1.00
Water temperature	water temperature	°C	30	20 - 35	27 - 31	1.00
Salinity	salinity	psu	30	15 - 35	30 - 31	1.00
Dissolved oxygen	dissolved oxygen	mg/l	8	> 8	> 8	1.00
pH	pH	log [mol/l]	7.8	7.8 - 8.5	7.8 - 8.5	1.00
Turbidity	suspended matter	mg/l	10	> 5	> 5	1.00
Ammonia	ammonia	mg NH4-N/l	1	< 0.5	< 0.5	1.00
Nitrate	nitrate	mg NO3-N/l	200	< 200	< 200	1.00
Nitrite	nitrite	mg NO2-N/l	8	< 4	< 4	1.00
Phosphate	total phosphate	mg P/l	0.5	< 0.5	< 0.5	1.00
Nitrogen	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Trace	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Clay	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Herbicide	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Industry	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Tourism	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Disease	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Heavy	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Forest clearance	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Semi-intensive husbandry	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Intensive husbandry	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Forest	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Sewage discharge	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Traffic noise	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00
Treated sewage	nitrate	distance from	200	> 200	> 100	1.00

Gambar 3.6. Tampilan kriteria kesesuaian Lahan (Mayerle, et.al. 2011)



Gambar 3.7. Tampilan sistem informasi geografis untuk proses dan perencanaan data spasial untuk daya dukung lingkungan

Dapat dilihat Gambar 3.8. di bawah ini bagaimana menggambarkan sebuah tinjauan dari aliran ekonomis pengembangan budidaya KJA kerapu yang diberikan pakan ikan runcah dikerjakan pada antarmuka SPK Sysmar. Biaya modal dari 600 KJA untuk 5 tahun umur proyek ditunjukkan dengan biaya depresiasi tahunan. Biaya variabel termasuk pemeliharaan, bibit, dan pakan. Seperti yang dapat dilihat dalam gambar ini, biaya gaji ditentukan dengan 1 orang manajer, 1 orang manajer lokasi, 2 orang blok manajer, begitu juga 25 orang teknisi (bandingkan dengan gambar 3.4.).

Studi ini menampilkan dan mengaplikasikan model ekonomi yang telah dikembangkan sebagai sebuah amandemen yang mempergunakan SPK Sysmar yang berhubungan dengan sebuah program lembaran *Microsoft Excel* yang sesuai dengan teknik *cost benefit*. Keseluruhan data biologi, biaya produksi, dan keuntungan dihasilkan dari komunikasi pribadi dan data literatur dari pengembangan budidaya KJA di Indonesia. Data didapatkan dari berbagai institusi, seperti: Ismi, S (2012) Pusat Penelitian

Gondol untuk marikultur di Indonesia, UU No. 17 Tahun 2010 tentang Bank Indonesia mengenai pajak progresif untuk badan di Indonesia, Kementerian Tenaga Kerja Indonesia, CRITC-LIPI Universitas Riau dan Sugama (2012). Hasil dari studi ekonomi akan ditampilkan secara detail sesuai analisis ekonomi. Metode ini tidak ditinjau dan didiskusikan secara komprehensif pada riset selanjutnya dengan pengaplikasian dari SPK.

A.	Depreciation	Euro/Year
	Floating net cage (wood) (600 holes, 16200 m ³)	100,800 €

		100,800 €
B.	Variable cost	
	Maintenance	
	Freshwater	5,760 €
	Boat (Gasoline)	5,280 €
	Boat (Technical maintenance)	2,880 €
	Generator (Gasoline)	3,840 €
	Maintenance and Medicines	14,400 €
	Seed	
	Tiger Grouper (438000 pcs)	262,800 €
	Feed	
	Pellet (~520 tons)	541,158 €

		836,118 €
C.	Wages	
	Site Manager	2,400 €
	Manager	4,800 €
	Technician	33,648 €
	Block Manager	3,840 €

		44,688 €
D.	Revenue	
	Tiger Grouper (~197.1 tonnes)	2,207,520 €

		Total Revenue
		2,207,520 €

		Profit (D - (A + B + C))
		1,225,914 €

Gambar 3.8. Tampilan analisis ekonomi dari SPK Sysmar

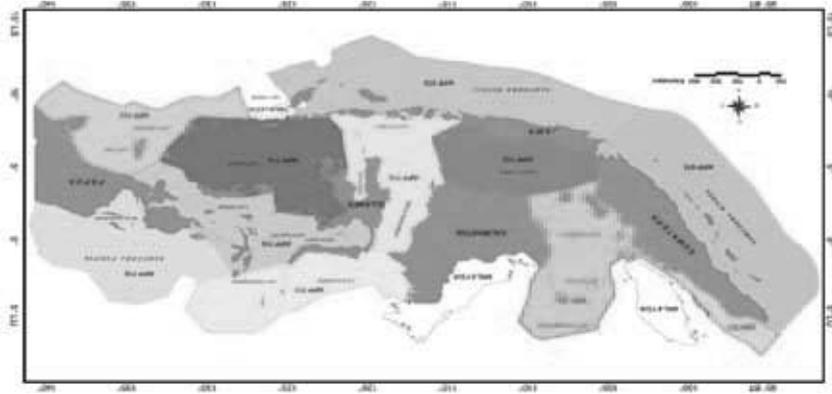
BAB 4

Studi Area

A. Tinjauan

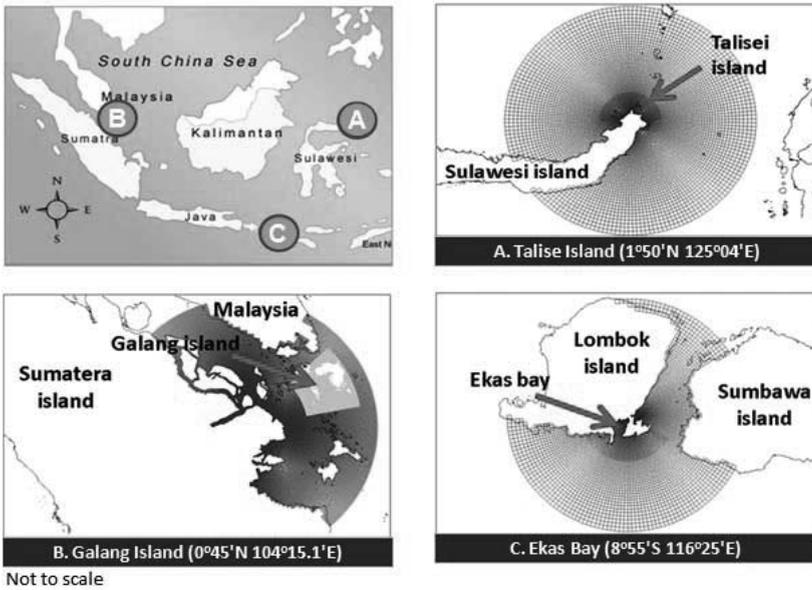
Pemerintah Indonesia bertujuan untuk memperluas aktivitas kegiatan budidaya perikanan, khususnya melalui usaha kecil yang dimiliki keluarga. Kementerian Kelautan dan Perikanan telah mengusulkan sebuah perencanaan manajemen dalam beberapa daerah prioritas. Detail dari rencana pengembangan di simpulkan dalam Dekrit Menteri Nomor. PER.01/MEN/2009 pada *Fisheries Management Area* (FMA) tanggal 21 Januari 2009 (KKP, 2009). Keseluruhannya, 11 FMA diidentifikasi, lokasi yang dimaksud ditunjukkan Gambar 4.1.

Pada studi ini, investigasi dilakukan pada 3 daerah FMA yang diidentifikasi oleh pemerintah Indonesia, yaitu: Pulau Talise (FMA 716: Laut Sulawesi – Halmahera Utara), Pulau Galang (FMA 571: Selat Malaka – Laut Andaman), dan Teluk Ekas (FMA 573: Lautan Hindia (Jawa bagian Selatan) – Selatan Nusa Tenggara – Laut Suwu – Barat dari Laut Timor). Gambar 4.2. menggambarkan lokasi dari tiga area tersebut dan deskripsi umum dari daerah studi yang disediakan pada bab ini.



Lokasi dari FMA di Indonesia (MMAF, 2009)

Gambar 4.1. Lokasi dari Fisheries Management Areas di Indonesia (KKP, 2009)



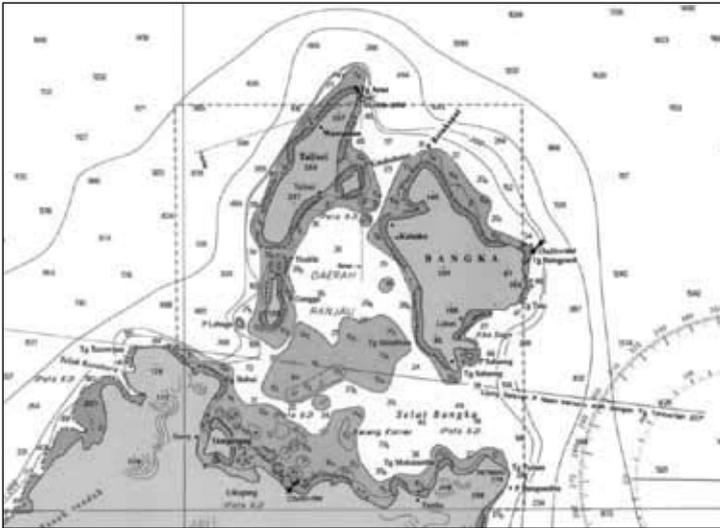
Gambar 4.2. Studi area

B. Investigasi dari *Fisheries Management Area* (FMA)

1. Pulau Talise

Menurut administrasi pemerintahan, Desa Talise terdiri dari Pulau Talise dan pulau kecil yang bernama Kinabohutan berlokasi di sebelah timur Pulau Talise (Crawford, *et.al.* 1998). Daerah di sekitar Pulau Talise memiliki daerah perbukitan yang dikelilingi dengan hutan tropis. Garis pantai memiliki pasir putih yang berbatasan dengan bakau dan semak belukar, begitu juga terumbu karang (CRMP Sulut, 2001). Pulau ini merupakan pulau kecil dengan luas kurang lebih 20 km², 6 kilometer panjang dari utara ke selatan dan kurang lebih 2 km dari timur ke barat. Crawford, *et.al.* (1998) melaporkan bahwa Pulau Kinabohutan merupakan daerah rendah dengan luas kurang lebih 60 hektar dengan bukit kecil pada bagian timur. Bagian utara, garis pantai dilindungi oleh bakau. Sementara itu, bagian barat merupakan daerah pasir yang berbatasan dengan bakau dan berhubungan dengan bagian selatan dari pulau. Pulau kecil Kinabohutan menunjukkan beberapa formasi batu kapur. Ada juga sebuah estuari bakau kecil yang terletak di bagian selatan ujung dari Pulau Talise dan bagian ujung utara yang merupakan daerah garis pantai yang tidak datar dan berbatu.

Memperhatikan batimetri dari daerah ini, terumbu karang di sekitar Pulau Talise dan Pulau Kinabohutan berkisar 198 hektar (Kusen, *et.al.* 1999). Daerah ini mempunyai terumbu karang pada kedalaman 15–20 meter sepanjang garis pantai. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.3., kondisi dari terumbu karang, bakau, rumput laut pada daerah pantai di daerah sekitar Pulau Talise Kabupaten Minahasa Utara – Provinsi Sulawesi Utara telah di survei oleh Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Sam Ratulangi Menando, 1999.

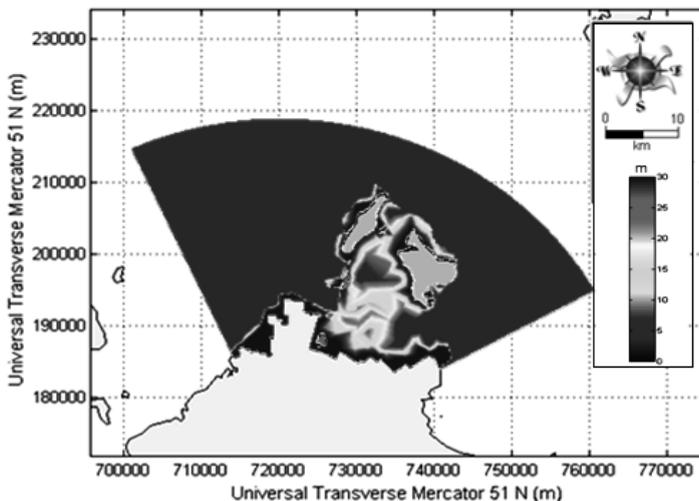


Gambar 4.3. Batimetri kedalaman dari Pulau Talise sesuai dengan Peta Nautikal Indonesia no. 344.

Penelitian yang dilakukan untuk batimetri dan topografi oleh Crowford, *et.al.* (1998) mengungkapkan bahwa daerah ini memiliki daerah dangkal dengan kedalaman antara 50 hingga 100 m pada bagian tenggara dari Pulau Talise. Dasar laut sekitar pulau terdiri dari batu pasir dan kerikil. Ditemukannya formasi daerah vulkanik di daerah sekitar Pulau Talise yang merupakan kaldera purba yang telah meletus, telah meninggalkan kawah di bawah permukaan laut (Wantansen, 2008). Kriteria kedalaman laut yang diberikan untuk budidaya KJA kerapu maksimum sebesar 25 m, pada daerah ini umumnya memiliki kedalaman di atas 30 m, seperti terlihat warna coklat gelap yang dikategorikan bukan daerah yang tepat untuk pengembangan masa depan dari proyek ini.

Menurut Wantansen (2008), suhu dari permukaan laut di sekitar Pulau Talise berkisar antara 28,5° C – 29° C. Karakteristik nilai pH antara 7.9 – 8.25 telah diobservasi. Transparansi dari air pada lokasi antara 10 sampai 20 m mencapai 75% dari kedalaman air. Sementara itu, kegaraman berkisar antara 30.6 – 32.8 PSU.

Schlitzer (2011, *Ocean Data View*, <http://odv.awi.de>) menunjukkan bahwa oksigen terlarut di sekitar Pulau Talise berkisar 4.1 – 4.3 mg/l. Nilai BOD₅ berkisar dari 0.58 sampai 1.58 mg/l dan nilai COD berkisar antara 12.7 sampai 20.8 mg/l. Konsentrasi dari amonia (NH₄⁺) berkisar antara 0.01 - 0.02 mg/l. Konsentrasi Nitrat (NO₃⁻) di daerah ini berkisar antara 0.92 – 1.44 mg/l. Konsentrasi klorofil bervariasi antara 0.44 g/l sampai 1.73 g/l dan konsentrasi fosfat berkisar antara 0.015 – 0.05 mg/l. Secara umum, kualitas air di daerah sekitar Pulau Talise memenuhi kondisi yang disyaratkan untuk budidaya KJA kerapu (Wantansen, 2008). Namun, konsentrasi oksigen secara khusus menjadi perhatian untuk dievaluasi selanjutnya. Keberadaan informasi untuk mendapatkan data ICZM/penggunaan perairan dan pantai dirasakan kurang. Wantansen (2008) melaporkan adanya desa, daerah pariwisata, muara, sungai, pembibitan semi intensif, penggunaan pantai dan daerah lingkungan yang dilindungi tanaman bakau. Di daerah ini ada perusahaan budidaya mutiara di Kecamatan Minahasa Utara yang memiliki areal penanaman kurang lebih 10.200 hektar. Namun, saat ini hanya 422 hektar yang diusahakan.



Gambar 4.4. Pulau Talise - model batimetri lokal

Hidrodinamika di lokasi penelitian ini memiliki karakteristik arus pasang yang kuat di mana arus melalui pulau-pulau ini, begitu juga sekelompok pulau dan daerah daratan dari Pulau Sulawesi. Aliran arus dari perairan utara sepanjang tahun biasanya melewati bagian barat daya ke barat laut (Wyrcki, 1961). Besarnya arus yang dihasilkan dari penelitian berkisar di bawah 0.51 m/dt, yakni 0.13 – 0.30 m/dt sampai 0.15 – 0.40 m/dt (Wantansen, 2008). Menurut Direktorat Keairan (1996), aliran air didominasi dari arah timur dengan kecepatan maksimum 0.46 m/dt. Dishidros (2004) mengungkapkan bahwa pasang di daerah sekitar Pulau Talise didominasi pasang surut semi diurnal. Untuk menilai pasang surut di lapangan dan membuat perkiraan di sekitar Pulau Talise, kami mengambilnya dari Total Model Driver TPXO 6.2 yang ditulis oleh Egbert and Erofeeva (2002) dan menunjukkan bahwa fluktuasi dari permukaan laut berkisar antara 2 m. Tinggi gelombang maksimum mingguan di laut Maluku pada tanggal 29 Mei sampai 5 Juni 2013, yang di buat oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Indonesia, memperkirakan tinggi gelombang maksimum mingguan berkisar antara 0.75 m–1.5 m. Lagi pula, diperkirakan akurasi tinggi gelombang melebihi 3 m akan terjadi sebanyak 5%.

Informasi selanjutnya mengenai hidrodinamika di Sulawesi Utara dilakukan oleh Sangari (2014) yang melaporkan bahwa potensial dari tinggi pasang maksimum di Mangadistik Minahasa Sulawesi Utara sekitar 270 m. Sementara itu, di Inoboto, pantai di Sulawesi Utara, Lolong, dan Masinambow (2011), tinggi gelombang maksimum dari bulan Oktober ke Maret dihitung berkisar antara 2.3 m sampai 4.27 m, begitu juga dengan maksimum dan besar arus rerata 0,406 m/dt dan 0,237 m/dt, secara respektif.

Ada konsesi dari sebuah perusahaan mutiara dengan skala besar di Pulau Talise Kecamatan Minahasa Utara semenjak tahun 1980-an dengan luas daerah sekitar 10.000 hektar. Namun, saat ini hanya sekitar 422 hektar yang digunakan, termasuk 77 hektar di bagian utara Pulau Kinabohutan dan daerah yang cukup luas

di daerah selatan dengan total sekitar 345 hektar (Kusen, *et.al.*, 1998). Awalnya perusahaan ini memulai kerja sama dengan perusahaan lokal, namun semenjak tahun 1998 keseluruhannya dimiliki oleh perusahaan Jepang, yaitu Horiguchi Pearl Co. Ltd. (Crawford, *et.al.* 1998). Sebaliknya, data statistik dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (2013) di Sulawesi Utara mengungkapkan bahwa produksi kerapu dari tahun 2008 sampai 2012 mengalami penurunan. Jumlah produksi dari budidaya kerapu pada tahun 2008, 2009, 2010, 2011, dan 2012 sebanyak 96 t, 212 t, 198 t, 163 t, dan 91 t, secara respektif. Saat ini tidak ada aktivitas budidaya di perairan sekitar Pulau Talise. Akan tetapi, Kepala Kementerian Kelautan dan Perikanan di Kabupaten Minahasa Utara (2012) melaporkan bahwa produksi dari kerapu di daerah ini 10 ton pertahun, yang dibudidayakan di sekitar Pulau Kinabohutan (sebuah pulau kecil dari Pulau Talise), (Siwi, 2012a, 2012b).

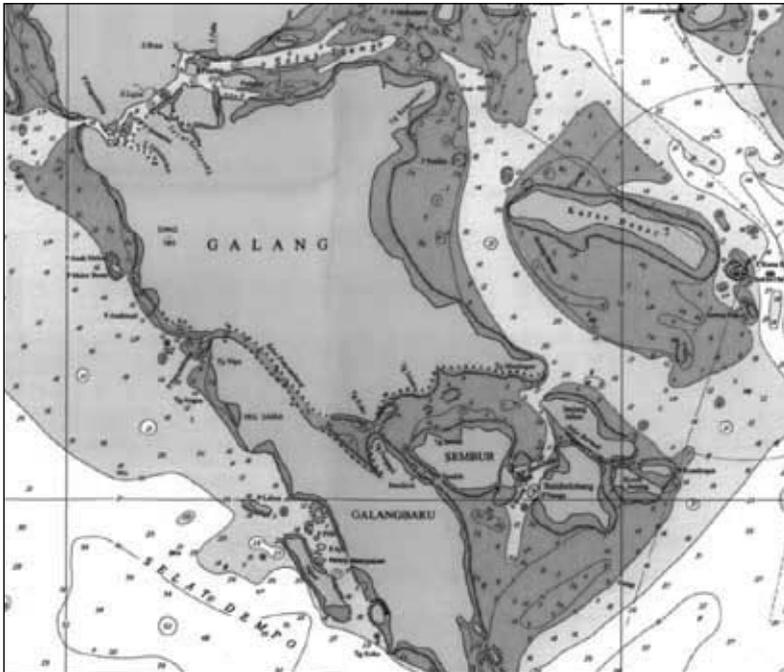
Menurut KKP (2013), Kabupaten Minahasa Utara akan dikembangkan menjadi pusat dari produksi rumput laut di bagian timur Indonesia pada tahun 2015, dengan perkiraan produksi antara 1,1 juta ton per tahun. Untuk mencapai target ini, KKP meluncurkan sebuah visi regional sebagai penghasil rumput laut pada tahun 2015 dan mendukung pemerintahan lokal dan komunitas dari kecamatan ini untuk menambah daerah penanaman.

2. Pulau Galang

Pulau Galang sebagai bagian dari Kepulauan Riau, menjadi Provinsi yang ke-32 di Indonesia sesuai Undang-Undang No. 25 Tahun 2002. Pulau ini memiliki daerah kurang lebih 80 km². Pulau ini berlokasi di bagian Selatan dari selat Malaka, Selatan dari Laut China Selatan, dan sekitar 40 km dari Selatan Kota Batam. Pulau ini di bawah administrasi Kecamatan Galang Kota Batam, Kepulauan Riau. Kecamatan Galang terdiri dari 120 pulau dengan total daerah meliputi 14,610 km². Hanya 36 pulau yang dihuni.

Sekitar 14.600 penduduk tinggal di Pulau Galang (<http://skpd.batamkota.go.id/galang/>).

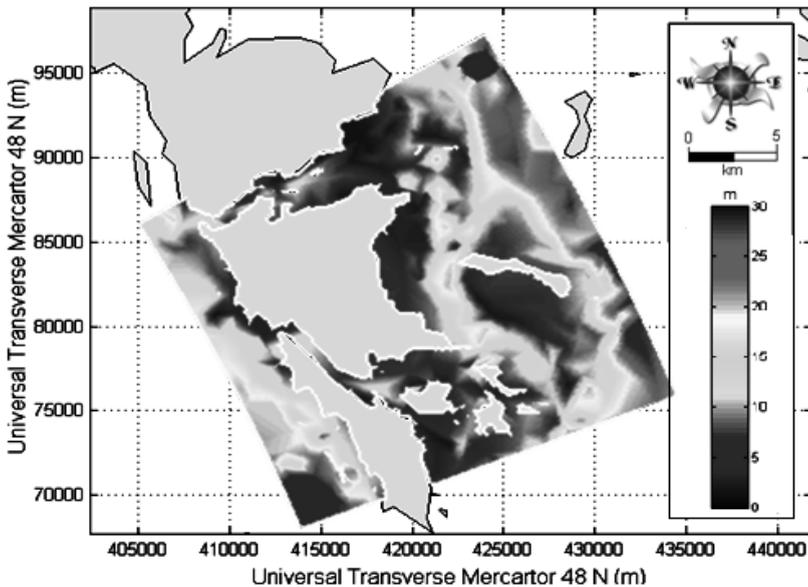
Kondisi dari batimetri sesuai peta nautikal Indonesia No. 42 dapat dilihat pada Gambar 4.5. Umumnya, perairan laut di sekitar Pulau Galang dikategorikan dalam keadaan daerah dangkal yang dikelilingi terumbu karang. Dekat dengan Pulau Galang ada pulau kecil di bagian selatan, yaitu Pulau Karas dan Pulau Karas Kecil. Kedalaman laut di sekitar Pulau Galang umumnya kurang dari 15 m, dari bagian timur dan sebagian kecil dari Barat Daya memiliki kedalaman sekitar 25 m (lihat Gambar 4.6.).



Gambar 4.5. Kedalaman batimetri sesuai dengan Peta Nautikal Indonesia No. 42.

Menurut CRITC (2009), konsentrasi dari oksigen terlarut berkisar antara 6.0 - 8.2 mg/l. Salinitas antara 32–35 psu. Suhu air laut bervariasi antara 26–29°C. Karakteristik dari nilai pH berkisar 8,20–8,80 telah diobservasi di daerah ini. Kejernihan berkisar

antara 2,5 sampai 10 m. Kecepatan arus rerata dari 0,2 sampai 0,4 m/dt. RDOG (2005) mengungkapkan bahwa konsentrasi nitrat berkisar antara 0.002–0.078 mg/l, nitrit berkisar antara 0.002 dan 0,431 mg/l. Karakteristik dari nilai turbiditas berkisar antara 8 mg/l. Sementara itu, menurut Diansyah (2006), konsentrasi fosfat berkisar antara 0,001 sampai 0,006 mg P/l, suhu dari permukaan air 28–29°C, oksigen terlarut bervariasi antara 4,3 dan 4,4 mgO₂/l. Sesuai informasi yang ada, kualitas air di sekitar Pulau Galang dapat diterima untuk pengembangan budidaya KJA kerapu. Sama seperti dengan Pulau Talise, perhatian hendaknya juga diberikan pada konsentrasi oksigen.



Gambar 4.6. Pulau Galang - batimetri dari model lokal

Musim penghujan di daerah ini lebih banyak daripada musim kemarau yang dipengaruhi oleh iklim, khususnya suhu udara dan presipitasi (CRITC, 2009). Pada tahun 2005, tekanan minimum dan maksimum udara sekitar 100.5 kPa dan 101.8 kPa. Kelembaban udara rerata dari 77 sampai 86%. Kecepatan angin maksimum dilaporkan sekitar 13,4 m/dt. Jumlah turunnya hujan pada tahun

2005 sekitar 2.171 mm selama 220 hari turunnya air hujan. Windupranata (2007) mengungkapkan bahwa tinggi gelombang signifikan di sekitar Pulau Galang berkisar antara 0,6-1m. Pencampuran antara pasang surut semidiurnal memiliki variasi pasang surut 0,6 sampai 2,8 m (Dasminto, 2007). Pengukuran lapangan dilakukan pada beberapa lokasi di kelurahan Galang dari bulan Mei sampai November 2009 oleh CRITC, LIPI, yang mencatat tinggi pasang surut berkisar 1,2 sampai 1,5 m.

Bappeda Batam dikumpulkan untuk menilai kriteria ICZM di sekitar lokasi Pulau Galang. Berdasarkan data sistem informasi geografis yang diperoleh, informasi yang didapatkan adalah pedesaan, daerah pariwisata/turis, pembibitan semi intensif atau daerah marikultur, jalur pelayaran, penggunaan pantai untuk daerah strategis, begitu juga lingkungan yang dilindungi (daerah terumbu karang). Daerah laut meliputi 96% dari total keseluruhan daerah teritori. Hal ini menjadikan daerah ini favorit untuk pengembangan aktivitas marikultur, termasuk pembibitan, budidaya ikan, pengembangan rumput laut dan budidaya KJA kerapu. Namun, pengembangannya saat ini dikategorikan masih lambat.

Menurut penilaian yang dilakukan KKP (2013) mengenai Provinsi Kepulauan Riau, potensial dari pengembangan aktivitas marikultur di daerah ini sangat luas. Produksi yang berkelanjutan diperkirakan lebih dari 140.000 ton per tahun untuk perikanan laut dan 179.000 ton per tahun untuk rumput laut (<http://profilkp.kepulauanriau.info/#>). Sebaliknya, CRITC (2009) mengungkapkan bahwa produksi dari budidaya di Kecamatan Galang berkisar 87 ton pada tahun 2007, dan data statistik dari Direktorat Jenderal akuakultur dari KKP (2013) di Provinsi Kepulauan Riau menunjukkan bahwa produksi kerapu dari tahun 2008 ke 2012 mengalami penurunan. Volume dari produksi budidaya kerapu di tahun 2008, 2009, 2010, 2011, dan 2012 sebanyak 906 t, 851 t, 3.200 t, 1.512 t, dan 1.202 t, secara respektif.

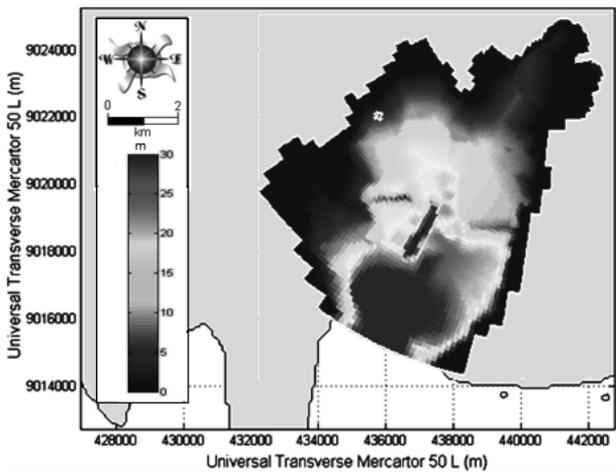
3. Teluk Ekas

Teluk Ekas berlokasi di sebelah selatan Pulau Lombok, Barat Daya Kabupaten Lombok Timur, Kecamatan Jerowaru. Total daerah pada teluk ini 5.460 hektar, namun hanya 3.400 hektar yang potensial untuk marikultur (CCMRS-IPB, 2004, Wibowo, 2007). Daerah yang dikategorikan dangkal di waktu surut berkisar 1.900 hektar atau kering selama surut terendah (CCMRS-IPB, 2004; Wibowo, 2007). Teluk Ekas memiliki iklim tropis. Turunnya hujan rerata 1.882 mm per tahun dengan 15 hari hujan dalam jangka waktu sebulan. Daerah ini biasanya dipengaruhi oleh angin barat dan timur. Pada puncaknya angin kuat akan berlangsung antara bulan Juni dan September, angin bertiup dari timur dengan kecepatan maksimum 7,7 m/dt. Suhu harian di Kabupaten Lombok berkisar antara 19 dan 33°C dengan humiditas rerata berkisar antara 74%-85% (Profil Lombok Timur, 2002).

Batimetri dari perairan air di Timur Kabupaten Lombok dikategorikan ke dalam daerah pantai yang landai dan pantai curam. Teluk ini terletak dari utara ke selatan dengan bagian yang menyempit di daerah selatan teluk. Bagian inilah yang menjadi sebuah penghalang untuk melindungi energi yang datang ke bagian dalam teluk (lihat Gambar 4.7.). Menurut pengukuran yang dilakukan oleh CCMRS-IPB (2004), kedalaman air berkisar 0 sampai 70 m, di mana daerah dangkal banyak ditemukan di bagian utara dari teluk. Seperti dapat dilihat pada Gambar 4.8., di daerah sekitar Teluk Ekas memiliki kedalaman yang kurang dari 10 m pada bagian Timur dan Barat dari teluk Ekas. Menurut survei yang dilakukan CCMRS-IPB tahun 2004, kedalaman bagian utara berkisar 0-37 m. Pada bagian tengah, ada celah bukit dengan ketinggian 26 sampai 37 m. Sementara itu, batimetri pantai bagian Barat lebih sedikit dalam daripada bagian Timur. Pada bagian yang sempit dari teluk Ekas, ada palung dengan kedalaman 43 sampai 56 m.



Gambar 4.7. Batimetri kedalaman Teluk Ekas sesuai dengan Peta Nautikal No. 262



Gambar 4.8. Teluk Ekas – batimetri dari model lokal

Krisanti dan Zulhamsyah (2006) melakukan investigasi pada empat stasiun di Teluk Ekas: pada sebuah lokasi yang jauh dari aktivitas KJA, kemudian pada lokasi yang ada beberapa KJA, lokasi yang tinggi konsentrasi dari KJA, serta lokasi yang sangat dekat dengan daratan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dari permukaan laut berkisar 26 sampai 30°C. Kegaraman berkisar antara 34 sampai 35 psu. Total *suspended solid* bervariasi antara 8 sampai 22 mg/l. Nilai pH bervariasi antara 8,0 sampai 8,5. Konsentrasi oksigen terlarut antara 0,05 – 0,33 mg/l, 0,001 – 0,010 mg/l dan 9,376 – 0,936 mg/l, secara respektif. Menurut kualitas air, hasil dari evaluasi menunjukkan bahwa kondisi kimia dan fisika perairan Teluk Ekas layak untuk pengembangan aktivitas marikultur. Namun, perhatian khusus diberikan pada konsentrasi oksigen. Secara umum, parameter tersebut memenuhi syarat untuk standar kualitas air kehidupan laut.

Simulasi model yang dilakukan oleh CCMRS-IPB (2004) mengungkapkan bahwa besar arus rerata dari bulan April ke Agustus berkisar 0,05 – 0,40 m/dt. Sementara itu, dari bulan September ke Desember lebih rendah, berkisar 0,10 m/dt. Ketinggian gelombang maksimum di luar dan di dalam teluk secara respektif sama dengan 2,6 m dan 1 m. Selama pengukuran dilakukan dari bulan Mei sampai November 2009, kecepatan arus bervariasi antara 0,15 dan 0,27 m/dt (Wibowo, 2007). Wibowo (2007) mengukur nilai pH dari 7,7 sampai 8,25 di bulan Agustus dan 7,3–7,7 di bulan Desember. Perbedaannya, disebabkan tingginya temperatur selama bulan Agustus (musim kering) ketika pH lebih tinggi di bulan Desember. Konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 3,2 sampai 8,5 ppm. Variasi ini terjadi pada perbedaan waktu dari pengukuran yang telah dilakukan pada pukul 08.00 am dan 13.00 pm.

Di samping daerah ini memiliki potensial yang baik untuk penangkapan ikan, perairan laut di Lombok Timur juga potensial untuk kegiatan marikultur (Aslianti, *et.al.*, 2002). Menurut data

statistik dari Direktorat Jenderal Akukultur KKP (2013) di Provinsi Nusa Tenggara Barat, produksi dari kerapu di tahun 2008, 2009, 2010, 2011, dan 2012 sebesar 169 t, 177 t, 207 t, 256 t, dan 279 t, secara respektif. Daerah studi di sekitar Teluk Ekas, Sunoto (2014, 2012) menampilkan bahwa daerah potensial dari budidaya kerapu sekitar 509 hektar sepanjang sisi dari keberadaan budidaya saat ini sekitar 9 hektar dan total produksi adalah 12,60 ton pada tahun 2009. Produksi dari marikultur selanjutnya pada tahun 2009 berkisar antara 0,2 ton dari mutiara, 146 ton lobster, dan 118.975 ton dari rumput laut.

Informasi yang diisyaratkan untuk pengembangan model dan aplikasi SPK telah dikumpulkan dari data yang ada, beberapa proyek, kantor pemerintahan, data publikasi, dan model simulasi numerikal. Di samping data pengukuran sebelumnya yang didokumentasikan dari beberapa pengarang dan badan, digunakan juga internet. Properti fisik dan kimia dari perairan laut diambil dari global model data (lihat lampiran 1). Sementara itu, kecepatan arus dan tinggi gelombang diambil dari model simulasi. ICZM data diekstrak dari peta RTRW dan data publikasi. Properti kimia dihasilkan dari badan penelitian dan pengukuran beberapa proyek, yang dilakukan di sekitar daerah pilihan.

BAB 5

Model Hidraulika dan Gelombang

A. Tinjauan

Pada bab ini, pengembangan dan aplikasi dari model hidraulika dan gelombang pada tiga lokasi *Fisheries Management Area* (FMA) ditampilkan. Sebuah deskripsi dari model *solvers* dan strategi diadopsi, serta diikuti sebuah kesimpulan dari fase pengembangan model dan hasil aplikasi.

B. Model Hidraulika

Pada bagian ini, sebuah gambaran dari model hidraulika menyimulasikan hidraulika dan ketinggian muka air, serta teknik yang diambil dalam penyediaan kondisi batas laut terbuka untuk model lokal. Detail bagaimana model ini diatur akan diberikan penjelasan.

1. Penyelesaian Model

Model hidraulika di buat untuk menyimulasikan tingginya permukaan air dan kecepatan arus di tiga lokasi yang diseleksi.

Simulasi dilakukan menggunakan model dua dimensi yang di buat oleh *Delft Hydraulics* di Belanda (WL|DELFT HYDRAULICS, 2009). Delft3D-Hidrolika membentuk suatu pusat dari model untuk menyimulasikan pergerakan air berdasarkan pasang surut dan gaya meteorologis dengan penyelesaian persamaan air dangkal yang tidak stabil untuk variabel yang sederhana dari kecepatan dan ketinggian air. Grid yang mempergunakan *finite difference* dengan sebuah domain mengakui sigma - sistem koordinat vertikal begitu juga koordinat vertikal tetap digunakan. Model ini memiliki kemampuan untuk menyimulasi kondisi hidrolika berdasarkan sistem grid, yang berbentuk kotak linear pada bidang horizontal.

Pada studi ini *domain decomposition* digunakan untuk menghindari masalah bagian tetap yang berkaitan dengan perbaikan dari struktural grid dan mengurangi waktu perhitungan. Model hidrolika didasarkan pada metode *alternating direction implicit*. Pada versi umum tidak memiliki permasalahan integralisasi dari *time step* sehingga pengurangan waktu komputasi tercapai. Hanya saja keterbatasan waktu integralisasi *time step* di atur sesuai persyaratan akurasi. Metode yang diadopsi mampu menyimulasi *courant number* maksimal sebesar 10 (Lesser, *et.al.*, 2005; Roelvink dan Banning, 1994).

2. Domain Decomposition

Domain decomposition digunakan dalam pembuatan model regional. Implementasi pendekatan hidrolika dari Delft3D didasarkan pada subdivisi dari *domain decomposition* tidak ke dalam hamparan domain, dengan kemungkinan membuat grid dalam ukuran yang lebih kecil, baik secara horizontal maupun vertikal (WL|DELFT HYDRAULICS, 2009). Hal ini memperbolehkan sebuah distribusi yang hampir optimal dari titik grid. Harus dicatat bahwa pendekatan *domain decomposition* berdasarkan pada sebuah model tanpa melapisi domain di bawahnya, setiap domain

memiliki struktur grid sendiri. Oleh karena itu, pendekatan numerikal yang terbaiklah yang memenuhi permintaan akan efisiensi, akurasi, dan aplikasi umum. Kemudian, perangkat telah dikembangkan untuk menambah kemudahan bagi pengguna dari pengaplikasian *domain decomposition*. Perubahan data dan algoritma untuk penggabungan subdomain dan pengecilan grid lokal dikerjakan dengan proses terpisah. Subdomain dihitung sebagai proses individu menggunakan konfigurasi *multiprocessor* yang mencapai kecepatan lebih tinggi. Dengan cara ini, fleksibilitas dari model untuk teknik pengembangan grid dapat bertambah. Keuntungan dari pendekatan model multidomain untuk hidraulika dan masalah *transport* merupakan sebuah metode iterasi yang efisien, di mana memiliki penyelesaian persamaan kritis di seluruh domain, fleksibilitas model, dan akurasi.

3. Urutan Penggabungan Model Regional dan Model Lokal

Urutan penggabungan diatur untuk menyediakan kondisi batas laut terbuka yang memadai pada tiga lokasi. Batimetri dari model dihasilkan dari beberapa sumber. Pada lokasi yang dekat dengan pantai, peta nautikal didigitasi (membawa peta yang digunakan untuk daerah lainnya No. 344: Sulawesi Utara dan Timur Laut, Tanjung Mamiri ke Tanjung Tolu, skala 1: 200.000). Pada daerah yang lebih dalam, kedalaman diambil dari GEBCO (lihat lampiran). Pasang surut astronomikal diturunkan dari model global pasang surut kelautan TPXO 6.2 yang dipasangkan sepanjang batas laut terbuka dari model dengan skala besar. Pada studi ini, tiga belas komponen (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, MF, MM, M4, MS4 dan MN4) digunakan untuk menjalankan model. Untuk meluaskan atau memperbesar model dari batas laut terbuka, beberapa segmen dipertimbangkan. Untuk menentukan model yang tepat untuk model lokal, investigasi dengan metode sensitivitas berdasarkan *time step*, kekasaran dasar lautan

dilakukan. Hasil dari urutan penggabungan untuk domain dapat dilihat pada Gambar 5.1. sampai Gambar 5.3.

Penilaian dari grid (Pulau Talise, Pulau Galang, dan Teluk Ekas) dilakukan pada fase selanjutnya dari pembuatan model. Sensitivitas analisis didasarkan pada parameter numerikal dan fisikal, termasuk *time step*, *eddy viscosity*, koefisien kekasaran, dan angin. Sebuah masa simulasi dalam 1 bulan (1 Januari–30 Januari 2009) dipertimbangkan. Secara umum, pengaruh dari angin dan kondisi hidraulika diselidiki dengan mempertimbangkan kecepatan angin yang tetap. Sebagai tambahan, dua periode dengan kecepatan angin maksimum selama periode simulasi menunjukkan pentingan gaya geser dari angin terhadap perubahan hasil dari model dengan mempertimbangkan tinggi muka air dan kecepatan arus pada model regional.

Secara umum, ditemukan hasil yang memuaskan dihasilkan pada kondisi batas untuk model lokal. Menurut parameter numerik, percepatan gravitasi, kerapatan air, *eddy viscosity*, secara horizontal, batas kedalaman, dan kedalaman rendah diatur sebagai nilai dasar, informasi angin didapatkan dari Egbert dan Erofeeva (2002) analisis angin dari NCEP, waktu *smoothing* sekitar 60 menit, dengan interval data yang dimasukan setiap 15 menit. Periode simulasi di atur dengan kondisi angin maksimum selama 2 minggu, *time step* digunakan 0,01 menit untuk Pulau Talise; 0,1 menit untuk Pulau Galang dan Teluk Ekas. Kekasaran *manning* $0,025\text{m}^{1/2}/\text{detik}$, $0,025\text{m}^{1/2}/\text{detik}$, $0,030\text{m}^{1/2}/\text{detik}$ secara respektif untuk Pulau Talise, Pulau Galang, dan Teluk Ekas.

a. Pulau Talise

Gambar 5.1 menunjukkan pengaturan dari pengurutan grid menggunakan *domain decomposition* untuk Pulau Talise. Skala model grid terbesar dapat dilihat pada Gambar 5.1a membandingkan jarak antarukuran grid berkisar dari 547 m hingga 7742 m. Jumlah total grid sel sebesar 13.500 (76 sel x 181 sel). Gambar 5.1b menunjukkan model grid menengah dengan ukuran

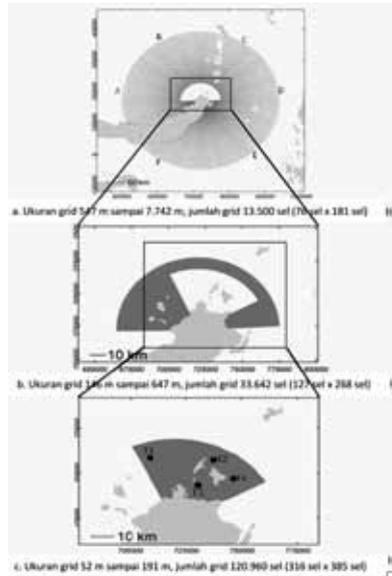
grid antara 146 dan 647 m yang terdiri dari sekitar 33.642 grid sel (127 sel x 268 sel). Gambar 5.1c menunjukkan bahwa grid dari lokal model dengan ukuran berkisar 52 m hingga 191 m, dan 120.960 grid sel (316 sel x 385 sel). Empat titik observasi (T1, T2, T3 dan T4). Pada studi ini, usaha diberikan untuk titik mengobservasi T1 dan T2 yang disituasikan dekat dengan daerah studi.

b. Pulau Galang

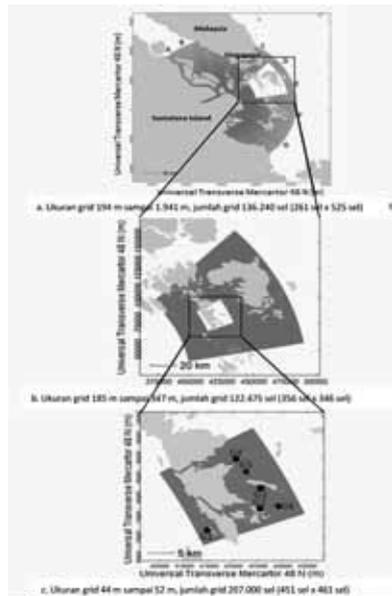
Gambar 5.2 menunjukkan penggabungan model yang dibuat untuk Pulau Galang. Pada Gambar 5.2a., model dengan skala besar memiliki ukuran grid berkisar 194 m hingga 1941 m, dan berjumlah 136.240 grid sel (261 sel x 525 sel) ditunjukkan. Gambar 5.2b. menggambarkan model menengah dengan ukuran dari 185 m sampai 347 m dan 122.475 grid sel (356 sel x 346 sel). Akhirnya, Gambar 5.2c. model lokal dari Pulau Galang dengan ukuran yang bervariasi antara 44 m hingga 52 m, dengan 207.000 grid sel (451 sel x 461 sel) ditunjukkan. Pada gambar ini, enam titik penyelidikan (G1, G2, G3, G4, G5, dan G6) ditunjukkan. Perhatian diberikan untuk kondisi dari titik observasi G1 dan G2 yang berlokasi di bagian barat dan timur pulau.

c. Teluk Ekas

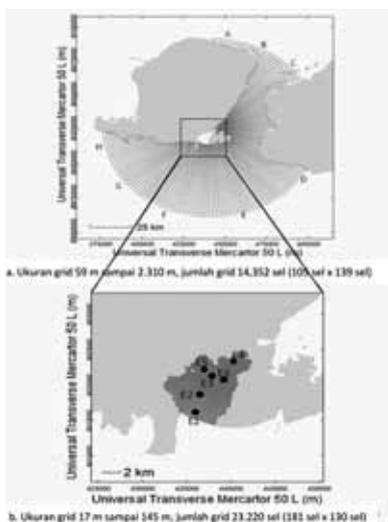
Pembuatan *domain decomposition* grid model Teluk Ekas ditampilkan pada Gambar 5.3. Hanya ada dua model yang dipertimbangkan. Model regional dari Teluk Ekas terdiri dari 14,352 grid sel (105 sel x 139 sel) dengan jarak antargrid 59 m sampai dengan 2310 m. Grid dari model lokal disusun dengan lokasi yang bervariasi antara 17 m dan 145 m, dan 23.200 sel (181 sel x 130 sel). Ada 6 titik observasi (E1, E2, E3, E4, E5 dan E6) yang dialokasikan ke model lokal. Perhatian diberikan kepada kondisi dari titik penyelidikan E1 dan E3.



Gambar 5.1. Penggabungan model Pulau Talise: model besar, menengah dan regional



Gambar 5.2. Penggabungan Model di Pulau Galang: Besar, Menengah dan Kecil



Gambar 5.3. Penggabungan model di Teluk Ekas: besar, menengah dan kecil

C. Model Gelombang

Efek dari gelombang diintegrasikan dalam model hidraulika yang disimulasikan dengan generasi ketiga SWAN *wave processor* yang dikembangkan di Universitas Teknologi Delft, Belanda (Holthuijsen, 2007, Ris, 1997). SWAN berdasarkan pada aksi diskret spektral dari densitas yang menghitung untuk jalannya refraktif secara random serta gelombang pendek yang melewati batimetri dan arus di lapangan. Proses fisikal termasuk terjadinya gelombang oleh angin, refraksi, *shaoling*, dan angin bertiup mengakibatkan gelombang, disipasi berdasarkan ombak putih, perubahan kedalaman yang menentukan kedalaman pemecah gelombang pecah, pergeseran dasar lautan, ketidakruntutan empat dan tiga buah interaksi dari gelombang-gelombang yang ada.

Model ini secara umum merupakan model spektral, sebagai contoh dalam penyelesaian aksi keseimbangan spektral untuk sebuah kekhususan jumlah dari bidang direksional dan interval dari frekuensi. Modul gelombang juga mengizinkan untuk

menggabungkan model hidraulika dari Model Delft3D. Baik proses gelombang dan hidraulika dapat disimulasikan pada sistem grid yang berbentuk empat persegi yang memerintahkan keakurasian dan sangat efisien dari suatu daerah yang kompleks. Model gelombang yang dikembangkan pada studi ini mengadopsi grid lebih besar daripada sesuatu yang digunakan dari simulasi model hidraulika.

1. Pulau Talise

Untuk menyediakan informasi mengenai kondisi gelombang di sekitar Pulau Talise, simulasi dari model gelombang dilakukan. Hasil dari hidraulika digabungkan untuk menjalankan model gelombang. Kriteria dari gelombang SPK Sysmar berhubungan dengan kecepatan angin. Simulasi dari model gelombang dilakukan untuk kondisi tersebut. Analisis dari enam jam angin dari Egbert dan Erofeeva (2002) data dasar dari NCEP yang dianalisis selama periode lima tahun (2005–2009) untuk mengidentifikasi kejadian angin yang maksimum atau ekstrem.

Hasil yang dikeluarkan dari analisis primer mawar angin dan distribusi kelas angin di Pulau Talise dapat dilihat pada Gambar 5.4. Sesuai analisis statistik, kecepatan angin dapat dibagi dalam 9 kelas dan arah angin dalam 32 sektor yang dikembangkan dari 8 kelas dari arah angin untuk keakurasian data (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut). 55% dari data angin berkisar pada 0–8 m/dt dan arah utama dari angin dari Timur dan Tenggara dengan 43,2% dan 27,2% dari arah angin secara respektif. Hal ini memperlihatkan bahwa daerah Pulau Talise dalam kategori *fresh breeze* 8.9–10.7 m/dt berdasarkan skala Beaufort sebab angin yang dominan di atas 8 m/dt dengan 45 % dari total kejadian. Hanya 2% dari data angin dengan kecepatan melebihi 14 m/dt. Kecepatan angin maksimum pada periode ini sebesar 19.6 m/dt dengan arah 117°.

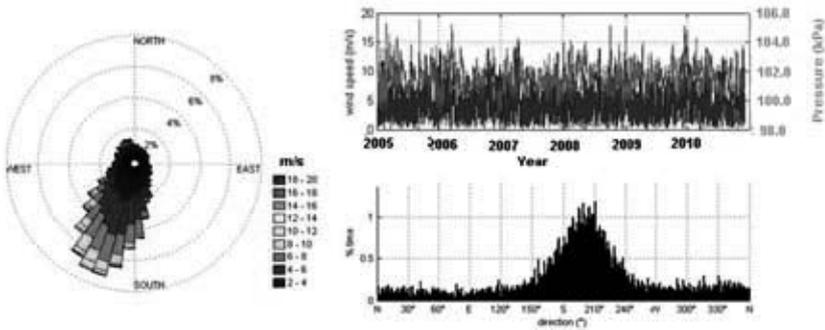
2. Pulau Galang

Untuk tujuan memberikan informasi mengenai kondisi gelombang di sekitar Pulau Galang, simulasi dari model gelombang diaplikasikan pada periode yang sama (2005–2009). Untuk kelengkapan dari pemodelan gelombang, dilakukan proses asosiasi hasil hidraulika untuk menjalankan model gelombang. Mawar angin dan pengklasifikasian angin di Pulau Galang dapat dilihat pada Gambar 5.5. 88% yang berada dalam jangkauan 1–4 m/dt dan arah angin utama berasal dari arah Barat dan Barat Daya (38,9% dan 36,2% dari arah angin secara respektif). Daerah ini dikarakteristikan pada daerah tenang. Kecepatan angin melewati 7 m/dt sebanyak 0,04% dari keseluruhan waktu. Kecepatan maksimum dari angin periode ini melebihi 7,3 m/dt dan arah 244° yang berhembus dari barat.

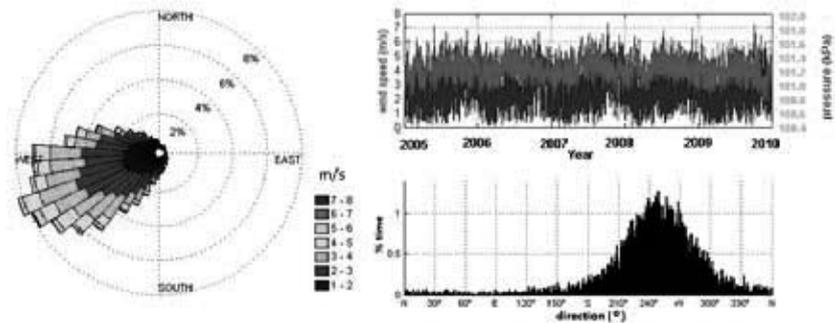
3. Teluk Ekas

Mengikuti prosedur yang sama seperti model di Pulau Galang, model gelombang dari Teluk Ekas dilakukan. Simulasi dari model gelombang yang dikerjakan untuk analisis data selama 6 jam dari data dasar NCEP periode 2005–2009. Kemudian, kami mengidentifikasi kejadian angin berdasarkan hasil dari model gelombang di model regional Teluk Ekas seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.

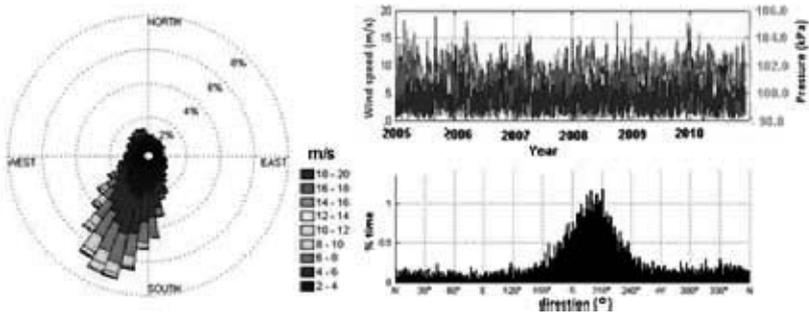
Gambar 5.6. menampilkan mawar angin dan turunan dari kelas angin di daerah sekitar Teluk Ekas. Gambar tersebut menunjukkan bahwa 64% berada di sekitar 1–6 m/dt dan arah angin utama dari Selatan dan Barat Daya (38,3% dan 32,1% dari arah angin secara respektif). Gambar tersebut juga menampilkan bahwa Teluk Ekas berada dalam kategori *moderate breeze* (5,5–7,9 m/dt) menurut skala *Beaufort*, hanya 1,1% dari data angin yang menunjukkan kecepatan di atas 12 m/dt. Kecepatan angin maksimum sebesar 19,6 m/dt dengan arah sekitar 206°.



Gambar 5.4. Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Pulau Talise dari Egbert dan Erofeeva (2002) NCEP data angin 2005 - 2009



Gambar 5.5. Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Pulau Galang dari Egbert dan Erofeeva (2002) NCEP data angin 2005 - 2009



Gambar 5.6. Mawar angin dan klasifikasi distribusi frekuensi kelas pada model Teluk Ekas dari Egbert dan Erofeeva (2002) NCEP data angin 2005- 2009

D. Hasil dari Simulasi Model

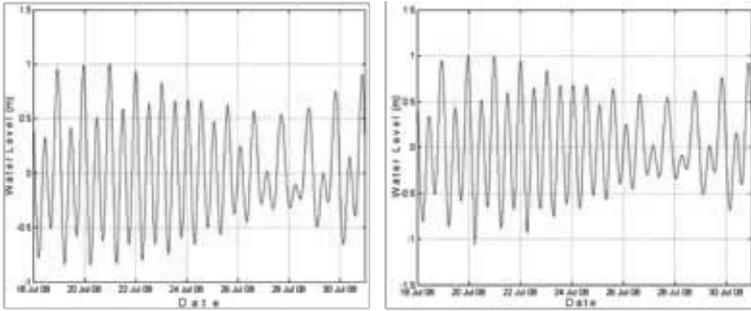
1. Pulau Talise

Dari Gambar 5.7., kami dapat melihat bahwa simulasi akhir dari model Pulau Talise dengan membandingkan variasi tinggi permukaan air, kecepatan arus, dan arah arus pada titik observasi T1 dan T2. Hasil dari fluktuasi tinggi permukaan air sekitar 1,8 dan 2 m (lihat Gambar 5.7a. dan Gambar 5.7b.), hasil ini mendukung perkiraan sebelumnya yang mengambil data dari Tide Model Driver TPX06.2 (Egbert dan Erofeeva (2002)).

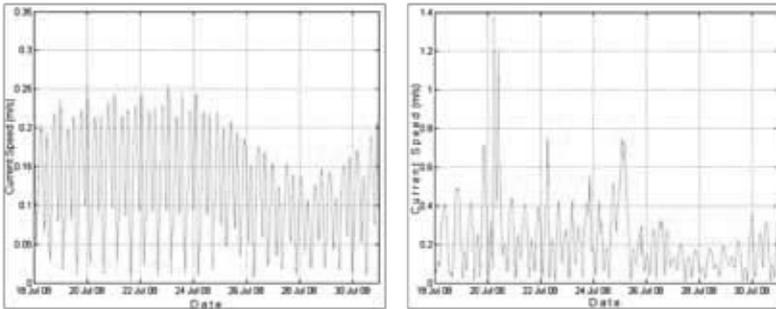
Untuk membandingkan data kecepatan arus di Pulau Talise selama periode simulasi, studi literatur diimplementasikan. Hal ini harus diinterprestasikan dengan hati-hati sebab kecepatan arus dan arah pada dua titik observasi berbeda. Seperti dapat dilihat pada Gambar 5.7c., pada titik observasi T1 dengan kecepatan antara 0,15-0,25 m/dt. Hasil ini terlihat konsisten dengan hasil riset lainnya yang menemukan bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,15–0,30 m/dt (Wantansen, 2008). Analisis selanjutnya menunjukkan bahwa kecepatan arus pada titik observasi T2 lebih tinggi dari T1. Dari Gambar 5.10d. kami dapat melihat bahwa besarnya arus berkisar antara 0,2 sampai 1,4 m/dt. Laut terbuka yang tidak terlindungi di lokasi dari titik observasi T2 (lihat gambar 5.7e. dan Gambar 5.7f.) berpengaruh terhadap variasi besarnya arus dan arah.

Gambar 5.8. mengilustrasikan hasil dari 5 tahun (2005–2009) simulasi gelombang menggunakan data angin NCEP di sekitar Pulau Talise. Untuk visualisasi signifikan tinggi gelombang di sekitar Pulau Talise ada dua titik observasi (T1 dan T2), maksimum tinggi gelombang sekitar 6 m telah teridentifikasi. Hasil ini sesuai pada observasi awal. Prediksi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menunjukkan bahwa 5% kemungkinan terjadi tinggi gelombang yang lebih dari 3 m. Studi saat ini diatur untuk menentukan karakteristik gelombang di sekitar studi area

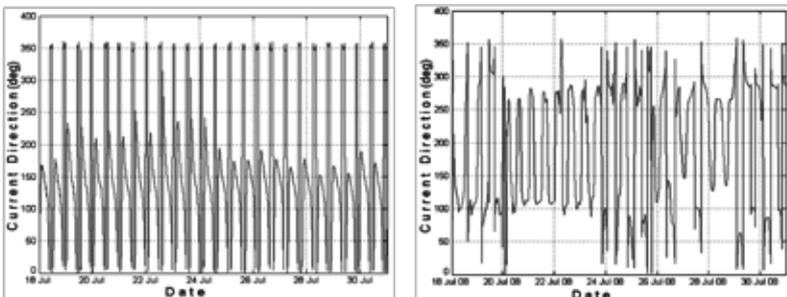
dengan mempertimbangkan pengembangan budidaya KJA kerapu. Hasilnya mengidentifikasi bahwa tinggi gelombang di Pulau Talise melebihi 1 m. Karenanya, harus dicatat bahwa dari tinjauan ini jelas bahwa lokasi ini tidak dipertimbangkan sebagai tempat yang tepat untuk pengembangan proyek budidaya KJA kerapu.



a. Ketinggian muka air di titik T1 b. ketinggian muka air di titik T2

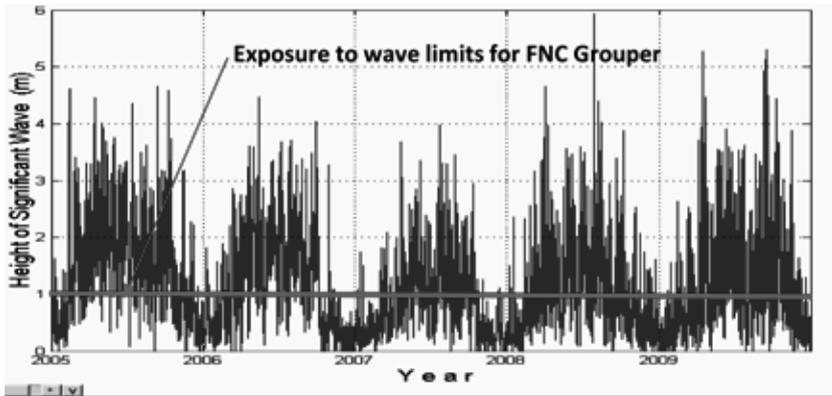


c. Kecepatan arus di titik T1 d. kecepatan arus di titik T2

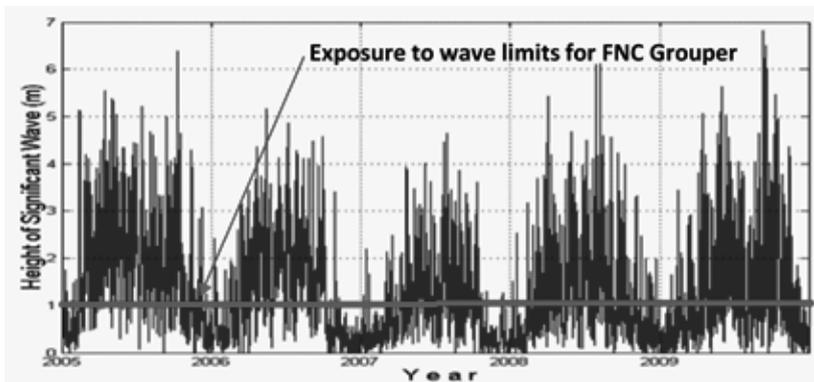


e. Arah arus di titik T1 f. arah arus di titik T2

Gambar 5.7. Hasil dari model hidraulika di lokal model Pulau Talise



a. Tinggi gelombang pada titik observasi T1



b. Tinggi Gelombang pada Titik Observasi T2

Gambar 5.8. Hasil dari model gelombang di sekitar Pulau Talise

Di literatur, tidak ada data pengukuran yang ditemui untuk membandingkan karakteristik fisik kelautan di daerah Pulau Talise. Namun, menurut BMKG, tinggi gelombang yang melebihi 3 m terjadi sebesar 5% dan tinggi maksimum gelombang mingguan (berdasarkan data antara 29 Mei dan 5 Juni 2013) di laut Maluku berkisar = 0.75–1.5 m. Menurut penilaian dari aliran hidraulika di sekitar Pulau Talise termasuk tingkat fluktuasi muka air dan besarnya kecepatan arus, menunjukkan bahwa beberapa bukti kondisi sesuai untuk pengembangan budidaya KJA kerapu. Namun,

dari hasil simulasi tinggi gelombang hasil ini tidak sesuai secara fisik untuk pengembangan proyek ini (lihat Gambar 5.8a. dan Gambar 5.8b.).

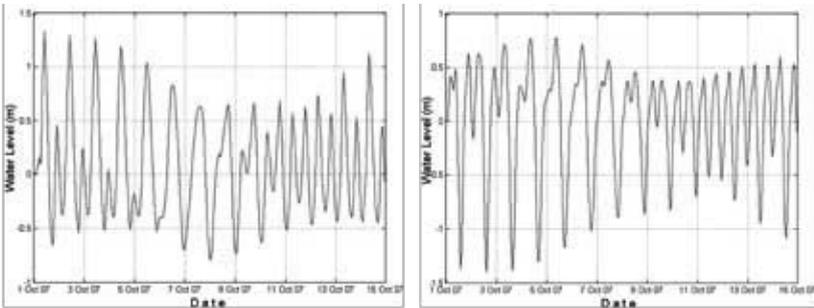
2. Pulau Galang

Simulasi hidraulika untuk model lokal di Pulau Galang dikerjakan menggunakan modul *domain decomposition* dari *Delft3d-flow*. Dengan periode selama 14 hari dari tanggal 1 Oktober 2007 sampai 14 Oktober 2007, meliputi pasang tertinggi dan surut terendah akan dievaluasi penampilmannya. Dari visualisasi fluktuasi tinggi muka air pada titik observasi G1 dan titik observasi G2, kami dapat menyimpulkan bahwa variasi dari tinggi permukaan air pada titik observasi G1 sekitar 0,6–2 m (lihat Gambar 5.9a.) dan tipe dari pasang surut dikategorikan sebagai pasang surut campuran ganda. Namun, pada titik G2, fluktuasi berkisar 0,3–2 m. Hasil studi saat ini konsisten dengan studi lainnya dan mengonfirmasi bahwa jenis pasang surut di sekitar Pulau Galang adalah pasang surut campuran ganda dengan amplitudo dari 0,6–2,8 meter (CCMRS–IPB, 2001). Hasil ini mengonfirmasi tinggi pasang surut di sekitar Pulau Galang, yakni sekitar 1,2–1,5 m.

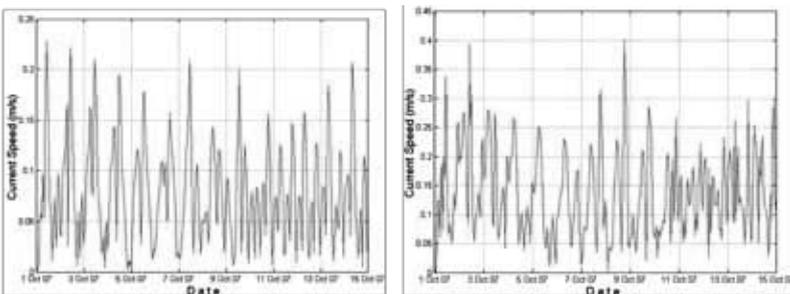
Gambar 5.9c. dan Gambar 5.9d. menampilkan pendugaan jenis kecepatan arus di sekitar perairan Pulau Galang. Melalui periode ini, besarnya arus dapat mencapai nilai tertinggi dan distribusi dari kejadiannya akan menjadi menarik untuk para pembuat keputusan atau riset selanjutnya. Dari Gambar 5.9c. kami dapat melihat bahwa besarnya arus maksimum pada titik observasi G1 adalah 0,22 m/dt serta prediksi dari kecepatan arus maksimum di titik observasi G2 mendekati 0,4 m/dt. Hasil ini sesuai dengan temuan dari CRITC (2009) yang menunjukkan kecepatan arus rerata berkisar antara 0,2–0,4 m/dt. Perbandingan dua titik observasi menurut perkiraan dari arah arus dapat dilihat pada Gambar 5.9e. dan Gambar 5.9f. Gambar 5.9e. menampilkan bahwa

arah arus selama tinggi pasang surut mengalir dari arah Barat Laut (320°) dan selama surut berasal dari Tenggara (150°).

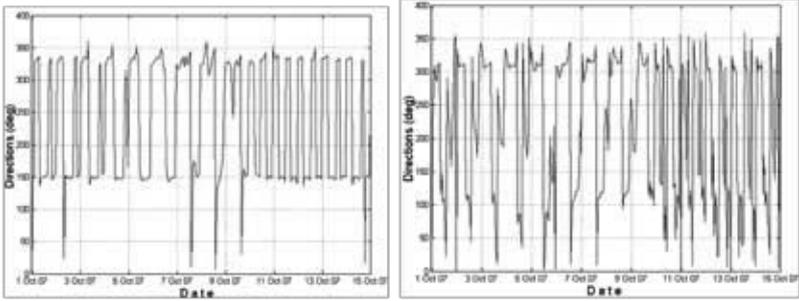
Untuk menilai karakter dari gelombang sekitar perairan Pulau Galang, digunakan simulasi model gelombang. Perbandingan antara dua titik observasi dibuat menggunakan modul simulasi *Delft3Dwave* untuk jangka waktu 5 tahun, seperti yang terlihat pada Gambar 5.10. Hal ini mengindikasikan bahwa tinggi gelombang maksimum lebih rendah dari 0,8 m. Studi ini memberikan hasil yang mengonfirmasi temuan dari Windupranata (2007), yang mengungkapkan bahwa tinggi gelombang signifikan di sekitar Pulau Galang berkisar 0,6–1 m.



a. Ketinggian muka air di titik G1 b. Ketinggian muka air di titik G2



c. Current speed at point G1 d. Current speed at point G2
 c. Kecepatan arus di titik G1 d. Kecepatan arus di titik G2

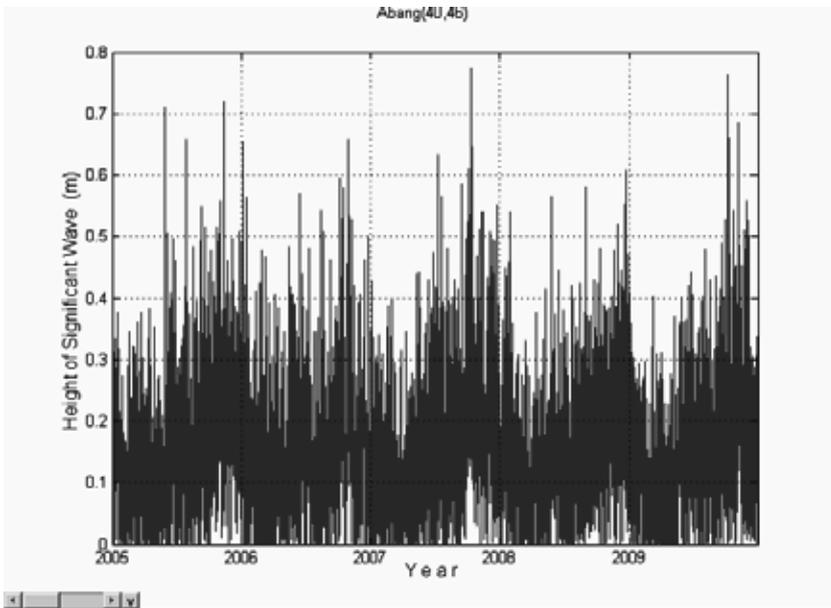


e. Current direction at point G1

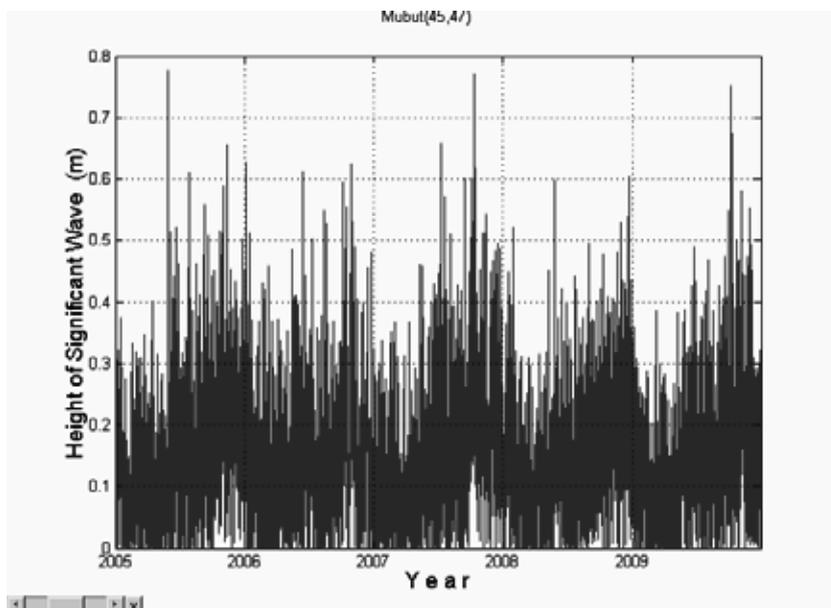
f. Current direction at point G2

e. Arah arus di titik G1 f. Arah arus di titik G2

Gambar 5.9. Hasil dari model hidraulika di lokal model Pulau Galang



a. Tinggi gelombang pada titik observasi G1



b. Tinggi gelombang pada titik observasi G2

Gambar 5.10. Hasil dari model gelombang di sekitar Pulau Galang

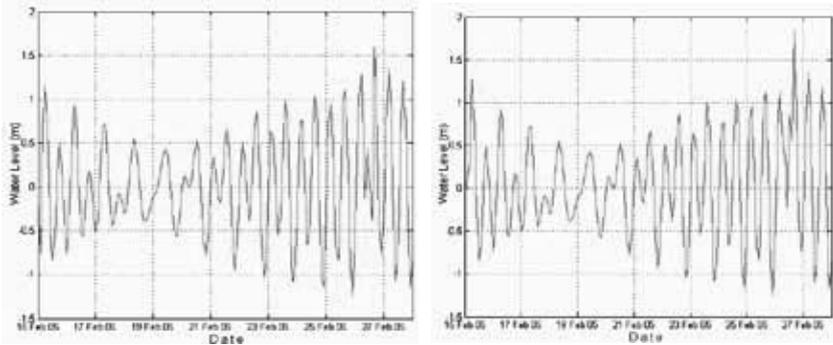
Temuan dari studi saat ini mendukung studi sebelumnya yang dilaksanakan dari beberapa institusi dan pengarang. Hasilnya signifikan, paling tidak pada 3 faktor utama, termasuk fluktuasi tinggi muka air, kecepatan arus dan tinggi gelombang. Dengan mempertimbangkan tiga parameter tersebut, kami membuktikan bahwa daerah Pulau Galang dikategorikan sebagai daerah yang sesuai untuk pengembangan budidaya KJA kerapu.

3. Teluk Ekas

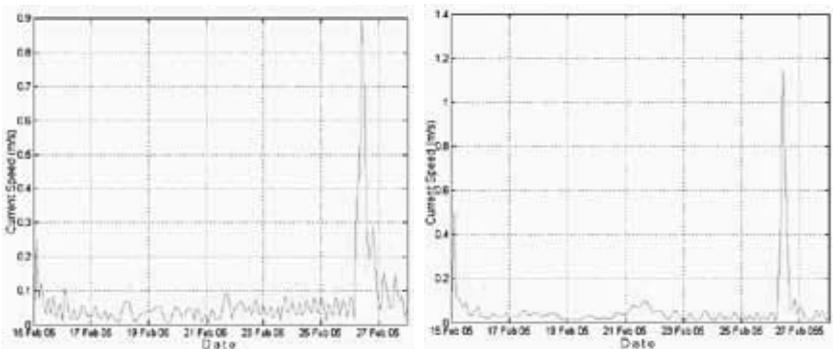
Akhirnya, hasil dari simulasi numerik di Teluk Ekas digambarkan pada Gambar 5.11. dan Gambar 5.12. Simulasi oskilasi dari tingginya permukaan air pada dua titik observasi dalam kisaran 0,2 – 2,6 m, yang meliputi kondisi pasang dan surut. Hasil studi ini terlihat konsisten dengan hasil dari CCMRS-IPB (2004) yang menemukan bahwa maksimum fluktuasi dari tinggi muka air di sekitar Teluk Ekas setinggi 2,6 m.

Akan tetapi, perkiraan kecepatan arus pada dua titik observasi menunjukkan bahwa karakteristik arus di titik E1 dan E2 berbeda. Ditemukannya kecepatan arus yang ekstrem berkisar antara 0,9 m/dt sampai dengan 1,1 m/dt, secara respektif pada E1 dan E3 berhubungan dengan kecepatan angin maksimum. Secara umum, besarnya arus menunjukkan perbedaan antara 0,08–0,1 m/dt (lihat Gambar 5.11c. dan Gambar 5.11d.). Oleh karena itu, hasil harus diinterpretasikan dengan hati-hati, sebab hal ini sesuai dengan CCMRS-IPB (2004) yang mengungkapkan bahwa kecepatan arus sekitar 0,10 m/dt selama bulan September-Desember dari April ke Agustus kecepatan arus berkisar 0,05 – 0,40 m/dt.

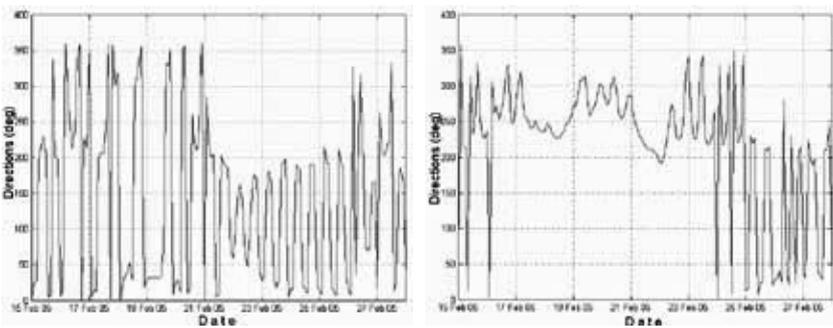
Hasil dari simulasi tinggi gelombang di Teluk Ekas meliputi sebuah periode selama lima tahun menampilkan bahwa nilai maksimum lebih tinggi dari 2 m. Tinggi gelombang rerata berkisar antara 0,5–1 m (lihat Gambar 5.12.). Temuan ini mendukung literatur sebelumnya oleh Wibowo (2007). Hasil signifikan dari investigasi yang sesuai dengan karakteristik fisika di lingkungan kelautan dari Teluk Ekas menunjukkan bahwa besarnya arus dikategorikan lemah. Kecepatan arus yang lebih kecil dari 0,05 m/dt jelas dikategorikan lemah untuk memenuhi persamaan minimum dari aliran arus untuk budidaya KJA, dan menjelaskan kemungkinan kegagalan bisnis sebelumnya pada daerah ini. Sebaliknya, selama kondisi angin ekstrem menampilkan besar yang sangat tinggi. Tinggi gelombang maksimum dan kriteria angin tidak sesuai dengan pengembangan budidaya KJA kerapu. Temuan ini memiliki implikasi yang signifikan untuk praktis selanjutnya dari budidaya KJA kerapu di daerah ini.



a. Ketinggian muka air di titik E1 b. Ketinggian muka air di titik E3

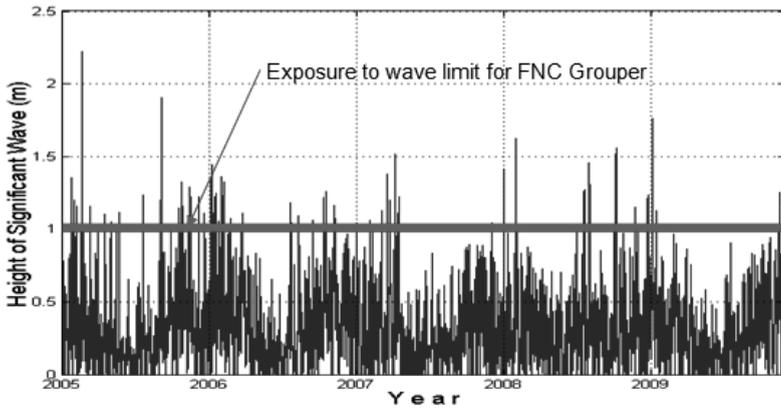


c. Kecepatan arus di titik E1 d. Kecepatan arus di titik E3

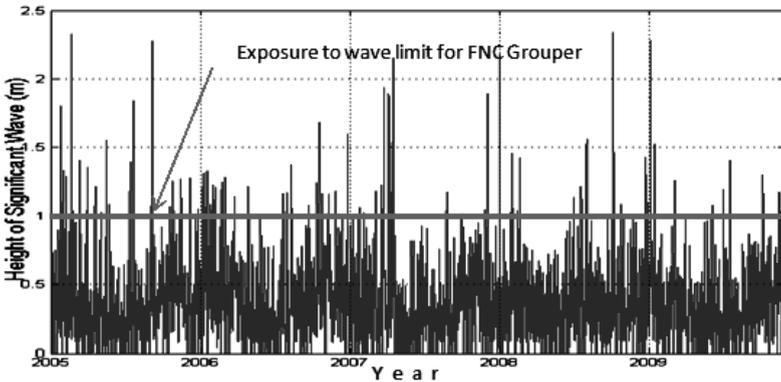


e. Arah arus di titik E1 f. Arah arus di titik E3

Gambar 5.11. Hasil dari model hidraulika di lokal model Teluk Ekas



a. Tinggi gelombang pada titik observasi E1



b. Tinggi Gelombang pada Titik Observasi E3

Gambar 5.12. Hasil dari model gelombang di sekitar Teluk Ekas

E. Kesimpulan

Untuk menilai hasil dari aliran hidrodinamika dan model gelombang sesuai kriteria pengembangan KJA kerapu, kami dapat menyimpulkan bawah Pulau Galang merupakan lokasi yang sesuai. Sementara itu, Pulau Talise dinilai sebagai lokasi yang tidak sesuai dengan alasan tinggi gelombang. Dengan demikian, Teluk Ekas dikategorikan sebagai arus yang lemah sehingga tinggi gelombang dan kriteria angin tidak memenuhi kriteria untuk pengembangan budidaya KJA kerapu.

BAB 6

Aplikasi dari SPK Sysmar dan Hasil

Penampilan dari sistem manajemen budidaya keramba jaring apung kerapu yang berkelanjutan SPK Sysmar akan didiskusikan pada bab ini. Melalui penggunaan SIG sebagai perangkat perencanaan spasial, SPK Sysmar mampu untuk menentukan kesesuaian lahan, beberapa jenis daya dukung lingkungan, dan menampilkan penilaian ekonomis seperti yang telah ditunjukkan oleh beberapa pengarang terdahulu (Windupranata, 2007; v d Wulp, *et.al.* 2010; Mayerle, *et.al.* 2011, Hermawan, *et.al.* 2012). Hasil SPK Sysmar yang diaplikasikan pada daerah terpencil di perairan Indonesia ditampilkan dalam bentuk peta, gambar, dan laporan analisis.

A. SPK Sysmar: Kesesuaian Lahan

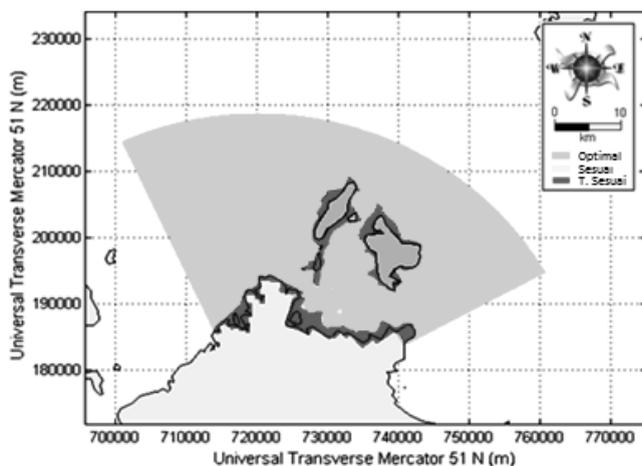
Sebuah pendekatan komprehensif kesesuaian lahan dan peta kapabilitas yang mengintegrasikan seluruh kriteria terseleksi direvisi dengan menggunakan 32 parameter yang diidentifikasi-

kan pada Tabel 3.1. Hal itu untuk menilai pengaruh relatif setiap kategori dari parameter, baik fisik, kimia, dan ICZM. Kemudian, input atau tipe analisis yang diseleksi oleh pengguna melalui tampilan antarmuka mengontrol jenis dari analisis agar dibuatkan oleh komponen model dari SPK.

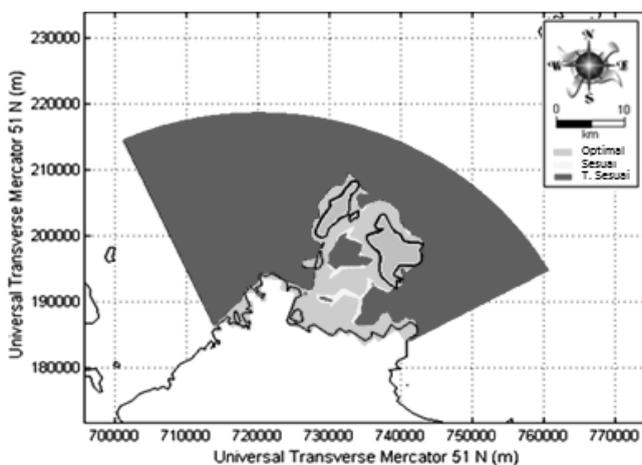
1. Penyeleksian Lokasi di Sekitar Pulau Talise

Setelah klasifikasi, informasi fisik dari model numerik hidrodinamika dan gelombang memberikan pandangan dalam distribusi spasial dari daerah yang sesuai untuk pengembangan budidaya KJA marikultur. Lokasi pertama untuk aplikasi penyeleksian lokasi SPK SYSMAR adalah di daerah sekitar Pulau Talise. Keseluruhan dari peta kesesuaian ditampilkan pada Gambar 6.1. sampai Gambar 6.5. Gambar 6.1. menampilkan kedalaman air minimum yang didigitasi dari peta nautikal. Menurut Tabel 3.1. kriteria kesesuaian lahan untuk pembesaran kerapu di KJA, kedalaman air minimum yang diperbolehkan tidak kurang dari 6 m dan optimal lebih dari 8 m.

Pengaturan awal dari SPK Sysmar menentukan pengaruh dari informasi batimetri untuk menilai kedalaman air di sekitar area budidaya. Analisis awal menemukan bahwa total area domain di Pulau Talise sekitar 129.765 hektar. Daerah terdalam memiliki kedalaman kurang lebih 6.000 m. Luaran yang dihasilkan dari analisis kedalaman minimum air dari SPK ditampilkan pada Gambar 6.1. Kedalaman minimum utama dari daerah perairan Pulau Talise ditentukan sebagai daerah yang optimal, yaitu sekitar 122.219 hektar (94,2%) dari total keseluruhan area domain. Hanya 5,3% dari daerah ini yang dikategorikan sebagai lokasi tidak sesuai.



Gambar 6.1. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan kedalaman air minimum



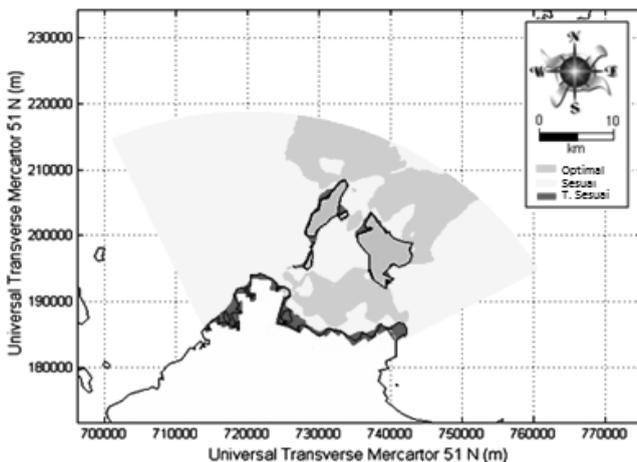
Gambar 6.2. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan kedalaman air maksimum

Akan tetapi, melihat kedalaman air maksimum di Pulau Talise sebuah gambar yang berbeda muncul, sebab budidaya KJA kerapu dikategorikan dapat diterima bila kedalaman air kurang dari 25 m dan optimal kurang dari 20. Selanjutnya, Gambar 6.2. mengindikasikan hanya 14,2% dan 2,4% dari daerah yang dapat diinterpretasikan sebagai optimal dan diterima secara

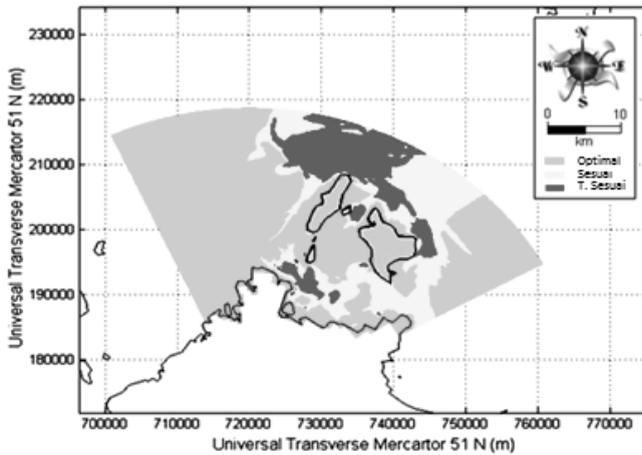
respektif. Hal yang ditampilkan dari gambar ini sekitar 108.178 hektar (83.4%) daerah perairan laut di sekitar Pulau Talise dipertimbangkan sebagai daerah yang tidak sesuai. Berdasarkan situasi geologikal khusus dari pulau-pulau sekitar yang dekat dengan palung laut dalam dan batas celah yang sangat sempit.

Peta kesesuaian yang berdasarkan kondisi penggelontoran di sekitar Pulau Talise dapat dilihat pada Gambar 6.3. Data mengindikasikan bahwa bagian utama dari lokasi ini dikategorikan sebagai daerah yang diperbolehkan, yakni sekitar 74,2% atau sekitar 96.325 hektar dari keseluruhan domain. Bagian lain atau sekitar 22,2% dipertimbangkan sebagai daerah yang optimal, hanya 3,5% atau 4.600 hektar ditentukan sebagai daerah yang tidak sesuai.

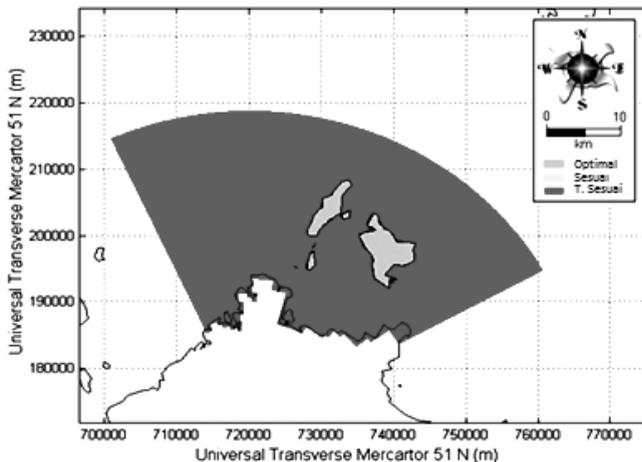
Selanjutnya, Gambar 6.4. menunjukkan peta kesesuaian parameter arus di Pulau Talise. Daerah terbanyak, lebih tepatnya 83.878 hektar (64,6%) dikategorikan sebagai daerah yang tidak sesuai. Di mana kecepatan arus lebih tinggi dari 0,1 m/dt, dikategorikan sebagai daerah yang sesuai dan bila di antara 0,2 – 0,5 m/dt, daerah tersebut dikategorikan sebagai daerah optimal. Hanya 22,6% dan 12,8% dari total daerah didefinisikan sebagai daerah sesuai dan tidak sesuai secara respektif.



Gambar 6.3. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan penggelontoran



Gambar 6.4. Peta Kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan eksposur terhadap Arus



Gambar 6.5. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Talise berdasarkan tinggi gelombang

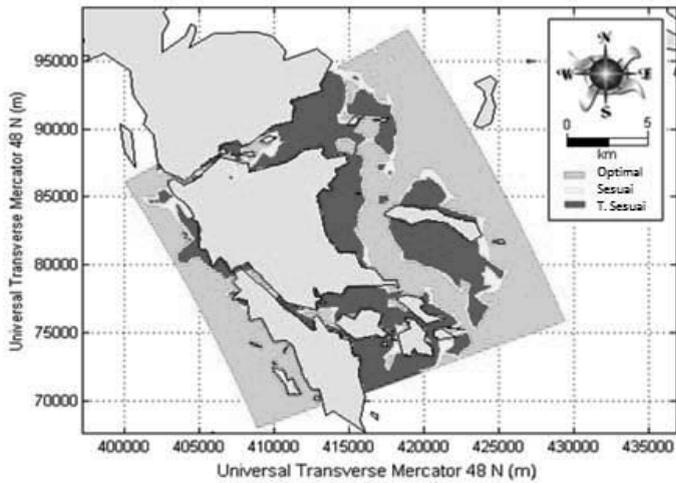
Sebuah peta kesesuaian berdasarkan eksposur parameter gelombang di Pulau Talise dapat dilihat pada Gambar 6.5. Gambar ini mengindikasikan bahwa keseluruhan dari daerah diinterpretasikan sebagai daerah yang tidak sesuai. Seperti yang terlihat dalam Gambar 5.11. rerata tinggi gelombang maksimum di atas 3 m. Dengan kecepatan angin maksimum adalah 19,6 m/

dt serta panjang *fetch* mendekati 300 km, angin membangkitkan tinggi gelombang maksimum sekitar 6 m. Kondisi ini jelas mengimplikasikan bahwa daerah ini bukanlah lokasi yang tepat sesuai dengan kriteria. Sebagai sebuah hasil dari eksposur angin lapangan yang kuat dan panjang *fetch*, keseluruhan domain dikategorikan sebagai sebuah lingkungan kelautan yang memiliki energi yang tinggi. Kemungkinan lebih sesuai dimanfaatkan untuk kegiatan lainnya seperti dijadikan lokasi pembangkit listrik tenaga gelombang maupun angin, daripada budidaya KJA yang membutuhkan sebuah tingkat perlindungan tertentu.

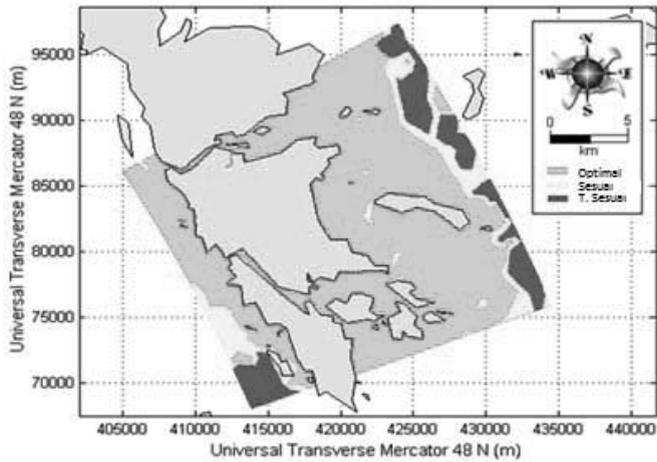
2. Penyeleksian Lokasi di Sekitar Pulau Galang

Analisis data dari kesesuaian lahan SPK Sysmar untuk Pulau Galang ditampilkan pada Gambar 6.6. sampai Gambar 6.15. Gambar 6.6. menampilkan 806 hektar atau 2,5% dari kedalaman air minimum, di mana 67,4% (21.612 hektar) daerah di sekitar Pulau Galang dikategorikan sebagai optimal untuk pengembangan budidaya KJA kerapu. Gambar 6.7. menunjukkan sebuah peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan kedalaman maksimum yang menunjukkan bahwa 80,6% (25.857 hektar) dari daerah dikategorikan sebagai optimal dan hanya 10,3% (3.298 hektar) sebagai daerah yang tidak sesuai.

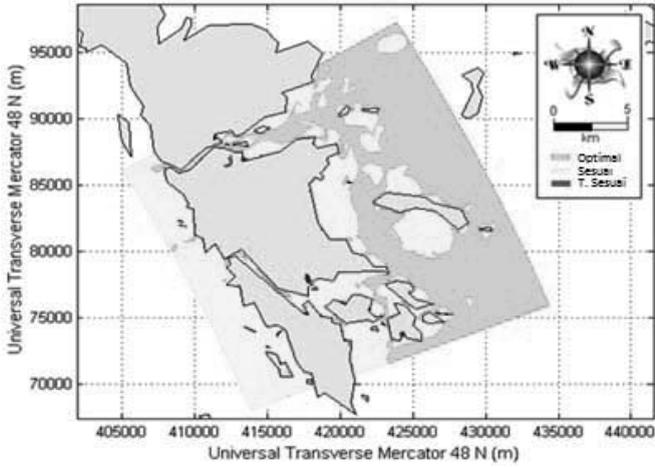
Mempertimbangkan nilai penggelontoran, hanya 0,3% (90 hektar) dari daerah di sekitar Pulau Galang diidentifikasi sebagai daerah yang tidak sesuai dengan kegiatan budidaya marikultur (lihat Gambar 6.8). Daerah tersebut menampilkan kondisi optimal dan sesuai meliputi 54,5% dan 45,3% secara respektif. Gambar 6.9. menampilkan peta kesesuaian berdasarkan eksposur terhadap arus yang menunjukkan 11.859 hektar (37%) dan 20.000 hektar (62,3%) menampilkan sesuai dan optimal kecepatan arus secara respektif. Hanya 0,7% (221 hektar) dari daerah tersebut didefinisikan tidak sesuai.



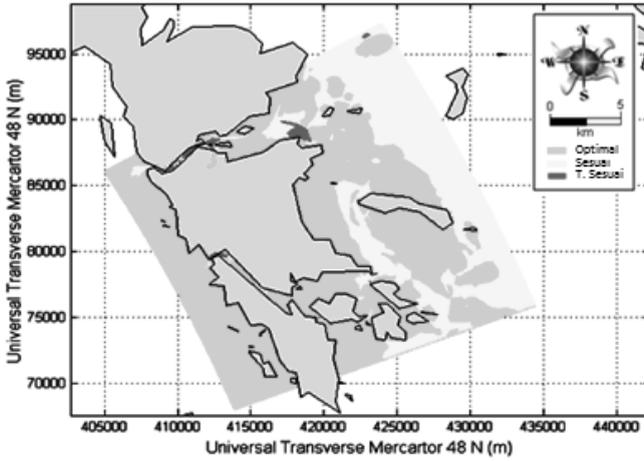
Gambar 6.6. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan kedalaman air minimum



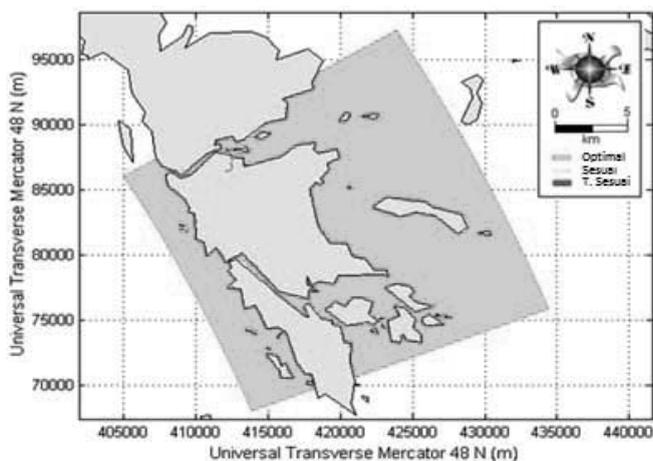
Gambar 6.7. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan kedalaman air minimum



Gambar 6.8. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan penggelontoran



Gambar 6.9. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan arus

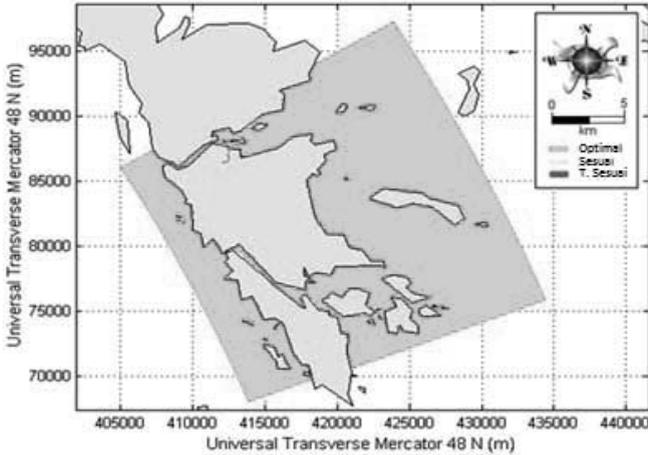


Gambar 6.10. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan tinggi gelombang

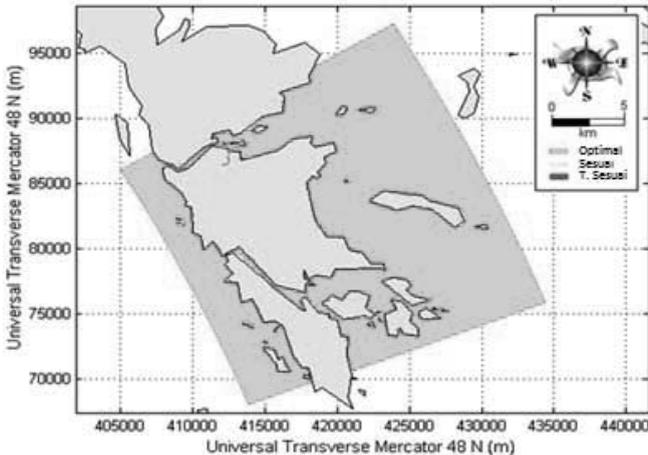
Tinggi gelombang maksimum yang dihasilkan dari simulasi model di Pulau Galang ditampilkan pada Gambar 6.10. Hal ini menunjukkan bahwa keseluruhan daerah ini didefinisikan sebagai lokasi yang sesuai. Lagi pula, peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan pada eksposur terhadap angin yang jelas menampilkan bahwa keseluruhan daerah dikategorikan sesuai dengan kegiatan aktivitas budidaya kerapu (lihat Gambar 6.11.). Seperti yang terlihat pada Gambar 5.13., tinggi gelombang maksimum kurang dari 0,8 m. Dengan kecepatan angin maksimum kurang dari 7,3 m/dt dan panjang *fetch* tidak melebihi 70 km, angin membangkitkan rerata tinggi gelombang maksimum sekitar 0,4 m. Kondisi ini mengimplikasikan bahwa daerah ini jelas sesuai untuk aktivitas KJA.

Seperti dapat dilihat pada Gambar 6.12., untuk mempelajari parameter kimia seperti temperatur udara, salinitas, oksigen terlarut, pH, dan kecerahan perairan data dari kualitas yang diadopsi dari CRITC LIPI Universitas Riau (2009). Parameter lainnya, seperti turbiditas, amonium, nitrat, dan nitrit diambil dari RDOG Bandung (2005). Peta dari fosfat didapat dari

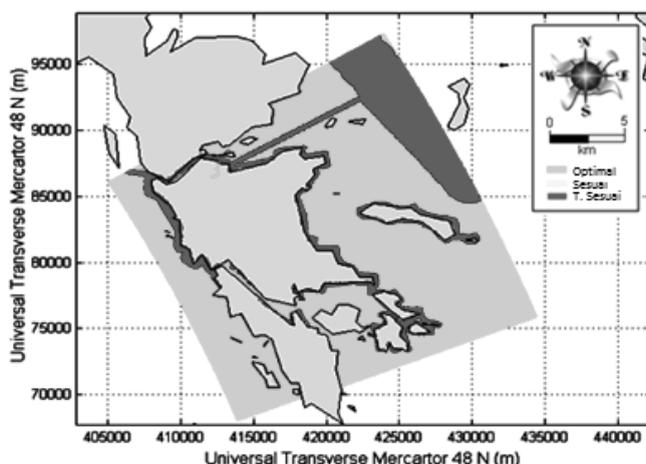
Shlitzer (2011) dan Diansyah (2004). Hasil dari peta kesesuaian berdasarkan kualitas air di sekitar Pulau Galang menunjukkan bahwa keseluruhan daerah ini sesuai untuk pengembangan aktivitas budidaya KJA kerapu tanpa hambatan.



Gambar 6.11. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan eksposur dari angin



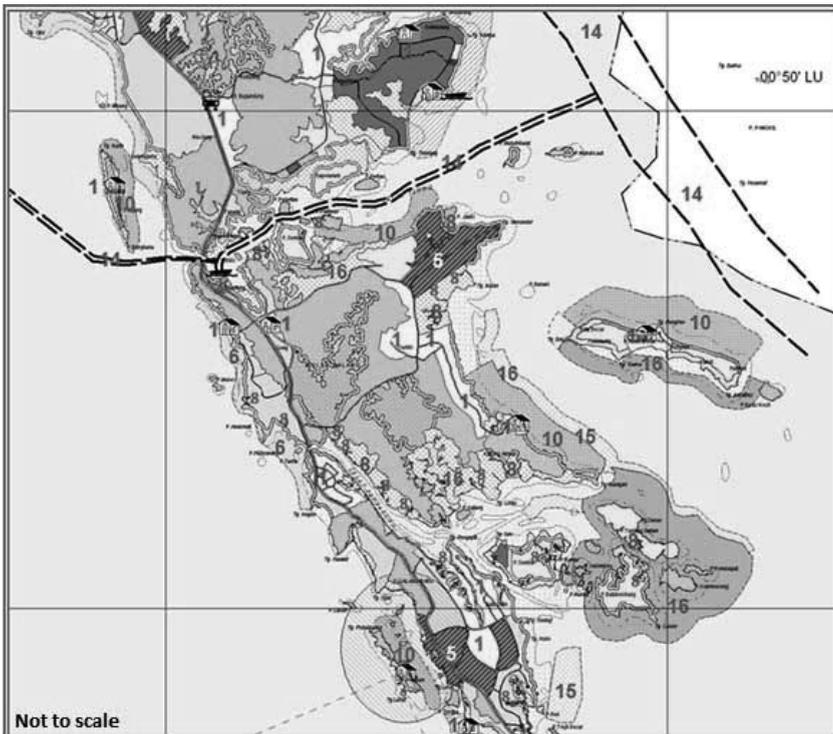
Gambar 6.12. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan eksposur terhadap kualitas air



Gambar 6.13. Peta kesesuaian di sekitar Pulau Galang berdasarkan ICZM

Peta kesesuaian yang berdasarkan ICZM di Pulau Galang diindikasikan dengan 16 peta tematik, yang meliputi daerah penyangga kurang lebih 200 m dengan pengguna properti perairan pantai lainnya. Peta tematik, meliputi: perkampungan, kota kecil, kota besar, pelabuhan, muara, sungai, erosi garis pantai, pembibitan semi intensif, kolam, pembuangan limbah, jalur pelayaran, dan penggunaan pantai. Untuk menganalisis penggunaan lahan di Pulau Galang, kami menemukan sejumlah data dan diaplikasikan menggunakan SIG dari SPK Sysmar. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.14. dari 16 kriteria parameter, hanya 8 kriteria utama yang dideteksi mengakibatkan pembatasan dari pengembangan KJA kerapu, yaitu desa (diindikasikan dengan nomer 1), lokasi strategis atau industri pada bagian utara dan selatan domain (ditunjukkan dengan nomer 5), dan daerah wisata yang berlokasi di bagian barat dari domain (lihat nomer 8), pembibitan semi intensif dan areal perkolaman di mana pemerintah punya rencana untuk mengembangkannya (nomer 10), alur pelayaran (nomer 14), dan lingkungan yang dilindungi termasuk zona bakau dan daerah terumbu karang (nomer 16). Hasilnya dari penghitungan ICZM yang diadopsi dari

Sahalo (2014), master plan dari Kota Batam untuk tahun 2004 – 2014 dari Bappeda Kota Batam (2004) dan penggunaan lahan di Indonesia (ITB, 2006), analisis dari kriteria ICZM dilakukan. Gambar 6.13. menampilkan 77,5% atau sekitar 24.856 hektar dari perairan didefinisikan sebagai daerah yang optimal, hanya 22,5% yang dikategorikan tidak sesuai.



Gambar 6.14. Kriteria ICZM di Pulau Galang
(Sumber Bappeda kota Batam)

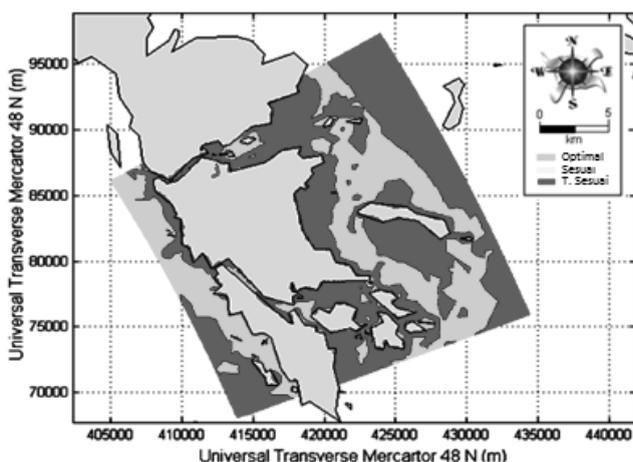
Keterangan:

1: desa, 5: industri, 6: daerah wisata, 8: sungai, 10: pembibitan semi intensif, 14: jalur pelayaran, 15: penggunaan pantai, 16: lingkungan dari daerah terlindung.

Studi ini mengaplikasikan SPK untuk ICZM dan memiliki kemampuan mengintegrasikan lingkungan multidisiplin sebagai sebuah kompleksitas dan sistem variabel. Namun, hasil harus

diinterprestasikan dengan hati-hati, karena Ferrol-Schulte, *et.al.* (2013) mengungkapkan bahwa peneliti dan praktisi telah dikaburkan dengan batas antara konservasi, pembangunan, pengurang kemiskinan, dan manajemen ekosistem sumber daya alam di Indonesia.

Hasil akhir dari peta kesesuaian dari keseluruhan parameter di sekitar Pulau Galang dapat dilihat pada Gambar 6.15. yang menunjukkan 12.940 hektar (40,3%) dari perairan Pulau Galang diinterprestasikan sebagai daerah yang sesuai. Daerah tersebut menyebar di sekitar Pulau Galang. SPK SYSMAR merupakan sebuah pendekatan untuk mendukung keputusan yang dibuat melalui penyeleksian data. Selanjutnya, bagian dari pihak terkait untuk menyeleksi dari strategi pembangunan yang ditentukan, agar dilaksanakannya pengembangan budidaya KJA kerapu di sekitar Pulau Galang.

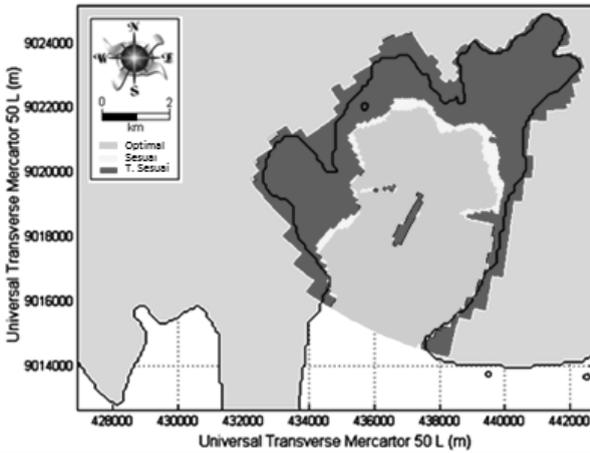


Gambar 6.15. Hasil akhir dari peta kesesuaian dari seluruh parameter di sekitar Pulau Galang

3. Penyeleksian Lokasi di Sekitar Teluk Ekas

Hasil yang dikeluarkan dari analisis aplikasi SPK Sysmar untuk budidaya KJA kerapu di sekitar Teluk Ekas dapat dilihat pada Gambar 6.16. sampai Gambar 6.19. Pada gambar 6.16.

menurut kriteria kedalaman air minimum, total daerah yang sesuai di perairan Teluk Ekas sekitar 3.009 hektar. Gambar ini menampilkan hasil bahwa kedalaman air minimum di Teluk Ekas melebihi 50,6% dari area. Sekitar 2.673 hektar dari daerah masuk dalam kategori optimal, namun dari daerah sekitar 2.875 hektar (49,4%) dikategorikan tidak sesuai berdasarkan kedangkalan air dengan kedalaman kurang dari 8 meter.

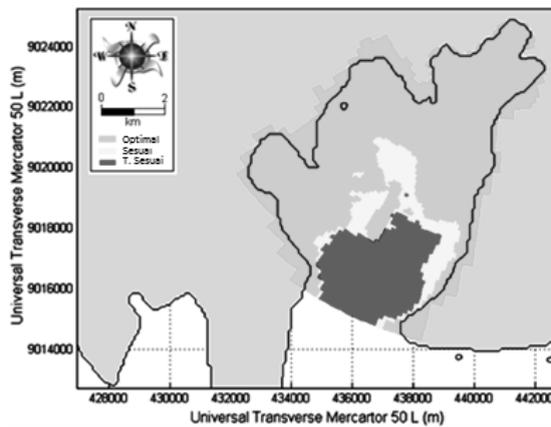


Gambar 6.16. Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan kedalaman air minimum

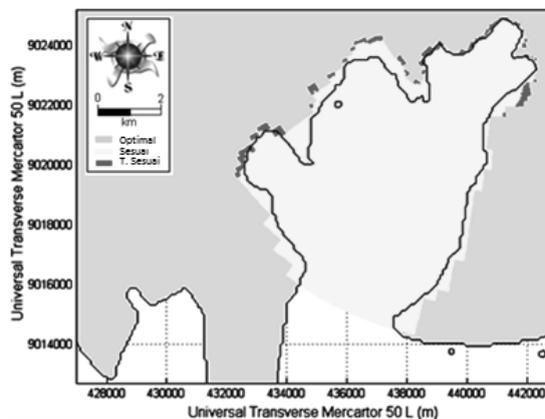
Gambar 6.17. menampilkan sebuah peta kesesuaian berdasarkan pada kedalaman maksimum di Teluk Ekas yang menunjukkan sekitar 914 hektar (15,9%) yang berada di Selatan Teluk Ekas yang ditentukan sebagai lokasi yang tidak sesuai, disebabkan daerah ini memiliki kedalaman yang melebihi 25 m. Dari gambar di bawah, kita dapat melihat bahwa 60,3% dari lokasi yang berada di bagian utara perairan Teluk Ekas dikategorikan optimal dan 72,8% sesuai berdasarkan kedalaman maksimum untuk penjangkaran.

Untuk menilai parameter dari penggelontoran di Teluk Ekas, pengulangan kesesuaian lahan dari SPK SYSMAR dilakukan. Seperti yang dapat kita lihat dari Gambar 5.18., hanya 1,7% (96

hektar) dari daerah di perairan Teluk Ekas didefinisikan sebagai lokasi yang tidak sesuai. Sekitar 5.671 hektar (98,3%) dari daerah perairan dikategorikan sebagai daerah yang sesuai. Di keseluruhan area ini, tidak ada daerah yang optimal berdasarkan penggelontoran untuk aktivitas budidaya KJA kerapu, hasil penelitian ini jelas menyarankan di Teluk Ekas membutuhkan pertimbangan saat potensial dari pengembangan budidaya KJA diperkirakan selanjutnya.

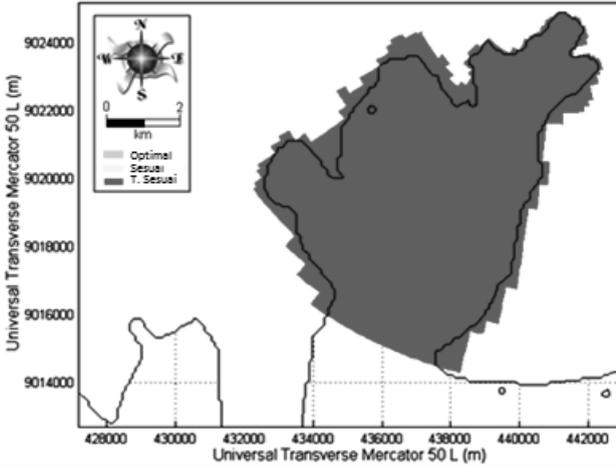


Gambar 6.17. Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan kedalaman air maksimum



Gambar 6.18. Peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan penggelontoran

Hasil yang ditunjukkan Gambar 6.19. mengindikasikan bahwa peta kesesuaian di sekitar Teluk Ekas berdasarkan eksposur kecepatan arus menampilkan bahwa didomain sebagai daerah yang tidak sesuai. Karakteristik kecepatan arus di sekitar daerah ini dapat dibandingkan dengan Gambar 5.14 c, d.



Gambar 6.19. Peta Kesesuaian Di sekitar Teluk Ekas berdasarkan Kecepatan Arus.

Hasil akhir dari penyeleksian lokasi di Teluk Ekas menunjukkan tidak ada daerah potensial yang sesuai dengan pengembangan budidaya KJA kerapu. Hal ini diakibatkan oleh kecepatan arus dan penggelontoran yang dikategorikan terlalu lemah atau rendah untuk kegiatan KJA. Temuan ini sesuai dengan Krisanti dan Imran (2006), yang mengungkapkan bahwa keberadaan budidaya KJA kerapu pada daerah ini harus diatur sebab sudah melampaui daya dukung lingkungan. Lagi pula, tinggi gelombang maksimum rerata melebihi 1 m (bandingkan dengan Gambar 5.15.) yang juga mengindikasikan ketidaksesuaian untuk pengembangan KJA.

4. Kesimpulan dari Kesesuaian Lahan

a. Pulau Talise

Dari Gambar 6.1. sampai Gambar 6.5., kita dalam melihat hasil dari aplikasi SPK Sysmar di sekitar daerah Pulau Talise berdasarkan batimetri, fluktuasi tinggi air, penggelontoran, arus, dan gelombang. Hasil berdasarkan kedalaman maksimum perairan menunjukkan bahwa 6.877 hektar (5,3%) dari daerah ini dikategorikan tidak sesuai, termasuk daerah di Pulau Talise dan Pulau Kinabohutan, di mana bakau dan terumbu karang berada (Crawford, *et.al.* 1998; Kusen, *et.al.* 1999; FFMS., 1999). Sebaliknya, ketika SYSMAR SPK mempertimbangkan kedalaman maksimum, ada sekitar 16,6% (21.540 hektar) potensial untuk pengembangan budidaya KJA kerapu. Daerah ini terletak di sekeliling pantai di daerah terumbu karang, baik di Pulau Talise maupun di Pulau Sulawesi, yang diindikasikan sebagai daerah dilindungi.

Setelah pengaplikasian SPK SYSMAR untuk menganalisis penggelontoran dan arus di sekitar Pulau Talise, hasilnya menunjukkan bahwa hampir seluruh daerah ini didefinisikan sebagai lokasi yang sesuai (96,4% atau 125.093 hektar) dan (86,8% atau 112.636 hektar), secara respektif. Bagaimanapun, berdasarkan *penggelontoran* didemonstrasikan bahwa sebagian kecil di selatan, barat, dan selatan Pulau Talise dikategorikan tidak sesuai (lihat Gambar 6.3.). Luaran ini mendukung studi sebelumnya yang menemukan kesesuaian kecepatan arus untuk budidaya ini sekitar 0.15 – 0.7 m/dt (Wantansen, 2008).

Hasil dari studi parameter gelombang menunjukkan bahwa keseluruhan daerah didefinisikan tidak sesuai. Hasil ini terlihat sesuai dengan studi lainnya yang mengungkapkan bahwa tinggi gelombang maksimum di pantai Inoboto, Sulawesi Utara berada sekitar 2,3 m sampai dengan 4,3 m (Lolong dan Masinambow, 2011).

b. Pulau Galang

Hasil dari analisis data SPK Sysmar berdasarkan kedalaman air minimum mengindikasikan bahwa 32,6 % atau 10.453 hektar didefinisikan sebagai daerah yang tidak sesuai. Daerah ini berada di sekitar Pulau Galang dan Pulau Karas. Lagi pula sesuai kedalaman air maksimum berkisar 10,3% (3.298 hektar) dari daerah ini dikategorikan tidak sesuai dan terbesar berlokasi di bagian timur.

Hasil dari penggelontoran dan kecepatan arus menampilkan bahwa sebagian besar lokasi dikategorikan sesuai untuk pengembangan budidaya KJA kerapu untuk masa depan. Hasil ini sesuai dengan CRITC (2009); Adriman, *et.al.* (2012); dan Sukmana (2007). Lagi pula, luaran dari analisis gelombang dan angin oleh SYSMAR SPK menampilkan keseluruhan area dikategorikan sesuai atau sesuai dengan yang dilakukan oleh Sukmana (2007), Windupranata (2007), dan CRITC (2009).

Analisis dari kualitas air dengan parameter kimia di perairan sekitar Pulau Galang yang didapat dari CRITC (2009), RDOG (2005), WOD, NOD, WOA, Schlitzer (2011), dan Diansyah (2006) termasuk temperatur air, salinitas, oksigen terlarut, pH, kecarahan perairan, turbiditas, amonium, nitrat, nitrit, dan fosfat menunjukkan bahwa keseluruhan daerah dikategorikan sesuai. Hasil ini sesuai dengan Adriman, *et.al.* (2012), Sari, dan Usman (2012).

c. Teluk Ekas

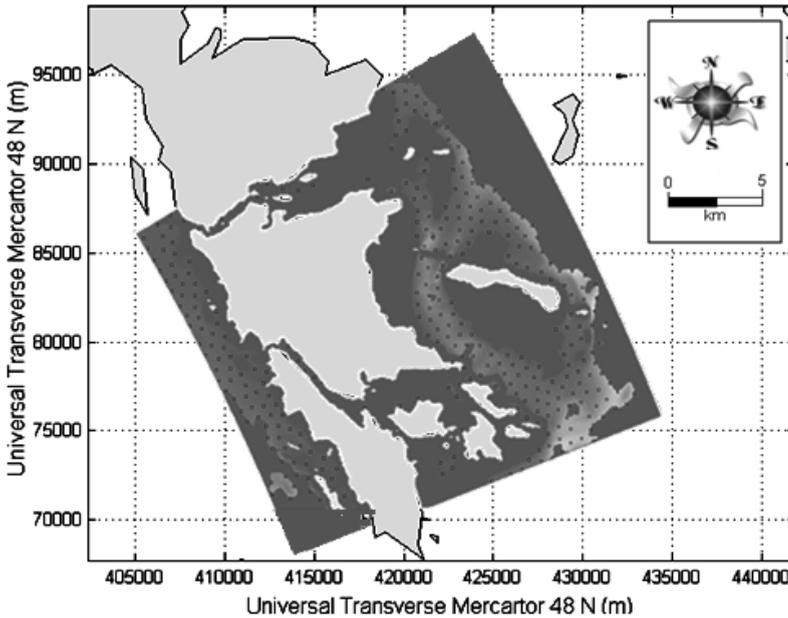
Luaran dari aplikasi SPK Sysmar di sekitar Teluk Ekas berdasarkan kedalaman air minimum menunjukkan 2.875 hektar (49%) dikategorikan sebagai daerah yang tidak sesuai terhadap air dangkal yang kurang dari kedalaman 6 m. Daerah ini berlokasi dekat dengan daerah pantai dari teluk yang terletak dari Barat ke Utara dan Selatan, begitu juga dengan sebuah pulau kecil yang berlokasi di tengah teluk. Sebaliknya, mempertimbangkan

kedalaman maksimum dari perairan (tidak melebihi 25 m), hasilnya menunjukkan bahwa 15% atau 914 hektar yang berlokasi di selatan Teluk Ekas dapat dikategorikan sebagai lokasi yang sesuai. Analisis penggelontoran mendemonstrasikan bahwa hanya 96 hektar dari perairan dipertimbangkan sebagai daerah yang tidak sesuai. Mempertimbangkan arus dan eksposur gelombang dan pengaplikasian SPK Sysmar menunjukkan bahwa perairan laut di sekitar Teluk Ekas dikategorikan tidak sesuai. Hasil dari ini sesuai dengan CCRMS, IPB (2004).

Berdasarkan hasil dari kesesuaian lahan/daya dukung fiskal dilakukan pada tiga daerah ini. Kami menyimpulkan bahwa Pulau Galang merupakan daerah yang sesuai untuk pengembangan budidaya KJA kerapu di Indonesia. Kemudian, untuk langkah selanjutnya dari pengaplikasian SPK Sysmar, Pulau Talise, dan Teluk Ekas tidak akan dimasukkan lagi.

B. Evaluasi dari Daya Dukung Lingkungan Menggunakan SPK Sysmar

Menurut hasil dari analisis kesesuaian lahan, ada daerah yang besar tersedia untuk pengembangan budidaya KJA kerapu di Pulau Galang. SPK Sysmar diaplikasikan untuk mengenali lokasi terbaik untuk jumlah yang terbatas dari satu lokasi budidaya. Penyeleksian dilakukan untuk seluruh lokasi budidaya yang potensial berdasarkan daya dukung produksi. Kemudian, daerah yang sesuai dan memiliki potensi untuk keseluruhan lokasi budidaya harus memiliki jarak minimum 500 m antarlokasi budidaya, di mana telah diseleksi untuk setiap lokasi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.20. Dengan pertimbangan budidaya skala luas (melebihi 100 KJA), ukuran setiap keramba, yakni 3m x 3m x 3m, serta jarak minimum tiap keramba 1m (Kangkeo, *et.al.* 2010, Wong *et.al.* 1999).



Gambar 6.20. Daya dukung produksi termasuk usulan lokasi budidaya yang potensial di Pulau Galang yang diindikasikan dengan titik merah kecil

Pada Gambar 6.20. menunjukkan lokasi yang potensial dari budidaya KJA kerapu sekitar 321 lokasi budidaya yang dapat memproduksi dengan perkiraan total maksimum daya dukung produksi sekitar 23.795 ton per tahun dan total daya dukung ekologis sekitar 21.727 ton per tahun. Lokasi tersebut diindikasikan dengan titik merah kecil. Hal ini ditentukan oleh kriteria SPK Sysmar yang diaplikasikan di sekitar Pulau Galang.

1. Daya Dukung Produksi

Tabel 6.1. mengilustrasikan beberapa karakteristik utama dari daya dukung produksi dengan menggunakan perbedaan bentuk pakan dan batas dari deposisi karbon. Di antara teknologi pakan, penggunaan pelet dan ikan runcah, serta kombinasi dari keduanya diaplikasikan mewakili jenis pakan yang paling banyak digunakan untuk usaha budidaya KJA di Indonesia. Penentuan dari

daya dukung sesuai nilai limbah atau sisa pakan yang lebih rendah sebagai hal khusus dalam metodologi telah disetujui. Penambahan jumlah kapasitas asimilatif dari bentuk nilai deposisi adalah 1 dan 2 g C m⁻²d⁻¹ secara signifikan ditambahkan pada setiap ukuran budidaya KJA kerapu dan nilai produksi.

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.1. produksi maksimum dari budidaya ikan kerapu ditentukan oleh ikan kerapu sunuk yang diberi pakan pelet, sebab kerapu jenis ini menunjukkan perkiraan produksi minimum antara jenis budidaya lainnya, yaitu kerapu macan dan kerapu bebek. Pada Tabel tersebut juga dapat diinterpretasikan bahwa tidak ada lokasi budidaya yang diusulkan dapat memproduksi 1000 ton pertahunnya. Sementara itu, penggunaan pelet untuk menjamin praktik keberlanjutan akuakultur Indonesia di masa yang akan datang, disebabkan pakan yang menggunakan ikan runcah dikenal sebagai faktor utama yang menyebabkan kerusakan lingkungan di perairan Indonesia.

Di Pulau Galang, perkiraan berdasarkan pada deposisi maksimum dan pemberian pakan ikan runcah mengindikasikan bahwa sekitar 51–125 ton per tahun per lokasi budidaya dapat dihasilkan, namun ketika menggunakan pencampuran antara ikan runcah dan pelet serta pakan hanya pelet dapat menghasilkan 73–196 ton per tahun per lokasi budidaya dan 115–366 ton per tahun per lokasi budidaya, secara respektif. Perbedaan antara daya dukung lokal/produksi dihasilkan oleh perbedaan jenis pakan dan model fisik yang dipengaruhi oleh arus serta parameter kedalaman air maksimum sebagai faktor dominan dan berkontribusi signifikan untuk mengindikasikan jangkauan (daerah *footprint*, bandingkan dengan bab 3).

2. Daya Dukung Ekologis

Daya dukung ekologis untuk budidaya KJA kerapu dengan sebuah domain diusulkan menjadi sama dengan nilai emisi dari total nitrogen terlarut (TDN) yang tidak melebihi 1% dari

total nitrogen terlarut pada domain yang sesuai. Jumlah beban maksimum total nitrogen terlarut harian berdasarkan nilai penggelontoran dan konsentrasi daerah belakang total nitrogen terlarut pada daerah yang sesuai, dicatat sekitar 0,31 mg Nl⁻¹ (SPICE, 2006). Sementara itu, daya dukung ekologisnya di antara 18.393–21.727 ton pertahun di sekitar Pulau Galang.

Tabel 6.1. merupakan Hasil Pendugaan Kesesuain Lahan dan Daya Dukung Lingkungan, yang antara lain terdiri dari: a) kesesuaian lahan, b) daya dukung produksi berdasarkan disipasi dari partikulat organik karbon di sekitar lokasi budidaya, sert c) daya dukung ekologis berdasarkan beban maksimum partikulat bahan organik dan surplus total nitrogen terlarut.

Jenis Daya Dukung Lingkungan	Pakan	Jenis Kerapu		
		Macan	Bebek	Sunuk
Fisikal/ Kesesuaian Lahan (ha)			12,940	
Produksi Batas Deposisi 1g C m² d⁻¹				
t/tahun/lokasi budidaya	Ikan runcah	0,5 – 59	0,5 – 85	0,5 – 51
	Pelet	0,5 – 158	2– 400	0,5–115,5
	Campur	0,5 – 90	0,5 - 153	0,5-73,5
Produksi Batas Deposisi 2g C m² d⁻¹				
t/tahun/lokasi budidaya	Ikan runcah	0,5–155,5	1-277	0,5-125,5
	Pelet	3-624	20-1000	7.942-23.795
	Campur	1-268	2,5-650	5.308-13.050

Jenis Daya Dukung Lingkungan	Pakan	Jenis Kerapu		
		Macan	Bebek	Sunuk
Ecological sesuai partikulat organik				
	Ikan runcah	3.959-9.972	5.371-15.503	3.493-8.410
	Pelet	10.478-35.993	22.162-128.071	7.942-23.795
t/tahun/domain	Campur	6.014-16.729	9.152-33.467	5.308-13.050
Ecologikal sesuai Total nitrogen terlarut				
	Ikan runcah	18.393	18.393	18.393
t/tahun/domain	Pelet	21,727	21,727	21,727
	Campur	20,116	20,116	20,116

3. Hubungan Antara Skala Budidaya, Daya Dukung Produksi, dan Daya Dukung Ekologis

Seperti yang telah diskusikan pada bab 4, tujuan pemerintah Indonesia meningkatkan kegiatan budidaya perikanan melalui kepemilikan usaha untuk menyejahterakan keluarga kecil, khususnya para nelayan. Oleh karena itu, dirasa penting untuk mempertimbangkan budidaya dengan skala kecil (10 KJA atau kurang) dan budidaya dengan skala besar (100 KJA atau lebih). Tabel 6.2. membandingkan produksi maksimum yang berasal dari estimasi sesuai dengan skala kecil dan skala besar budidaya, terutama yang dipengaruhi oleh waktu atau masa perkembangan di antara spesies budidaya. Waktu pembiakan dari kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunuk adalah 300 hari, 500 hari, dan 180 hari, secara respektif. Pendugaan produksi dari budidaya skala kecil dengan menggunakan 10 KJA adalah 3,3 ton per tahun; 1,4 ton per tahun; dan 5,5 ton per tahun secara respektif untuk kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunuk.

Sementara itu, tabel ini mengilustrasikan bahwa kerapu bebek dapat memproduksi sekitar 13,8 ton pertahun bila menggunakan 100 KJA, namun kerapu sunuk dan kerapu macan menghasilkan 54,7 ton pertahun dan 32,8 ton per tahun, secara respektif. Kemudian, perkiraan produksi dari budidaya sekitar 13,8 ton pertahun dijadikan sebagai batas untuk menentukan batas produksi budidaya dengan skala besar dengan jarak minimum setiap lokasi budidaya 500 m.

Tabel 6.2. Hubungan Antara Jumlah KJA dengan Produksi Maksimum dari Budidaya Keramba Jaring Apung Ikan

Jumlah	Kerapu Macan (ton per tahun)	Kerapu Bebek (ton per tahun)	Kerapu Sunuk (ton per tahun)
10 KJA	3.3	1.4	5.5
100 KJA	32.8	13.8	54.7

Dikarenakan pendugaan dari total maksimum daya dukung produksi tidak boleh melebihi daya dukung ekologis (Byron dan Coasta-Pierce, 2010), perkiraan dari produksi maksimum yang diizinkan di sekitar Pulau Galang sekitar 21.727 ton pertahunnya. Sesuai dengan tabel dari daya dukung produksi di sekitar Pulau Galang, total produksi dapat dicapai dengan 206 lokasi budidaya yang diperkirakan mampu untuk memproduksi secara maksimum antara 32,5 ton per tahun per lokasi budidaya sampai 366 ton/tahun/lokasi budidaya.

Tabel 6.3. Pendugaan dari Ukuran Budidaya KJA Maksimum dan Total Produksi di Pulau Galang

No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)	No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)	No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)
1.	366	41.	163	81.	100
2.	351.5	42.	162.5	82.	100
3.	305	43.	152	83.	100
4.	303.5	44.	151	84.	99
5.	295	45.	148	85.	99
6.	283	46.	148	86.	96
7.	278	47.	148	87.	93.5
8.	276.5	48.	147	88.	92.5
9.	272.5	49.	143	89.	92.5
10.	264	50.	142	90.	90
11.	253	51.	140	91.	88
12.	249	52.	139	92.	88
13.	248	53.	137.5	93.	87.5
14.	247.5	54.	135.5	94.	87
15.	236	55.	134.5	95.	86
16.	235.5	56.	133	96.	85.5
17.	230.5	57.	132.5	97.	85.5
18.	225.5	58.	131	98.	84.5
19.	218	59.	130.5	99.	84
20.	209.5	60.	129.5	100.	82.5
21.	208.5	61.	128.5	101.	81.5
22.	204.5	62.	127.5	102.	80.5
23.	202.5	63.	121	103.	80
24.	200.5	64.	116.5	104.	80
25.	199	65.	115.5	105.	79.5
26.	196	66.	114.5	106.	78
27.	195.5	67.	111.5	107.	77.5
28.	194	68.	110.5	108.	76
29.	191	69.	110	109.	75.5
30.	190	70.	108.5	110.	75
31.	189.5	71.	108	111.	73.5
32.	188.5	72.	106.5	112.	72.5
33.	188.5	73.	105	113.	72
34.	184.5	74.	105	114.	72
35.	181.5	75.	104	115.	71.5
36.	176.5	76.	103.5	116.	71
37.	171.5	77.	103	117.	71
38.	169.5	78.	102	118.	70.5
39.	168.5	79.	101	119.	69.5
40.	163.5	80.	100	120.	69

No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)	No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)	No.	Indikasi Produksi (ton per tahun)
121.	68	161.	49	201.	34.5
122.	68	162.	48.5	202.	34
123.	68	163.	48.5	203.	35.5
124.	66.5	164.	48.5	204.	33
125.	66.5	165.	48	205.	33
126.	66	166.	47.5	206.	32.5
127.	65.5	167.	47		
128.	64.5	168.	47	TTL	21704
129.	64.5	169.	46		
130.	64.5	170.	45.5		
131.	63.5	171.	45.5		
132.	63.5	172.	45.5		
133.	63.5	173.	45		
134.	60.5	174.	45		
135.	60	175.	44.5		
136.	60	176.	44		
137.	59.5	177.	44		
138.	57.5	178.	43		
139.	57.5	179.	42.5		
140.	57.5	180.	41.5		
141.	57	181.	41.5		
142.	57	182.	41		
143.	56.5	183.	40.5		
144.	56.5	184.	40.5		
145.	56	185.	40		
146.	56	186.	40		
147.	55.5	187.	40		
148.	55	188.	40		
149.	55	189.	40		
150.	54	190.	39.5		
151.	53.5	191.	39		
152.	53	192.	38.5		
153.	52.5	193.	38		
154.	52	194.	37.5		
155.	51	195.	36.5		
156.	50.5	196.	36.5		
157.	50	197.	36		
158.	50	198.	36		
159.	49.5	199.	36		
160.	49.5	200.	35.5		

Mempertimbangkan jenis dan spesies serta berbagai jenis pakan, untuk memproduksi 32,5 ton per tahun per lokasi budidaya sebagai produksi minimum dari daya dukung produksi, sangat diperlukan pengembang budidaya menjadi lebih besar dengan memenuhi syarat lebih dari 100 KJA. Kemudian, untuk pengembangan budidaya KJA kerapu di masa yang akan datang, budidaya dengan skala besar direkomendasikan. Selanjutnya, pendugaan daya dukung produksi maksimum di sekitar Pulau Galang memiliki potensial produksi sebesar 366 ton per tahun per lokasi budidaya, kami mengasumsi bahwa jumlah KJA menjadi 600 KJA, 2250 KJA, dan 950 KJA untuk kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunuk secara respektif. Hal ini dikategorikan sebagai budidaya besar sebab jumlah kolam di atas 100 KJA (Kangkeo et al. 2010) dan jarak minimum antarlokasi budidaya menjadi 500 m (Wong, *et.al.*, 1999).

4. Pengaturan Lokasi Budidaya

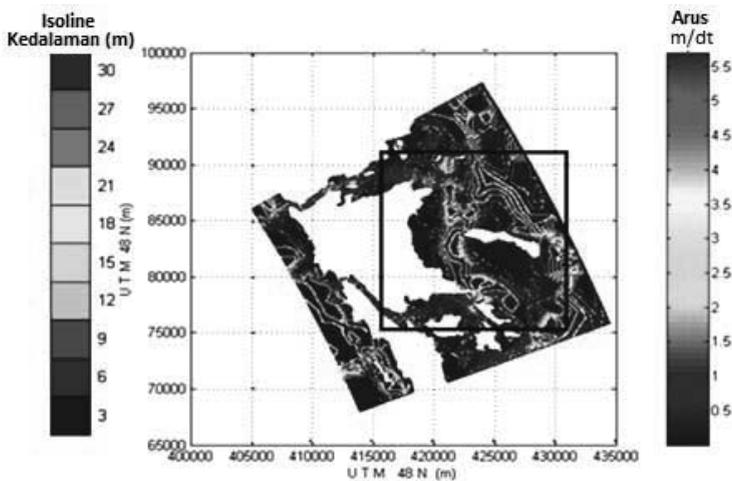
Untuk memberikan suatu interpretasi dari pengaturan lokasi budidaya di sekitar Pulau Galang, lokasi yang sangat potensial untuk 5 lokasi budidaya terdiri dari 600 KJA dengan jarak minimum 500 m antarlokasi budidaya yang terpilih. Skenario ini dicapai dengan pengaplikasian SPK SYSMAR yang mengonfigurasi lokasi yang terbaik dan sesuai dengan jarak yang diberikan dan informasi yang dikumpulkan. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.4 di bawah, 5 lokasi terbaik ditampilkan. Skenario dari 600 KJA pengaturan lokasi budidaya akan dilakukan untuk melengkapi tinjauan yang meliputi batimetri dan hidrodinamika serta aplikasi dari SYSMAR SPK.

Tabel 6.4. 5 Lokasi Budidaya Terbaik di sekitar Pulau Galang

No.	X	Y	Indikasi Produksi (ton per tahun)
1.	430814	83211	366
2.	430725	81747	351,5
3.	429525	83984	305
4.	430854	82487	303,5
5.	431393	81024	295

a. Batimetri dan hidrodinamika

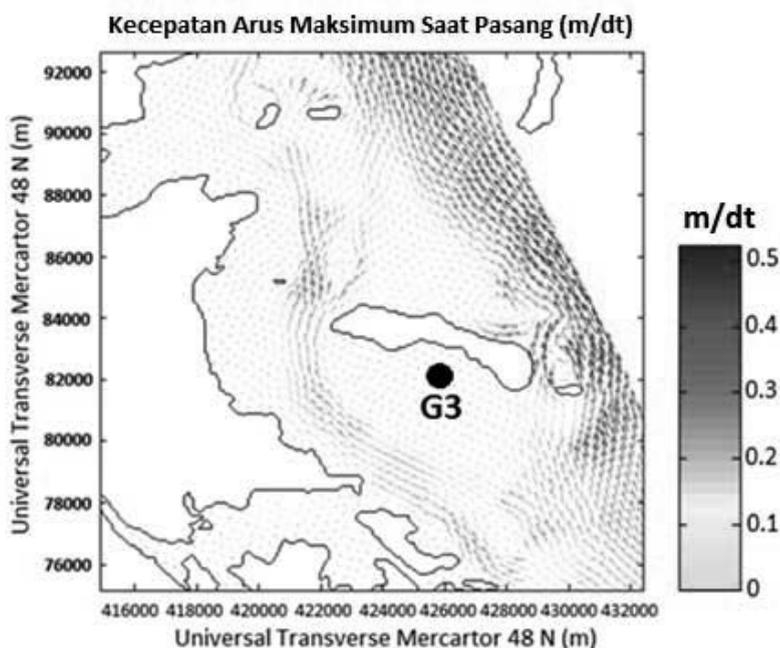
Untuk memberikan sebuah analisis dari informasi batimetri, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.21, batimetri di sekitar Pulau Galang dikategorikan sebagai daerah dangkal dan favorit untuk operasi budidaya kerapu. Membandingkan informasi batimetri yang ditampilkan dengan isoline, model dari besarnya arus menunjukkan kecepatan yang lebih tinggi dan secara hidraulika merupakan lingkungan yang lebih energetik pada bagian sebelah timur di sekitar Pulau Galang. Kuat arus yang besar dapat diharapkan terjadi pada sisi sebelah timur dan bagian lebih dalam dari Pulau Galang.



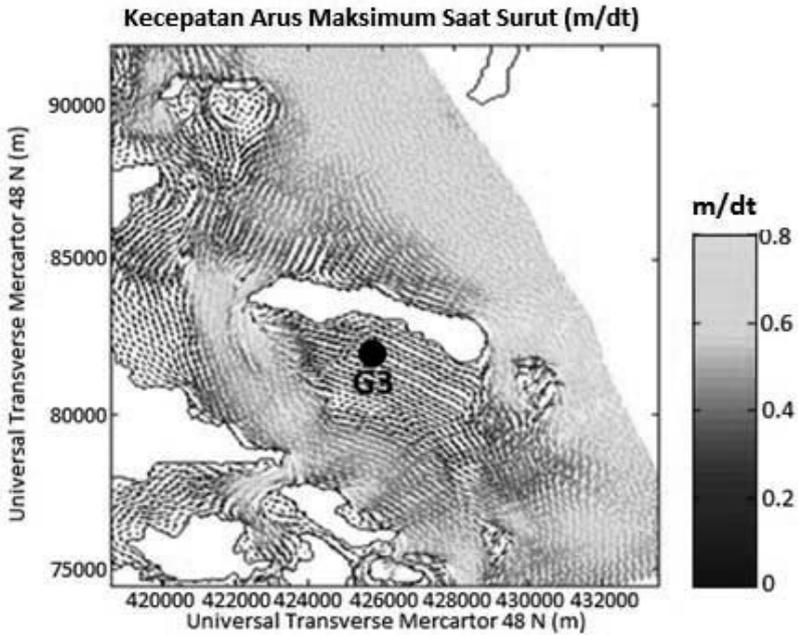
Gambar 6.21. Batimetri dan kecepatan arus di sekitar Pulau Galang

Hasil dari model di sekitar Pulau Galang menampilkan bahwa kecepatan arus di Pulau Galang mendemonstrasikan urutan dari pasang surut semi diurnal. Kecepatan arus maksimum pada titik observasi G3 lebih tinggi selama arus surut, sekitar 0,4 m/dt dan 0,35 m/dt, kemudian selama aliran pasang berkisar 0,25 m/dt (lihat Gambar 6.22, Gambar 6.23 dan Gambar 6.24). Secara umum, kecepatan arus di sekitar Pulau Galang selama aliran pasang dari arah Utara (Barat Laut/Timur Laut), surut mengalir berlawanan dari arah Selatan (Tenggara dan Barat Daya).

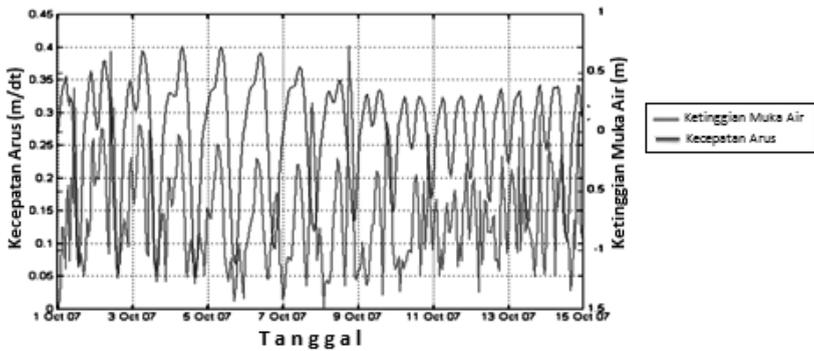
Kecepatan arus melalui model simulasi di sekitar Pulau Galang telah dicapai bahwa karakteristik dari hidraulika dikategorikan sebagai pasang surut dengan tipe semidiurnal dan diurnal (lihat Gambar 6.24.), arus memiliki aliran yang kuat ketika surut menuju ke Selatan dan lemah ketika pasang dengan arah menuju ke Utara (hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Niederndorfer, 2006).



Gambar 6.22. Kecepatan maksimum arus saat pasang di sekitar Pulau Galang



Gambar 6.23. Kecepatan maksimum arus saat surut di sekitar Pulau Galang



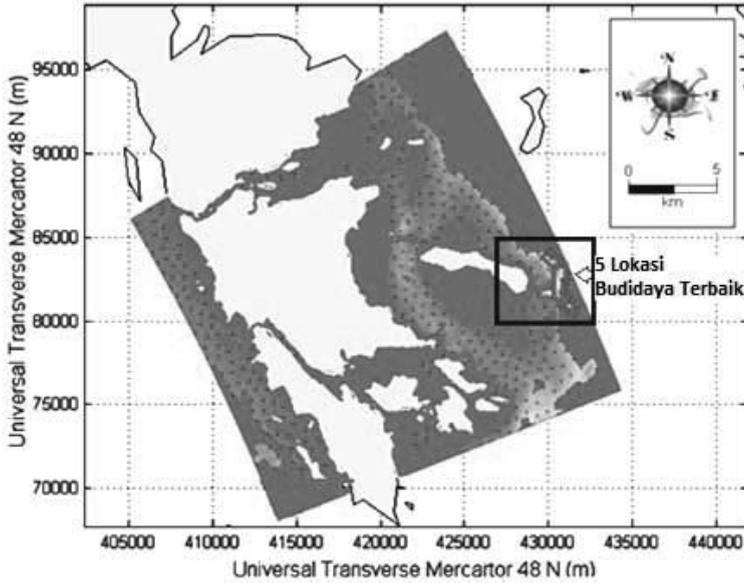
Gambar 6.24. Tinggi muka air dan kecepatan arus pada titik observasi G3

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, luaran dari aplikasi SPK Sysmar menunjukkan bahwa pendugaan dari produksi maksimum yang diizinkan di sekitar Pulau Galang adalah 21.727 ton per tahunnya yang mampu memproduksi dari 32,5 ton per tahun per lokasi budidaya hingga 366 ton per tahun per lokasi

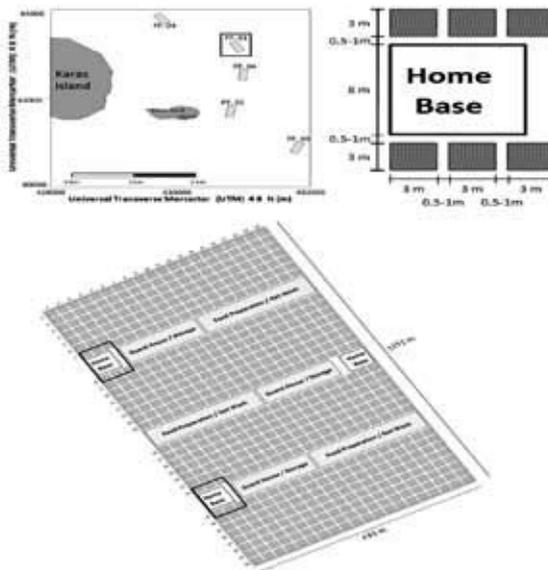
budidaya. Selanjutnya, untuk memberikan interpretasi detail, 5 lokasi yang terbaik telah dipilih. Produksi dari setiap lokasi budidaya berkisar antara 295 ton per tahun hingga 366 ton per tahun, lokasi ini bertempat di bagian timur di sekitar Pulau Galang (bandingkan Tabel 6.4 dan Gambar 6.21, 6.22, 6.23, 6.25 dan 6.26). Lokasi budidaya yang diusulkan ini ditandai dengan garis merah sepanjang daerah yang sesuai. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.26., gambar detail dari 5 lokasi terbaik kesesuaian lokasi budidayanya di sekitar Pulau Galang ditampilkan. Lokasi ini berada di timur Pulau Galang termasuk Pulau Karas dan Karas Kecil.

b. Pengaturan 5 Lokasi dengan kesesuaian terbaik di Pulau Galang

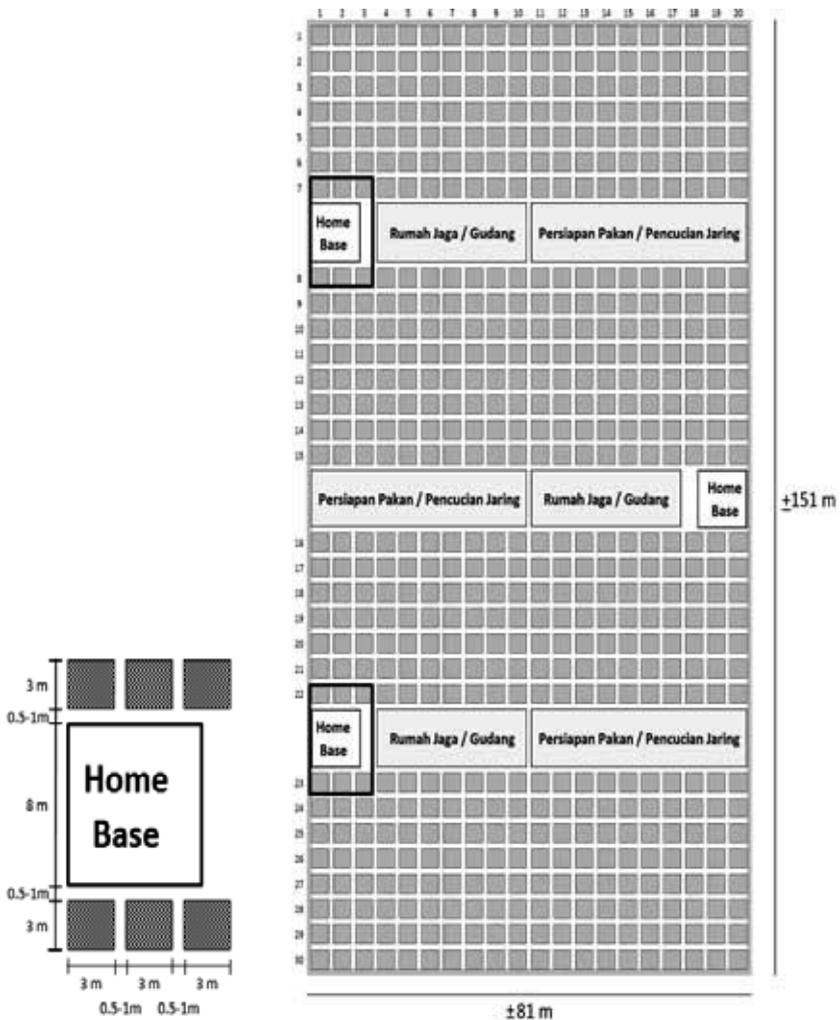
Menurut hasil dari aplikasi SPK Sysmar, 5 lokasi budidaya terbaik seharusnya diatur dengan mempertimbangkan arah arus ketika pasang maupun surut untuk mengurangi energi sewaktu arus maksimum. Jangkar yang kuat diletakkan pada daerah yang dominan untuk menjaga rangkaian agar tetap di tempatnya (Wulp, 2006). Kemudian, arah dari budidaya 600 KJA kerapu seharusnya diatur dengan arah arus. Sebagai contoh, untuk lokasi budidaya no. 1 menuju ke arah Barat dan lokasi budidaya no. 2 ke arah Timur Laut (lihat Gambar 6.26. dan 6.27.).



Gambar 6.25. 5 Lokasi yang sesuai untuk lokasi budidaya di sekitar Pulau Galang



Gambar 6.26. Detail dari 5 lokasi terbaik dari lokasi budidaya di sekitar Pulau Galang



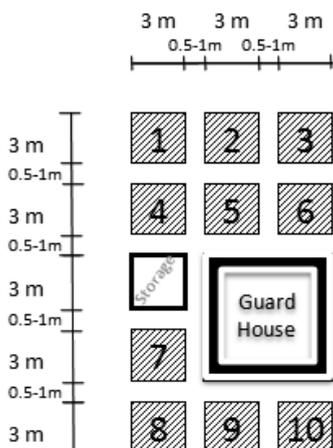
Gambar 6.27. Pengaturan budidaya dari 600 KJA kerapu

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pengembangan daerah dari KJA kerapu dipengaruhi oleh limbah yang dilepaskan dari aktivitas akuakultur yang sangat tergantung dari dinamika hidraulika aliran dan kedalaman air laut. Untuk alasan utama tersebut penurunan kualitas air di lingkungan perairan laut kemungkinan berasal dari deposisi limbah padat tersuspensi di dasar lautan di sekitar budidaya KJA yang memiliki konsentrasi

tinggi dari bahan organik, yang berasal dari pakan yang tidak termakan dan kotoran yang dikeluarkan di lingkungan perairan. Pada studi ini, hal ini didefinisikan dengan partikulat karbon yang berasal dari limbah dan karakteristik fisikal perairan serta deposisi di bawah lokasi KJA yang mengadopsi nilai kriteria $1-2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, dan kriteria didasarkan pada tingkat dari kualitas air di sekitar lokasi budidaya yang diaplikasikan 1% dari nitrogen fluks yang masuk ke dalam domain.

Lagi pula, karakteristik dari budidaya juga menghasilkan sebuah aturan. Dari keseluruhan faktor ini menentukan dispersi dari pemasukan organik dan partikel serta redistribusi dari bahan limbah pada dasar laut (Findlay and Watling, 1997; Cornel and Whoriskey, 1993; Stigebrandt, 2011, Staniford, 2002; Weston, 1986; Gesamp, 2001; van der Wulp, 2010; Gilibrandt, *et.al.*, 2002; Krost, 2007; Hermawan, 2012; Angel, *et.al.*, 1995; Gowen, *et.al.*, 1989; Kibria, *et.al.*, 1996; Niederndorfer, 2006). Kemudian, lokasi budidaya yang terdiri dari 600 KJA mengakomodasi sekitar 151 m x 81 m dan jarak minimum antarlokasi sebesar 500 m.

Selain itu, seperti yang telah dijelaskan, studi ini juga mempertimbangkan budidaya dengan skala kecil yang terdiri dari 10 KJA dan pengaturan dari 10 KJA budidaya dapat dilihat pada Gambar 6.28. Di lain pihak, temuan ini merekomendasikan budidaya dengan skala besar untuk pengembangan budidaya KJA kerapu di Pulau Galang, namun tujuan dari pemerintah Indonesia untuk mengurangi kemiskinan dengan memperluas aktivitas budidaya ini, khususnya melalui usaha yang dimiliki untuk keluarga kecil juga menjadi perhatian. Oleh karena itu, langkah selanjutnya berkaitan dengan analisis ekonomi untuk memutuskan kelayakan ekonomi akan mempertimbangkan 600 KJA sebagai sebuah budidaya untuk ukuran skala besar dan 10 KJA untuk skala kecil.



Gambar 6.28. Pengaturan budidaya dari 10 KJA kerapu

C. Analisis Ekonomi dari SPK Sysmar

Pengembangan dari budidaya KJA kerapu di perairan Indonesia diharapkan berkelanjutan, baik lingkungan maupun ekonomi. Keberlanjutan ekonomi dapat dicapai bila lokasi yang memproduksi secara berkelanjutan memberikan keuntungan. Berdasarkan SPK Sysmar, analisis dari penyeleksian lokasi mengungkapkan bahwa Pulau Galang merupakan lokasi yang terbaik untuk pengembangan budidaya KJA kerapu di Indonesia ke depan. Pada studi ini kelayakan ekonomi dari KJA kerapu di perairan Pulau Galang diteliti. Kelayakan ekonomi ditentukan oleh 3 jenis spesies kerapu, yaitu kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunuk, 2 skala budidaya (10 KJA dan 600 KJA), 3 tingkatan produksi setiap skala budidaya (10 KJA: 3,3 t; 1,4 t; 5,5 t, secara respektif untuk kerapu macan, bebek, dan sunuk), (600 KJA: 197 t; 83 t, dan 328 t secara respektif untuk kerapu macan, bebek, dan sunuk), serta 3 jenis pakan (pelet, ikan runcah, dan campuran 30% pelet, dan 70% ikan runcah). Oleh karena itu, 18 kasus sedang dianalisis.

Untuk mencapai objektif ini dua langkah dari analisis ekonomi dianggap perlu. Langkah pertama dengan perkiraan

dari indikator finansial yang relevan. Langkah kedua dengan ranking yang dianalisis berdasarkan nilai dari indikator. Langkah pertama, penilaian kelayakan untuk investasi budidaya KJA kerapu dilakukan untuk penyortiran dengan tiga metode baku dari analisis keuangan (1) NPV, (ii) IRR, (iii) PP. Langkah kedua, perankingan dari 18 kasus berdasarkan NPV, IRR, dan PP.

Dapat dilihat dari data pada Tabel 6.5. bahwa asumsi dari investasi awal budidaya KJA kerapu di Pulau Galang untuk 10 KJA dan 600 KJA jumlahnya berkisar 149.750.000,00 rupiah dan 6.300.000.000,00 rupiah secara respektif. Dengan umur proyek selama 5 tahun. Dari tabel ini dapat kita lihat bahwa bunga bank yang digunakan sebesar 13% dan pajak sebesar 25% yang di aplikasikan secara progresif menurut Undang-Undang No. 17 Tahun 2010. Perbandingan pakan yang digunakan/FCR adalah untuk ikan runcah 7,78, untuk pelet 2,64. Masa pertumbuhan dari kerapu berkisar 180 hari sampai 500 hari. Dari tabel kita dapat melihat bahwa harga bibit di Pulau Galang untuk kerapu macan, bebek, dan sunuk adalah Rp 7.500,00, Rp 12.000,00, dan Rp 34.000,00, secara respektif, serta harga pakan dari ikan runcah dan pelet adalah 4.000 rupiah per kg dan 13.000 rupiah per kg, secara respektif. Tabel ini mengasumsi bahwa harga komoditas adalah 140.000, 350.000, dan 270.00 rupiah per kg, secara respektif untuk kerapu macan, bebek, dan sunuk. Harga ini dapat dibandingkan dengan harga di tingkat eksportir untuk kerapu bebek mencapai 450,000 – 500.000 rupiah per kg (MMAF, 2013, contoh: PT Bofa Marine NTB).

Apa yang menarik dari data ini adalah total biaya untuk upah pekerja dalam satu tahun dari 10 KJA dan 600 KJA adalah 57.650.000 dan 558.600.000 rupiah, secara respektif. Dengan pengasumsian bahwa 10 KJA membutuhkan 3 orang pekerja (2 teknisi dengan gaji 1.400.000 rupiah per bulannya dan manajer blok sekitar 2.000.000 rupiah per bulan), sedangkan 600 KJA membutuhkan kurang lebih 28 orang pekerja (25 teknisi dengan

upah 1.400.000 rupiah per bulan, manajer lokasi 2.500.000 rupiah per bulan, manajer blok 2.000.000 rupiah per bulan, dan seorang manajer 5.000.000 rupiah per bulan).

Secara umum, analisis ekonomi yang dilakukan pada studi ini bervariasi, asumsi harus dilakukan untuk menyederhanakan studi ini serta menjaga fokus dari penelitian agar analisis suatu daerah menjadi lebih baik. Asumsi yang digunakan termasuk biaya modal, investasi awal, harga atau biaya tetap, variabel harga, harga jual, pajak, bunga bank serta volume dari produksi. Keseluruhan dari asumsi yang diambil berdasarkan data aktual yang didapat dari berbagai sumber pada tahun 2012. Perbedaan dari variabel harga seperti harga bibit, harga pakan, dan upah di perkirakan sesuai variasi dari harga standar dan upah/gaji.

Oleh karena itu, pada studi ini ada keterbatasan yang berhubungan dengan harga variabel termasuk transportasi, pengepakan, penundaan pelaksanaan dari proyek, nilai sisa yang diketahui dan dianggap kurang begitu penting. Pada Tabel 6.6. dan Tabel 6.7. sebuah gambaran yang jelas dan komprehensif dari biaya modal untuk 10 KJA dan 600 KJA ditampilkan. Tabel 6.6. dan 6.7. dapat diungkapkan dalam beberapa cara berikut.

Pertama, biaya yang digunakan untuk pembuatan rumah ukuran 5x5 m, rumah jaga, gudang dari kayu, jendela, lemari, biaya konstruksi diasumsi sekitar 20.050.000 rupiah. *Kedua*, biaya pembuatan dari 10 KJA, seperti kayu log, kayu plank, tali, jaring, drum, baut dan mur, cat spesial, begitu juga biaya konstruksi sekitar 103.437.500 rupiah. *Ketiga*, biaya untuk operasional peralatan seperti jaring, keranjang, timbangan mekanis, lampu cas, sarung tangan, genset diperkirakan sekitar 1.862.000 rupiah, dan biaya peralatan umum lainnya seperti generator dan instalasi listrik, *boat*, peralatan dapur, kulkas, aerator yang diasumsikan menjadi 15.962.500 rupiah. Di samping itu, ada juga biaya cadangan sekitar 5% dari keseluruhan total biaya investasi, yakni sekitar 7.087.500 rupiah. Selanjutnya, total modal biaya untuk pembuatan 10 KJA di

Pulau Galang berkisar 148.850.000 rupiah. Sementara itu, modal untuk pembuatan budidaya KJA kerapu di Pulau Galang untuk 600 KJA ditampilkan pada Tabel 6.5. Perhitungan diberikan sesuai jumlah KJA secara khusus pada proyek ini bersamaan dengan parameter lainnya, seperti rumah jaga, peralatan operasional, dan sebagainya, kemudian dijumlahkan diperkirakan total biaya modal sekitar 6.300.000.000 rupiah.

Tabel 6.5. Properti Ekonomi dari Budidaya Kerapu di Pulau Galang

		10 KJA	600 KJA
Investasi (Lihat tabel 6.6 dan Tabel 6.7 untuk detail)	Keramba jaring apung 3x3x3m (rupiah)	148.850.000	6.300.000.000
	Umur Proyek (tahun)		5
	Bunga Bank (%) ^a		13
	Pajak (%) ^b		25
Konversi Pakan ^{e,f}	Ikan runcah		7,78
	Pellet		2,64
Lama pembesaran (hari) ^f	Kerapu Macan		300
	Kerapu Bebek		500
	Kerapu Sunuk		180
Harga bibit (Rp per ekor) ^c	Kerapu Macan		7.500
	Kerapu Bebek		12.000
	Kerapu Sunuk		34.000
Produksi (kg)	Kerapu Macan	3.285	197.100
	Kerapu Bebek	1.380	82.782
	Kerapu Sunuk	5.475	328.500
Harga Komoditas (Rp per kg) ^c	Kerapu Macan		140.000
	Kerapu Bebek		350.000
	Kerapu Sunuk		270.000
Upah / Gaji (Rp per tahun) ^d	Total Upah	5.7650.000	558.600.000

Keterangan:

- a Bunga bank sesuai dengan standar Bank Indonesia (2012).
- b Pajak Progresif untuk badan sesuai dengan UU No. 17 tahun 2010.
- c Ismi, Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol- Bali (2012) bandingkan dengan Kementerian Kelautan dan Perikanan (2013).
- d Standar upah sesuai dengan Menteri Tenaga Kerja Indonesia (2012).
- e Alongi, *et.al.* (2010).
- f Van der Wulp, *et.al.* (2010).
- g Sugama (2012).

Tabel 6.6. Biaya Modal Berdasarkan 10 KJA di Pulau Galang

No.	Jenis	Biaya (Rupiah)
1.	Homebase, rumah jaga, dan gudang Jaring halus	20.500.000,00
2.	Keramba jaring apung Kayu log Papan Tali Jaring Drum Baut dan mur Cat khusus Biaya Konstruksi	103.437.500,00
3.	Peralatan Operasional Jaring kasar dan halus Tangki Timbangan Lampu cas Sarung tangan	1.862.500,00
4.	Peralatan Genset dan instalasi listrik Boat ukuran 12 m Boat mesin diesel 24 PK Peralatan dapur Mesin pendingin Aerator Mesin pendingin	15.962.500,00
5.	Biaya tak berduga	7.088.000,00
TOTAL		148.848.000,00

Tabel 6.7. Biaya Modal Berdasarkan 600 KJA di Pulau Galang

No.	Jenis	Biaya (Rupiah)
1.	<i>Homebase</i> , rumah jaga dan gudang Jaring halus	117.000.000,00
2.	Keramba jaring apung Kayu log Papan Tali Jaring Drum Baut dan mur Cat khusus Biaya Konstruksi	5.814.625.000,00
3.	Peralatan Operasional Jaring kasar dan halus Tangki Timbangan Lampu cas Sarung tangan	9.600.000,00
4.	Peralatan Genset dan instalasi listrik <i>Boat</i> ukuran 12 m <i>Boat</i> mesin diesel 24 PK Peralatan dapur Mesin pendingin Aerator Mesin pendingin	50.910.000,00
5.	Biaya tak berduga	299.659.250,00
	TOTAL	6.292.844.250,00

1. Penilaian Kelayakan

Untuk melakukan analisis ekonomi di Pulau Galang, penilaian kelayakan dapat diilustrasikan melalui sebuah contoh perhitungan. Tabel 6.8 menyediakan hasil *cash flow* yang dijelaskan dari sebuah analisis *cost benefit* dari 5 tahun proyek dari budidaya KJA kerapu macan di Pulau Galang untuk 10 KJA berdasarkan pakan dengan pelet. Tabel ini menampilkan *inflow* dan *outflow* dari proyek dan total pendapatan sebesar 2.299.500.00 rupiah dengan perkiraan total produksi 3.285 kg/tahun. Untuk menilai NPV, analisis *cost benefit* dilakukan dengan mengaplikasikan 13% bunga bank. Hasilnya memberikan nilai positif NPV berkisar 426.112.500 rupiah yang dihasilkan dari persamaan 3.7 dan diaplikasikan menggunakan tabel dari *microsoft excel*. Hal yang sama, nilai NPV yang dihitung berdasarkan persamaan 3.9 (lihat Bab 3).

$$NPV = -I_0 + a \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots (3.9)$$

where

NPV = *net present value*

I_0 = Investasi awal pada waktu 0

a_t = *the net cash flow* (surplus dibagi biaya variabel) diharapkan tercapai setiap periode; ketika $a_t = \text{konstran}$. $\forall t, a_t = a$

i = besar nilainya bunga bank; $i = 13\%$

n = lamanya waktu/umur proyek untuk menghasilkan net cash flow;
 $n = 5$.

Kemudian:

$$NPV = -148.850.000,00 + 163.475.000,00 \frac{(1 + 0.13)^5 - 1}{0.13(1 + 0.13)^5}$$

$$NPV = 426.112.500,00$$

Bukti kuat dari aplikasi dari beberapa rumus yang ditemukan terbukti sesuai dari perhitungan NPV budidaya KJA kerapu.

Tabel 6.8. *Cash Flow/* Aliran Uang dari 10 KJA Budidaya Kerapu Di Pulau Galang Diberi Pakan dengan Pelet (dalam rupiah)

Variabel	T A H U N					TOTAL
	0	1	2	3	4	
A Pemasukan						
Produksi (kg)		3.285	3.285	3.285	3.285	3.285
Harga (Rp/kg)		140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00
Total pendapatan		459.900.000,00	459.900.000,00	459.900.000,00	459.900.000,00	459.900.000,00
B Investasi Awal	148.850.000,00					
C Biaya variabel						
Air Bersih		2.400.000,00	2.400.000,00	2.400.000,00	2.400.000,00	2.400.000,00
Bibit		54.750.000,00	54.750.000,00	54.750.000,00	54.750.000,00	54.750.000,00
Pakan		112.741.200,00	112.741.200,00	112.741.200,00	112.741.200,00	112.741.200,00
Tenaga Kerja		57.648.000,00	57.648.000,00	57.648.000,00	57.648.000,00	57.648.000,00
Obat-obatan		3.600.000,00	3.600.000,00	3.600.000,00	3.600.000,00	3.600.000,00
Bahan bakar minyak		10.800.000,00	10.800.000,00	10.800.000,00	10.800.000,00	10.800.000,00
Total biaya variabel		241.939.200,00	241.939.200,00	241.939.200,00	241.939.200,00	241.939.200,00
Biaya variabel per kg		73.649,68				
D Pendapatan Kotor		217.960.800,00	217.960.800,00	217.960.800,00	217.960.800,00	217.960.800,00
E Pajak 25%		54.490.200,00	54.490.200,00	54.490.200,00	54.490.200,00	54.490.200,00
F Pendapatan Bersih		163.470.600,00	163.470.600,00	163.470.600,00	163.470.600,00	163.470.600,00
G Bunga Bank 13%		0,885	0,783	0,693	0,613	0,543
H Present value / nilai kini		144.664.247,79	128.021.458,22	113.293.325,86	100.259.580,40	88.725.292,39
I Net Present Value ^a	426.113.904,66					
Net Present Value ^b	426.113.904,66					
J Internal Rate of Return ^c	106,9%					
Internal Rate of Return ^d	1,07					
K Payback period	0,91					
Keterangan :	a = persamaan 3.14 b = persamaan 3.16 c = persamaan 3.17 d = persamaan 3.18					

IRR merupakan suatu parameter yang paling efektif dalam analisis ekonomi. Untuk mendapatkan nilai IRR kami melakukannya dengan 2 cara. *Pertama*, dengan *trial and error* sesuai persamaan 3.10 yang diimplementasikan dengan tabel menggunakan *microsoft excel*. *Kedua*, dengan mengaplikasikan persamaan 3.11. Berdasarkan kasus nomor 18 (*cash flow* untuk budidaya 10 KJA kerapu macan dengan skala produksi di Pulau Galang diberi pakan pelet), hasilnya mengungkapkan bahwa kedua metode menghasilkan nilai yang sama, dengan nilai IRR dari proyek sebesar 107% di mana lebih besar dari 13% bunga bank di mana mengindikasikan bahwa proyek ini layak untuk dilaksanakan.

$$\frac{I_0}{a} = \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \dots (3.11)$$

$$\frac{148.850.000}{163.475.000} = \frac{(1+r)^5 - 1}{r(1+r)^5}$$

$$0.91 = \frac{(1+r)^5 - 1}{r(1+r)^5}$$

$$r = 1.07$$

Tabel 6.8 membuktikan bahwa perbedaan rumus dari Jacob (1969) bekerja sebagai mana mestinya untuk menentukan nilai NPV dan IRR pada proyek ini. Untuk menilai waktu yang dibutuhkan kapan modal dari investasi kembali, dilakukan perhitungan dengan *payback period*. Hasilnya menunjukkan bahwa nilainya adalah 0.91 tahun yaitu sekitar 11 bulan, di mana jauh dari umur proyek. Sebagai perbandingan, penilaian kelayakan dari budidaya 600 KJA kerapu diberi pakan pelet dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9. *Cash Flow / Aliran Uang dari Budidaya 600 KJA Kerapu Macan di Pulau Galang Diberi Pakan dengan Pelet (Dalam Rupiah)*

Variabel	T A H U N					TOTAL
	0	1	2	3	4	
A Pemasukan						
Produksi (kg)		197.100	197.100	197.100	197.100	197.100
Harga (Rp/Kg)		140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00
Total pendapatan		27.594.000.000,00	27.594.000.000,00	27.594.000.000,00	27.594.000.000,00	27.594.000.000,00
B Pengeluaran	6.300.000.000,00					
Investasi Awal						
C Biaya Variabel						
Air bersih		66.000.000,00	66.000.000,00	66.000.000,00	66.000.000,00	66.000.000,00
Bibit		3.285.000.000,00	3.285.000.000,00	3.285.000.000,00	3.285.000.000,00	3.285.000.000,00
Pakan		6.764.472.000,00	6.764.472.000,00	6.764.472.000,00	6.764.472.000,00	6.764.472.000,00
Tenaga Kerja		558.600.000,00	558.600.000,00	558.600.000,00	558.600.000,00	558.600.000,00
Obat-obatan		180.000.000,00	180.000.000,00	180.000.000,00	180.000.000,00	180.000.000,00
Bahan bakar minyak dan listrik		156.000.000,00	156.000.000,00	156.000.000,00	156.000.000,00	156.000.000,00
Total biaya variabel		11.010.072.000,00	11.010.072.000,00	11.010.072.000,00	11.010.072.000,00	11.010.072.000,00
Biaya variabel per kg		55.860,33				
D Pendapatan Kotor		16.583.928.000,00	16.583.928.000,00	16.583.928.000,00	16.583.928.000,00	16.583.928.000,00
E Pajak 25%		4.145.982.000,00	4.145.982.000,00	4.145.982.000,00	4.145.982.000,00	4.145.982.000,00
F Pendapatan Bersih		12.437.946.000,00	12.437.946.000,00	12.437.946.000,00	12.437.946.000,00	12.437.946.000,00
G Bunga Bank 13%						
H Present Value /nilai kini		11.007.031.858,41	9.740.736.157,88	8.620.120.493,70	7.628.425.215,66	6.750.818.774,92
I Net Present Value^a	37.447.132.500,58					
Net Present Value^b	37.447.132.500,58					
J Internal Rate of Return^c	196,6%	4.193.932.629,73	1.414.145.945,22	476.833.781,31	160.782.878,01	54.214.141,01
Internal Rate of Return ^d	196,57%					
K Payback Period of capital						0,51

Keterangan :
a = persamaan 3.14
b = persamaan 3.16
c = persamaan 3.17
d = persamaan 3.18

2. Ranking dari Analisis Ekonomi

Tabel 6.10. menampilkan sebuah ranking dari 18 studi kasus menurut indikator dari kelayakan finansial dari proyek budidaya KJA kerapu di Pulau Galang. Ranking dari proyek menunjukkan bahwa NPV tertinggi berjumlah sekitar Rp 124.512.500.000,00 dan IRR tertinggi sekitar 590%, serta *payback period* lebih rendah dari 1 tahun pada kasus budidaya skala besar dari 600 KJA dengan varietas kerapu sunuk yang diberi pakan ikan runcah. Sebaliknya, NPV terendah dihasilkan dari budidaya skala kecil dengan 10 KJA varietas kerapu macan yang diberi pakan pelet (NPV= Rp 426.112.500,00; IRR 107 % dan PP kurang dari 1 tahun).

Kejutan terjadi, dari 18 kasus menunjukkan nilai positif yang kuat, nilai IRR yang sangat besar (di atas bunga bank 13%) dan pengembalian modal yang sangat cepat karena di bawah satu tahun. Hal ini muncul dari analisis ekonomi untuk lokasi penelitian

di Pulau Galang yang hasilnya sangat jelas proyek budidaya KJA kerapu layak dilakukan. Hasilnya menunjukkan keuntungan dari keseluruhan kasus yang dipengaruhi oleh nilai dari investasi (I_0) yang berhubungan dengan nilai dari periodik *net cash flow* (a): biasanya $I_0 < a$ and $a > 0$ yang mengimplikasikan sebuah NPV tinggi dan IRR juga tinggi serta PP yang singkat. Dalam situasi ini, penyeleksian lokasi dapat menyebabkan (1) dasar analisis daya dukung atau penilaian lingkungan dari lokasi masih di bawah pertimbangan dan (ii) memperhitungkan jumlah modal yang ada untuk investasi di daerah yang terseleksi. Jika tidak ada investor ditemukan, proyek tidak dapat dilakukan walaupun layak dari peninjauan lingkungan.

Tabel 6.10. Ranking dari Analisis Ekonomi dari Budidaya KJA Kerapu

No.	Jenis Keramba Jaring Apung Kerapu	NPV (1.000.000,00)	IRR (%)	PP (tahun)
600 KJA Kerapu				
1.	Sunuk pakan ikan runcah	124.512.5	590	0.19
2.	Sunuk pakan ikan runcah dan pelet	122.962.5	583	0.17
3.	Sunuk pakan pelet	121.737.5	577	0.17
4.	Bebek pakan ikan runcah	50.775.0	257	0.39
5.	Bebek pakan ikan runcah dan pelet	50.312.5	255	0.39
6.	Bebek pakan pelet	49.625.0	253	0.39
7.	Macan pakan ikan runcah	39.487.5	204	0.49
8.	Macan pakan ikan runcah dan pelet	39.487.5	200	0.50
9.	Macan pakan pelet	37.450.0	197	0.51
10 KJA Kerapu				
10.	Sunuk pakan ikan runcah	1.875.0	387	0.26
11.	Sunuk pakan ikan runcah dan pelet	1.850.0	382	0.26
12.	Sunuk pakan pelet	1.825.0	378	0.26
13.	Bebek pakan ikan runcah	637.5	149	0.66
14.	Bebek pakan ikan ikan runcah dan pelet	637.5	148	0.67
15.	Bebek pakan pelet	625.0	147	0.67
16.	Macan pakan ikan runcah	450.0	112	0.87
17.	Macan pakan ikan runcah dan pelet	437.5	109	0.89
18.	Macan pakan pelet	426.0	107	0.91

BAB 7

Diskusi dan Kesimpulan

A. Diskusi

1. Penyeleksian Lokasi dan Batas Daya Dukung

Tujuan buku ini guna mendemonstrasikan aplikasi dari Sistem Pendukung Keputusan Sysmar untuk manajemen keberlanjutan dari keramba jaring apung kerapu. Pekerjaan difokuskan kepada pengembangan dari SPK Sysmar yang sesuai dengan konsep daya dukung dari *Ecosystem Aquaculture Approach* untuk keramba jaring apung ikan kerapu yang berkelanjutan di Indonesia. Konsep ini meliputi penentuan kesesuaian lahan (total daerah potensial yang mampu menerima dari persyaratan kondisi fisik kelautan), kapasitas daya dukung produksi (jumlah produksi maksimum dari suatu budidaya yang dapat diterima dan kapasitas daya dukung ekologis (Jumlah produksi maksimum atau kerapatan jumlah kolam budidaya yang tidak dapat menerima akibat dari pengaruh ekologi) (Inglis, *et.al.* 2002 dan FAO, 2010). Kurangnya data hasil pengukuran yang merupakan masalah utama untuk pembangunan budidaya kelautan di Indonesia, hal ini juga ditemui pada studi ini. Oleh karena itu, untuk menjalankan SPK Sysmar, hal penting untuk mendapatkan data kesesuaian lahan, analisis dari simulasi model

fisik kelautan dan data sekunder proyek, penelitian, studi, sumber data *online* begitu juga data-data yang berasal dari pemerintah. SPK Sysmar mampu mengkalkulasi daerah potensial untuk proyek budidaya keramba jaring apung kerapu pada tiga daerah yang telah ditentukan di wilayah perairan kelautan Indonesia, yakni Pulau Talise, Pulau Galang, dan Teluk Ekas yang memenuhi persyaratan lingkungan, keberlanjutan, dan kriteria sosial ekonomi.

Prioritas diberikan pada beberapa perbedaan daya dukung lingkungan, di mana kategori tergantung pada lokasi, negara, daerah bersamaan dengan lingkungan, budaya dan masalah sosial. Dalam hal ini dapat digunakan sebagai kesimpulan lengkap pada pembuatan aplikasi untuk menentukan daya dukung lingkungan dan kesesuaian lahan, serta sebuah keputusan yang dibuat berdasarkan pada prioritas utama yang bersifat lokal (Ross, *et.al.*, 2013).

Studi ini memberikan hasil yang sesuai dengan penemuan terbaru berdasarkan daya dukung fisik (kesesuaian lahan) pada bidangnya dan menampilkan penggunaan dari SIG (sistem informasi geografis) untuk memodelkan penyeleksian lingkungan atau daya dukung fisik pada keramba jaring apung kerapu di Pulau Galang sesuai kriteria utama. Radiarta, *et.al.* (2010) melaporkan penggunaan SIG sebagai alat khusus yang berguna untuk memfasilitasi para pembuat keputusan bagi perencanaan kepantauan. Keuntungan dari SIG adalah kemampuannya untuk memperbarui, integrasi, dan evaluasi data yang menghasilkan nilai baru dengan tanpa kesulitan pada kondisi baru (terkini dan kualitas yang tinggi), serta kemampuan mendapatkan data (Nath, *et.al.* 2000; Cross & Kingzett, 1992 dan Radiarta, *et.al.* 2010). Hal ini mengungkapkan bahwa parameter lingkungan lainnya memiliki sebuah catatan yang memengaruhi pengembangbiakan keramba jaring apung kerapu. Kelangsungan hidup yang dikenal sebagai hal penting dalam pengasumsian kapabilitas sebuah lokasi untuk memelihara produksi, termasuk kondisi hidrodinamika kelautan,

tinggi gelombang, oksigen terlarut, salinitas, pH, sisa pakan, penyakit, predator, polusi, saluran pembuangan, dan keberadaan bibit. Parameter fisik termasuk model hidrodinamika dan gelombang yang dihasilkan untuk menentukan kesesuaian lahan telah dijelaskan pada bab 6. Kemudian, temuan yang dihasilkan dianalisis pada bagian berikut ini.

a. Pulau Talise

Temuan yang dihasilkan dari pengaplikasian SPK Sysmar mempertimbangkan pengaruh tinggi gelombang pada daerah di sekitar pulau Talise. Hasilnya menunjukkan bahwa lokasi tersebut tidak sesuai untuk dilakukannya pengembangan budidaya kerapu untuk kedepannya dikarenakan tinggi gelombang yang melebihi 1 meter. Hasil ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Lolong dan Masinambow (2011), yang mengukur tinggi gelombang maksimum berkisar antara 2,3 m sampai dengan 4,27 m. Dengan demikian, jelas kondisi ini mengimplikasikan bahwa lokasi area studi ini merupakan daerah yang tidak sesuai. Tidak ada ditemui lokasi budidaya kerapu, namun ada kegiatan budidaya mutiara yang beraktivitas sejak tahun 1980 oleh Perusahaan Jepang.

Keberadaan budidaya keramba jaring apung kerapu di bagian utara Pulau Kinobohutan (sebuah pulau kecil di bagian timur Pulau Talise). Namun, produksi masih sedikit berkisar antara 5 ton–10 ton, (Siwi_{ab}, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Sulawesi Utara, 2012). Harus diberi perhatian khusus bahwa dari sudut pandang parameter tinggi gelombang, daerah ini tidak sesuai untuk pengembangan budidaya keramba jaring apung kerapu. Lagi pula, lokasi/daerah yang sesuai untuk pengembangan budidaya berada di atas terumbu karang atau pun daerah bakau yang merupakan daerah yang dilindungi.

Sebaliknya, berdasarkan hasil dari model hidrodinamika kelautan, daerah ini merupakan daerah yang potensial untuk dikembangkannya energi baru terbarukan, khususnya energi yang dibangkitkan dengan tenaga gelombang maupun tenaga angin.

b. Teluk Ekas

Untuk menganalisis Teluk Ekas, hasil dari pengaplikasian SPK Sysmar menampilkan bahwa lokasi ini bukan merupakan daerah yang tepat untuk pengembangan keramba jaring apung sesuai karakteristik fisik kelautan, yaitu kecepatan arus laut dan tinggi gelombang. Hasil dari penelitian ini juga sesuai dengan informasi batimetri yang diambil dari peta nautikal Indonesia no. 262 di mana juga mengonfirmasikan bahwa lokasi budidaya keramba jaring apung berada di tempat yang tidak tepat. Lagi pula, Krisanti dan Imran (2006) mengungkapkan bahwa ada 52 budidaya keramba jaring apung yang berlokasi di Pulau Awang (bagian barat Teluk Ekas). Hasil analisis mereka bahwa daya dukung dari budidaya keramba jaring apung kerapu di lokasi ini telah terlampaui. Mereka juga menyimpulkan bahwa jumlah keramba jaring apung harus (skala budidaya) dibatasi sebab kegiatan ini memberikan kontribusi limbah kepada perairan kelautan di daerah ini. Hasil ini diantisipasi oleh Aslianti (2002) yang mendeteksi penyakit pada budidaya kerapu ini di Teluk Ekas. Kemudian, untuk memberikan sumber pendapatan lainnya, kegiatan budidaya lainnya seperti rumput laut yang tidak menambahkan polusi atau limbah serta meningkatkan keberlanjutan dari akuakultur harus diperkenalkan dan diaplikasikan.

Sebaliknya, ide untuk memberhentikan kegiatan budidaya ini berarti membuat banyak nelayan akan kehilangan pendapatan mereka (Krisanti dan Imran, 2006). Ada dua desa yang memberikan kontribusi pada budidaya kerapu, lobster, dan ikan bawal pada daerah ini, yaitu Desa Awang pada bagian barat dan Teluk Ekas pada bagian timur. Kira-kira 50% dari rumah tangga nelayan di Desa Awang saat ini melakukan budidaya lobster dan kerapu (Pet, *et.al.*, 2012). Kementerian kelautan dan perikanan mempromosikan Lombok Timur, termasuk Teluk Ekas sebagai daerah ekonomi biru dari industri kelautan menuju sebuah pengembangan kelautan dan perikanan yang berkelanjutan untuk

kesejahteraan dari masyarakat Indonesia (Sunoto, 2014, 2012). Namun, sejak tahun 2009, tidak ada data mengenai pengembangan produksi dari kerapu dari daerah ini, kecuali Sunoto (2014, 2012) yang melaporkan sebanyak 12,6 ton.

Sebaliknya, menurut data statistik Direktorat Kementerian Kelautan dan Perikanan (2013), produksi dari kerapu pada Provinsi bertambah dari tahun 2008 sampai 2012. Sementara itu, sesuai hasil model hidrodinamika di Teluk Ekas menunjukkan bahwa daerah ini memiliki potensi untuk dikembangkannya energi baru terbarukan tenaga angin.

c. Pulau Galang

Hasil dari penyeleksian lokasi di daerah sekitar Pulau Galang telah ditampilkan pada bab terdahulu. Hasil tersebut memberikan dukungan pada analisis berikutnya bahwa keseluruhan parameter fisik termasuk kedalaman, penggelontoran, arus, dan angin memiliki implikasi yang penting untuk menduga kesesuaian lahan di Pulau Galang. Hasil yang menarik dari temuan di Pulau Galang mengindikasikan bahwa keutamaan parameter fisik kelautan yang menentukan kesesuaian lahan adalah fluktuasi kedalaman yang dihasilkan dari pemodelan dan informasi batimetri. Hasilnya menunjukkan bahwa 26.612 hektar atau 67.4% dari daerah domain optimal untuk pengembangan budidaya keramba jaring apung kerapu.

Seperti yang telah dijelaskan di latar belakang dan hasil, studi ini menampilkan bahwa parameter kualitas air di sekitar Pulau Galang sesuai untuk pengembangan KJA kerapu. Hal ini dapat dibandingkan dengan hasil yang ditemukan oleh CRITC-LIPI (2009) yang menemukan bahwa kualitas air di sekitar Pulau Galang pada kelurahan Pulau Abang, Air Saga, Pulau Petong, Pulau Nguan, Pulau Sembur, Pulau Karas, dan Pulau Mubut sesuai kegiatan pengembangan budidaya KJA kerapu. Hasil dari SPK Sysmar terlihat konsisten dengan observasi awal yang menunjukkan

bahwa kualitas air di daerah sekitar Pulau Galang sesuai proyek pengembangan budidaya KJA kerapu.

Untuk menganalisis penggunaan lahan atau properti untuk akuakultur dan penggunaan daerah kelautan, Stead, *et.al.* (2002) dan Nurhidayah (2010) menemukan masalah yang kompleks, seperti degradasi lingkungan pantai dan pengrusakan sumber daya alam, polusi kelautan, kelebihan pengambilan ikan, konflik penggunaan kelautan (konservasi kelautan, pariwisata, akuakultur, industri, pelabuhan, akses untuk masyarakat lokal) dan tumpang-tindih, serta konflik hukum berdasarkan manajemen kelautan dan pantai. Perspektif baru pada keterbaruan dari daerah pantai dan sumber daya alam telah dilaporkan oleh Burnell, *et.al.* (2001).

Farhan dan Lim (2010) mengungkapkan bahwa SPK untuk manajemen pantai yang terintegrasi dapat digunakan untuk mengatasi persoalan kompleks para pembuat keputusan dan memiliki kemampuan untuk menintegrasikan studi multidisiplin dari ekonomi, sosial, dan sistem yang keberlanjutan lingkungan pada bidang akuakultur. Sebuah implementasi dari ICZM yang komprehensif juga telah ditampilkan pada studi ini. Penting untuk di catat bahwa di antara 16 parameter dari kriteria ICZM SPK Sysmar, setengah dari keseluruhan parameter termasuk perkampungan, industri, pariwisata, kolam/sungai, semi intensif pembibitan, jalur kelautan, penggunaan pantai dan lingkungan yang dilindungi memiliki pengaruh pada ukuran daerah yang sesuai untuk pengembangan KJA kerapu. Analisis ini menunjukkan bahwa 77.5% dari daerah ini atau 24,856 hektar dapat ditentukan sebagai daerah yang optimal untuk budidaya KJA kerapu berdasarkan kriteria ICZM seperti yang dijelaskan pada Tabel 3.1. Namun, seperti yang dijelaskan sebelumnya, hasil ini di interprestasikan dengan hati-hati, seperti menurut Ferrol-Schulte, *et.al.* (2013) serta Farhan dan Lim (2013) melaporkan bahwa di Indonesia, baik peneliti dan praktisi memiliki batasan yang tidak jelas antara konservasi, pengembangan, kepemilikan

lahan dan manajemen ekosistem sumber daya alam, begitu juga ketidakpastian dan ketidakadaan kekuatannya dari pelanggaran hukum yang menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan pada kondisi tertentu.

Kemudian, studi ini menggarisbawahi bahwa daya dukung fisik yang dihasilkan dari penyeleksian lokasi merupakan implementasi SPK Sysmar berdasarkan hasil dari model numerikal hidrodinamika dan gelombang yang beresolusi tinggi, kualitas air, dan ICZM. Akhirnya, hal ini mendemonstrasikan bahwa 40,3% dari daerah perairan di sekitar Pulau Galang diduga sebagai daerah yang sesuai.

Secara umum, kesesuaian lahan untuk budidaya dari sebuah spesies khusus ditentukan oleh daya dukung di mana jumlah maksimum biomassa dari spesies yang dibudidayakan pada daerah yang mampu dilaksanakan tanpa melebihi efek maksimum yang dapat diterima dari jumlah stok budidaya dan lingkungan (Stigebrandt, 2011; Coasta-Pierce dan Page, 2010). Pada penelitian ini, daya dukung produksi dihitung berdasarkan pada transport sedimen atau bahan limbah yang turun dari budidaya KJA kerapu. Pada studi ini menggunakan ambang batas deposisi dari 1 sampai $2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, dapat dibandingkan dengan van der Wulp, *et.al.* (2010) yang menggunakan ambang batas deposisi berkisar 1 sampai $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, begitu juga dengan Angel, *et.al.* (1995), Findlay dan Watling (1997), sedangkan Gilibrand *et.al.* (2002) menggunakan $0.70 \text{ kg C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ (sesuai dengan $2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) sebagai ambang batas.

Cai dan Sun (2007) mengungkapkan bahwa efek dari hidrodinamika adalah proses utama ketika menentukan lingkungan atau daya dukung ekologis. Arus pasang surut memainkan peranan penting dalam difusi dari polusi dan membuktikan bahwa model numerik merupakan perangkat yang tepat untuk memperkirakan daya dukung lingkungan. Jelas bahwa daerah yang memiliki kecepatan arus yang rendah merupakan masalah utama untuk ikan yang dipengaruhi oleh ketidaktentuan

utama dalam menentukan daya dukung pada skala budidaya. Ketidaktentuan dengan kondisi kecepatan arus selama cuaca yang tenang (Stigebrandt, 2011). Pada studi ini, daya dukung ekologis ditentukan berdasarkan kualitas air yang dihitung dengan nilai emisi dari total nitrogen terlarut yang tidak melebihi 1% dari jumlah keseluruhan fluks nitrogen terlarut, di mana hal ini diidentifikasi sebagai masalah utama untuk keberlanjutan dari kegiatan budidaya (Wibowo, 2007) pada setiap lokasi dan menghasilkan potensi produksi yang tinggi. Informasi ini dipertimbangkan sebagai konfirmasi di mana hal ini tidak menjadi faktor yang membatasi di dalam pengembangan budidaya KJA kerapu. Diharapkan daya dukung ekologis dipertimbangkan pada studi ini lebih penting pada daerah kecil. Peningkatan teknologi pangan seperti penggunaan pelet yang memiliki karakteristik efisiensi pakan yang tinggi dan risiko yang rendah pada stok ikan. Limbah yang dihasilkan lebih sedikit dengan menghasilkan daya dukung produksi yang lebih tinggi seperti yang telah ditampilkan pada bagian hasil. Namun, praktiknya di Indonesia masih banyak menggunakan ikan runcah sebagai pakan.

Berkaitan dengan energi baru terbarukan, di daerah ini ditemukan pengaplikasian SPK Sysmar; bahwa terdapat daerah yang potensial untuk diajukan sebagai lokasi pembangkit listrik tenaga arus laut. Di mana kecepatan arus pada lokasi tersebut menunjukkan memenuhi syarat teknis yang diperlukan dalam perancangan energi tersebut.

2. Analisis Ekonomi

Tujuan dari keseluruhan interdisiplin studi ini adalah untuk mengembangkan dan mengaplikasikan sebuah SPK pada budidaya kelautan di wilayah pantai Indonesia. Oleh karena itu, pada bagian akhir kami melakukan analisis ekonomi yang bersumberkan dari pengkoleksian data di Indonesia dengan tujuan untuk

mengetahui apakah proyek budidaya KJA kerapu ini memenuhi kriteria sosial ekonomi.

CRITC-LIPI dan Universitas Riau (2009) telah melakukan sebuah studi mengenai pengembangan marikultur di sekitar Pulau Batam. Mereka melaporkan bahwa analisis ekonomi dari skala kecil pembudidayaan sebuah KJA kerapu layak untuk dikembangkan, dengan hasil yang menunjukkan sebuah nilai positif NPV sekitar 22.500.000,00 rupiah, sebuah ROI dari 33.5% dan PP dari 1.5 tahun. Pada studi ini memperlihatkan perbedaan keuntungan di antara beberapa jenis kerapu, namun mengidentifikasi penampilan dari keuangan yang kuat untuk budidaya kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunu. Sebagai contoh di Pulau Galang, hasil dari studi kelayakan ekonomi dari 5 tahun usia proyek dengan mempergunakan 10 dan 600 KJA kerapu macan yang diberikan pakan pelet menampilkan sebuah nilai NPV yang positif dari 425.000.000,00 rupiah hingga 37.500.000.000,00 rupiah. Hal yang sama 625.000.000,00 rupiah, dan 51.250.000.000,00 untuk jenis kerapu bebek serta 1.825.000.000,00 rupiah dan 121.250.000.000,00 rupiah bagi jenis kerapu sunuk. Nilai dari IRR pada 10 KJA adalah 107%, 147% dan 378% dan untuk 600 KJA adalah 197%, 257% dan 577%, secara respektif bagi kerapu macan, kerapu bebek, dan kerapu sunuk. Berdasarkan PP, hasilnya menunjukkan bahwa seluruh dari budidaya dapat untuk mengembalikan investasi yang diberikan di bawah dalam satu tahun umur proyek/kegiatan. Temuan ini sesuai dengan temuan analisis ekonomi yang dilakukan oleh Afero, *et.al.* (2010). Mereka melakukan analisis ekonomi pada kerapu jenis macan dan bebek di Indonesia serta mengungkapkan nilai positif untuk kegiatan budidaya ini. Temuan mereka untuk durasi 5 tahun proyek adalah layak untuk dilakukan, yaitu pendapatan 700.000.000,00 rupiah, NPV sekitar 400.000.000,00 rupiah, BCR sekitar 1,33 dan IRR sekitar 157% serta PP 0,57 tahun. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang dilakukan oleh Utama

(2008) yang menampilkan studi kelayakan dari pengembangan budidaya kelautan di Pulau Pagang, Kepulauan Seribu DKI Jakarta. Hasilnya membuktikan bahwa pengaplikasian dari pengembangan budidaya kelautan adalah layak untuk dilakukan. Lagi pula, Sadi (2006) mengungkapkan bahwa analisis keuangan dari budidaya KJA di Subang Jawa Barat menunjukkan keuntungan ekonomi yang tinggi.

Sebuah implementasi dari keputusan akhir harus mengintegrasikan sosial ekonomi dan faktor budaya yang akan disetujui oleh perencana pantai maupun kelautan untuk membuat keputusan yang lebih baik. Stead, *et.al.* (2000) menampilkan bahwa manajemen dari sumber daya pantai seperti kegiatan budidaya kelautan hanya diberikan sedikit perhatian oleh pihak terkait. Oleh karena itu, keterlibatan para pihak terkait lainnya (komunitas) pada tahap perencanaan dan praktik pembuat keputusan merupakan langkah penting menuju penerimaan dan pencapaian manajemen yang berkelanjutan dari budidaya KJA kerapu di daerah ini (Radiarta, 2010). Oleh karena itu, disarankan bahwa pihak terkait harus mendukung dalam pembangunan kegiatan ini. Pasar Asia merupakan sebuah daerah di mana negara-negaranya mengonsumsi ikan jenis relatif tinggi dan memiliki prospek menjanjikan yang mengingatkan sebuah pasar yang bagus untuk ekspor Indonesia. Bahkan untuk pasar domestik dengan populasi 250 juta merupakan pasar potensial yang harus dikurcurkan dengan produk yang memiliki kualitas tinggi (Foders, 2011).

3. Pakan Akuakultur yang Berkelanjutan

Akuakultur merupakan salah satu sektor yang berkembang sangat cepat, di mana sudah menghasilkan hampir separuh dari produksi makanan laut secara global. Pihak terkait yang terlibat dalam perdagangan menyadari bahwa kelebihan penangkapan ikan telah terjadi pada populasi ikan di alam dan untuk ke depannya

penyediaan dari tangkapan yang berasal dari daerah terumbu karang akan dibatasi. Pihak terkait secara konsekuen melihat bahwa akuakultur memberikan kesempatan perkembangannya untuk masa yang akan datang di bidang perdagangan (Chan dan Johnston, 2007). Masih menjadi sebuah kebutuhan penting untuk mengembangkan pakan buatan yang memiliki kualitas tinggi dan efisiensi dari teknologi budidaya pada pakan ikan runcah untuk mengurangi pencemaran dari limbahnya (Cai dan Sun, 2007). Lagi pula, alasan kuat bahwa ikan runcah mengakibatkan transmisi dari parasit ke ikan pada ikan yang dibudidayakan di laut (Rückert, *et.al.* 2009), penggunaan pelet sangat mengurangi transfer dari *endohelminths* dan sejumlah parasit dengan *heteroxenous* sekuensi kehidupan. Budidaya ikan karnivor telah mejadi topik yang kritis, semenjak dalam proses kegiatannya mempergunakan lebih banyak biomassa dalam bentuk minyak ikan dan tepung ikan daripada yang diproduksinya. Keterbatasan tersedianya minyak ikan dari perikanan alam dan terus meningkatnya permintaan untuk produk ini membuat perhatian khusus terhadap sistem keberlanjutan dan tingkat pertanggungjawaban dari manajemen perikanan (FAO, 2011). Pembudidayaan ikan karniovora mengakibatkan hilangnya sebuah jaring kehidupan dari sumber daya kelautan dan untuk pengembangan selanjutnya menurut Welch, *et.al.* (2010) kegiatan ini tidak memberikan sistem yang berkelanjutan.

Seperti yang telah dijelaskan di bagian literatur, pabrik pakan memiliki tanggung jawab yang penting untuk menjamin bahwa makan yang disuplai ke petani secara nutrisi tepat pada pengembangan sistem produksi (Talbot dan Hole, 1994). Sugama (2012) menjelaskan bahwa saat ini Indonesia memiliki 12 pabrik pakan untuk mendukung pengembangan marikultur di Indonesia. Untuk ke depannya budidaya perikanan berpindah dari satu jenis budidaya kepada sistem yang beragam jenis budidaya yang berintegrasi (Cai dan Sun, 2007). Lagi pula, untuk menjamin penggunaan pakan dalam akuakultur berasal dari perikanan yang

berkelanjutan telah menjadi sebuah masalah yang penting untuk industri ini. Penemuan kombinasi ini memberikan dukungan pada kegiatan budidaya KJA kerapu untuk masa yang akan datang. Hal ini diindikasikan dengan berkurangnya penggunaan ikan runcah sebagai makanan untuk mempromosikan akuakultur yang berkelanjutan.

B. Kesimpulan

Penggunaan dan implementasi dari sebuah SPK untuk keberlanjutan pengembangan akuakultur di Indonesia yang berdasarkan pada konsep EAA dengan menentukan berbagai jenis daya dukung lingkungan yang dikenalkan oleh FAO pada tahun 2010. Ini merupakan hal yang kompleks dan sejumlah perhatian harus diberikan. Kami menemukan bahwa ketidaksamaan definisi dari daya dukung lingkungan dalam konteks yang berbeda bersamaan dengan perkembangannya merupakan sebuah hal yang kompleks. Sebaliknya, SPK ini mampu untuk menampilkan sebuah ke integrasian dari seluruh komponen detail dari kesesuaian lahan, penghitungan dari daya dukung lingkungan, beserta pengujian ekonomi keberlanjutan.

1. Kesesuaian Lahan dan Daya Dukung Lingkungan

Aplikasi penentuan kesesuaian lahan dari SPK Sysmar dapat dilihat pada Pulau Galang yang menunjukkan sebuah potensi yang sangat besar untuk pengembangan budidaya KJA kerapu, hal tersebut diindikasikan dengan daerah yang sesuai berkisar 12.940 hektar. Hasil model numerik dari model hidrodinamika dan gelombang menampilkan bahwa Teluk Ekas dan Pulau Talise bukanlah daerah yang sesuai untuk proyek budidaya KJA kerapu. Oleh karena itu, ke depannya, pemerintah Indonesia membutuhkan penentuan kesesuaian lahan untuk lokasi budidaya yang baru dengan sangat hati-hati di daerah pantai yang selalu

memerhatikan efek terhadap lingkungan, keberlanjutan dan kriteria sosial ekonomi.

Secara umum, aplikasi kesesuaian lahan sangat membantu untuk menentukan daerah potensial yang ditawarkan dalam sebuah ekosistem. Daya dukung produksi memperkirakan daya dukung maksimum produksi dan secara karakteristik memerhatikan ukuran besarnya skala dari budidaya. Produksi dari biomassa dihitung sebagai sebuah daya dukung produksi yang terbatas pada lingkungan kecil atau teluk. Selanjutnya, jumlah produksi dari biomassa dari daerah lokal tidak boleh melebihi dari daya dukung ekologis. Daya dukung ekologis diinterpretasikan sebagai jumlah produksi dari akuakultur yang dapat diterima tanpa membuat perubahan yang penting di lingkungan ekologis budidaya, spesies, populasi maupun komunitas di sekitar lingkungan.

Daya dukung sosial telah didefinisikan sebagai jumlah dari budidaya akuakultur yang di rencanakan untuk dikembangkan tanpa membuat efek sosial yang tidak diharapkan (Byron, *et.al.* 2011c). Gibbs, *et.al.* (2007) mengartikan sebuah daya dukung ekonomi sebagai jumlah dari uang yang siap untuk ditanamkan oleh investor dan nilai uang yang berhubungan dengan produk jual dan pelayanan dari ekosistem. Dari seluruh konsep daya dukung lingkungan yang diaplikasikan pada studi ini menunjukkan bahwa perbedaan dari berbagai jenis daya dukung pada pengaplikasian SPK Sysmar dilakukan sebagai respons terhadap konsep dari EAA seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.1.

Seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.1. berdasarkan daya dukung produksi, lingkungan kelautan di daerah sekitar Pulau Galang jelas mempunyai daerah potensial yang luas terhadap pengembangan budidaya KJA kerapu. Temuan dari studi ini mengindikasikan bahwa perkiraan maksimum dan minimum produksi daya dukung dari seluruh potensial budidaya KJA dengan jarak minimum 500 m antarlokasi budidaya dengan produksi berkisar antara 51–366 ton per lokasi per tahun

dan 0.5–2 ton per lokasi per tahun secara respektif. Untuk memperkirakan total produksi sesuai daya dukung ekologis, Tabel 7.1. mengidentifikasi bahwa Pulau Galang dapat memproduksi sekitar 18,393 – 21,727 ton per tahun per daerah komunitas.

Tabel 7.1. Perbedaan Jenis Daya Dukung Lingkungan Menurut Konsep *Ecosystem Aquaculture Approach*

Jenis Daya Dukung Lingkungan		Pulau Galang
Kesesuaian Lahan (Daya Dukung Fisikal) (ha) / daerah sesuai		12,940
Daya Dukung Produksi (t/a/lokasi budidaya)	min ^a	0.5 – 2
	max ^b	51 – 366
Daya Dukung Ekologis (t/a/daerah komunitas)	POM ^c	3,493 – 23,795
	TDN ^d	18,393 – 21,727

Keterangan:

^amin: minimum, ^bmax: maksimum, ^cPOM : partikulat bahan organik, ^dTDN : total nitrogen terlarut

Menimbang adanya hubungan antara daya dukung lingkungan dan analisis ekonomi, menarik untuk memodifikasi SPK Sysmar agar dapat menentukan skenario yang tepat. Menurut Byron dan Coasta-Pierce (2010), daya dukung produksi dari suatu kolam perairan/teluk tidak boleh melebihi daya dukung ekologis. Selanjutnya, kami memperkirakan bahwa daya dukung ekologis di Pulau Galang kurang lebih sebesar 21.727 ton per tahunnya yang dapat dicapai dengan budidaya 206 KJA kerapu, dengan jarak antarlokasi budidaya sekitar 500 meter dan daya dukung produksi setiap lokasi budidaya berkisar antara 32.5 ton sampai 366 ton pertahunnya.

2. Analisis Ekonomi

Hasil dari studi ini telah memberikan informasi yang penting mengenai 18 kasus berdasarkan kelayakan ekonomi dari budidaya KJA kerapu macan, bebek, dan sunuk mempergunakan berbagai jenis pakan dan skala produksi. Setiap prototipe terdiri dari 600 KJA dan 10 KJA, dengan ukuran kolam standar 3x3x3 m untuk lebar, panjang, dan dalam. Perbedaan jenis dari pakan juga dipertimbangkan seperti ikan runcah, pelet, dan campur antara 70% ikan runcah dan 30% pelet. Studi ini menunjukkan bahwa budidaya KJA kerapu secara ekonomis layak dilakukan secara keseluruhan, dikarenakan setelah lima tahun umur proyek, nilai positif *cash flow* dan NPV, nilai IRR di atas bunga bank, serta PP jauh di bawah umur proyek lima tahun telah dibuktikan.

Keuntungan yang didapat dari perbedaan jenis kerapu mengindikasikan sebuah penampilan keuangan yang lebih kuat untuk budidaya kerapu sunuk, lalu, kerapu bebek dan macan. Sebagai sebuah hasil, budidaya KJA kerapu menawarkan pendapatan yang tinggi dan skala produksi yang luas, serta yang paling menguntungkan untuk budidaya kerapu. Sebagai contoh: di Pulau Galang, ekonomi analisis dari 600 KJA kerapu macan diberi pakan pelet memberikan hasil positif untuk 5 tahun *cash flow* keuangan sejumlah 82,5 miliar rupiah, NPV sekitar 37,5 miliar rupiah, dengan 107,5 miliar rupiah dan 51,25 miliar rupiah untuk kerapu bebek, serta 242,4 miliar dan 121,25 miliar rupiah untuk kerapu sunuk. Nilai IRR 197%, 257%, dan 577% secara respektif untuk kerapu macan, bebek, dan sunuk. Menurut PP, hasilnya menunjukkan bahwa keseluruhan budidaya dapat memberikan pengembalian modal atau investasi di bawah satu tahun.

Pada manajemen akuakultur, perhatian terhadap SPK masih dianggap baru, dan pengembangannya membutuhkan teknologi yang memiliki peranan penting dalam penganalisan dan perencanaan daerah potensial untuk pengembangan akuakultur dengan kesesuaian lahan dan produksi, pengaruh lingkungan,

dan keberlanjutan. SPK Sysmar bertujuan untuk membantu para pembuat keputusan di Indonesia mengumpulkan informasi yang berharga dari berbagai variasi sistem informasi (SIG, *pengindraan jarak jauh*, data *online*, dan seterusnya). Penjelasan mengenai keberadaan data adalah kurangnya data mentah, karena itu hasilnya harus diinterpretasikan dengan perhatian.

Namun, dengan simulasi model harus diaplikasikan dengan teliti. Hasil dapat digunakan untuk mengidentifikasi tugas dan membuat keputusan. Hal ini juga menjadi prioritas dalam mengembangkan sebuah manajemen sistem untuk menjamin bahwa pengaruh lingkungan terhadap perkembangan marikultur di Indonesia melebihi tingkat yang dapat diterima. Hasil ini juga memperkenalkan sebuah strategi untuk hubungan dari sebuah akuakultur dengan ekosistem yang lebih luas dalam mendukung pengembangan budidaya yang berkelanjutan, adil, dan fleksibel antarhubungan sosial dan sistem ekologi. Pengaplikasian dari sebuah sistem EAA konsep mengisyaratkan penggunaan dalam sebuah metodologi dan perangkat dengan jangkauan pada bidang sistem penilaian terhadap pengaruh lingkungan, analisis dari penilaian risiko dan perangkat untuk memberikan keputusan. Untuk Indonesia sangat penting mengembangkan marikultur yang berkelanjutan sesuai prinsip dari EAA. Namun, hal ini masih pada usaha yang terbatas pada pendekatan pengembangan untuk mengimplementasikan sebuah manajemen sistem yang komprehensif dan terintegrasi, serta penelitian terbatas yang menggabungkan antara model numerik dan SIG untuk pembuat keputusan.

C. Rekomendasi

Sangat penting untuk melakukan survei kelautan atau verifikasi lapangan sebagai bagian dari aktivitas model, pengaturan sumber informasi yang tertentu seperti pengujian cobaan model SPK Sysmar. Pekerjaan ini dapat dikembangkan melalui data

masukan, hasil dari model dan memberikan masukan pada model itu sendiri yang memungkinkan sebuah pengertian yang lebih dari asumsi yang digunakan. Harus diingat bahwa SPK Sysmar dibuat dengan partisipasi masukan yang memiliki penerimaan yang tinggi dari para pihak yang terkait atau komunitas yang lengkap atau menyeluruh. Implementasi dari SPK Sysmar secara tepat akan mengisyaratkan sebuah tantangan untuk menggabungkan antara manajemen, ilmu pengetahuan dan kebijaksanaan, serta penguatan institusi termasuk pemerintah dan asosiasi manajemen dengan perhatian bahwa untuk pengembangan yang akan datang dari akuakultur yang berkelanjutan di Indonesia dapat dilaksanakan. Pelaksanaannya membutuhkan monitoring dan evaluasi, begitu juga sistem yang terintegrasi dan penyesuaian untuk dikembangkan dalam suatu proses yang menunjukkan pencapaian dari keseluruhan objektif yang di targetkan.

Secara lengkap, penelitian masih juga dibutuhkan untuk menjelaskan sebuah konsep EAA untuk memberdayakan perbaikan sistem keterbaruan, adil, dan fleksibel dari sistem sosial ekologi yang saling berhubungan. Pertimbangan kerja lanjut akan dibutuhkan untuk dilakukan untuk menjelaskan pengaplikasikan penilaian dari daya dukung lingkungan dan kelayakan sosial ekonomi. Kerja yang dibutuhkan dilakukan untuk mengaplikasikan SPK Sysmar untuk pengembangan KJA kerapu sesuai praktik yang berkelanjutan. Temuan ini menyarankan bahwa pengukuran yang lebih komprehensif dari data lapangan untuk mengevaluasi, verifikasi, kalibrasi, dan memvalidasi model hidrodinamika serta gelombang yang dihasilkan oleh SPK Sysmar.

1. Pulau Talise

Perlu untuk dilakukan survei batimetri di daerah Pulau Kinobahatan, khususnya bagian utara yang terlindung dari gelombang dan angin, di mana ada budidaya KJA kerapu dan budidaya mutiara (lihat Gambar 7.1.).

2. Pulau Galang

Secara umum, temuan ini menunjukkan bahwa ada sebagian daerah yang dipertimbangkan sebagai daerah yang memiliki kesesuaian lahan di sekitar Pulau Galang. Namun, untuk mengonfirmasi hasil yang khusus pada daerah yang sesuai membutuhkan pelaksanaan pengukuran, khususnya bagian selatan dari Pulau Galang, seperti Pulau Karas dan Pulau Karas Kecil (lihat Gambar 7.2.).

3. Teluk Ekas

Perlu memeriksa batimetri dari lokasi keberadaan budidaya kerapu saat ini dengan tujuan membuat keputusan untuk pengembangan KJA ke depannya. Sebab menurut data batimetri dari peta nautikal Indonesia No. 262, keberadaan KJA kerapu saat ini (Sunoto, 2014, 2012) terletak di lokasi yang tidak tepat dengan kedalaman yang kurang dari 5 meter. Pengukuran tinggi gelombang dan arus akan dilakukan di sekitar Teluk Ekas untuk mengkalibrasi hasil dari model (lihat Gambar 7.3.).

Secara umum, survei lapangan selanjutnya dibutuhkan untuk menjelaskan ICZM sebagai bagian dari SPK SYSMAR. Kegiatan investigasi selanjutnya secara keilmuan yang sesuai dengan rekomendasi dari praktik berkelanjutan, dilaksanakannya monitoring sesuai hasil dari jenis kesesuaian lahan dan jenis pakan. Aspek lainnya yang dipertimbangan dalam studi ini, seperti keberadaan dan kualifikasi dari nelayan, pakan, bibit atau sumber lainnya yang memiliki peranan penting. Monitoring pada daerah yang sesuai harus dilakukan untuk memeriksa hasil dari model SPK Sysmar, karena pendugaan hanya merupakan pendekatan dan keputusan tidak dapat dibuat hanya sekali dan dipertahankan secara permanen. Hasil dari SPK harus dikembangkan sebagai konsekuensi terbaru yang dihasilkan selama pelaksanaan. Hal ini merupakan sebuah topik yang penting untuk penelitian berikutnya.

Sebagai tambahan, penting untuk menjelaskan bahwa keberlanjutan marikultur di Indonesia masih dalam keadaan kurang dan kebijakan yang tidak sesuai mempunyai pengaruh kunci dalam harapan untuk marikultur yang tak terselesaikan. Kebijakan ini harus diperhatikan sebagai sebuah pekerjaan perbaikan, dengan kemungkinan untuk kelanjutan, penyesuaian dan pengembangan di masa yang akan datang. Kebijakan marikultur harus fokus pada pihak yang terkait atau komunitas, termasuk pemerintah, nelayan dan pembudidaya, investor, pedagang, pengekspor juga tenaga ahli. Lagi pula, budidaya multispesies dalam sebuah lokasi budidaya (polikultur) harus secara serius dipertimbangkan agar dapat meningkatkan produksi akukultur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Sesuai hasil model hidraulika yang diaplikasikan dalam model SPK Sysmar ditemukan potensi energi baru terbarukan di sekitar tiga daerah terpencil yang merupakan lokasi studi, yaitu: di Pulau Talise berupa energi gelombang dan angin; Teluk Ekas berupa energi angin; dan Pulau Galang berupa energi arus laut. Untuk itu, direkomendasikan investigasi lanjut untuk mendukung ketahanan energi di negara kita.

Glosarium

- AMA : *Aquaculture Management Area.*
- ArcGIS : *A geographic information system (GIS)* untuk pekerjaan yang berhubungan dengan pemetaan dan informasi geografi.
- a_t : *The Net Cash Flow.*
- AUTO DEPOMOD : Sebuah model pelacak jalur yang digunakan untuk menduga *fluks* yang mengapung dan melayang dari bahan limbah (merupakan komponen khusus seperti obat-obatan) dari budidaya ikan dan pengaruh dari komunitas bentik dari *fluks* tersebut.
- B/C : *Benefit Cost.*
- BCR : *Benefit Cost Ratio.*
- BOD : *Biochemical Oxygen Demand.*
- BODC : *British Oceanographic Data Centre.*
- BPP PSPL : Badan Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Sumber Daya Perairan dan Lingkungan (BPP-PSPL) Universitas Riau.
- BPS : Biro Pusat Statistik.
- C : *Carbon.*
- CADS-TOOL : *Age Aquaculture Decision Support Tool.*

CC	: <i>Carrying Capacity.</i>
CCMRS	: <i>The Center for Coastal and Marine Resources Studies.</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand.</i>
COREMAP	: <i>Coral Reef Rehabilitation and Management Program.</i>
COREMAP II	: <i>Coral Reef Rehabilitation and Management Program Coral Reef Information and Training Centers - Riau University II.</i>
CRITC	: <i>Coral Reef Information and Training Centers.</i>
CRITC-LIPI	: <i>Coral Reef Information and Training – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).</i>
CRMP	: <i>Coastal Resources Management Project of North Sulawesi.</i>
$D_{\text{advection}}$: Jarak dari jalannya partikel melalui adveksi dari arah arus yang terjadi.
DD	: <i>Domain Decomposition.</i>
$D_{\text{diffusion}}$: Radius dari daerah difusi .
DEPOMOD	: Sebuah model dispersi yang dirancang untuk akuakultur di laut yang saat ini sukses dilakukan di lingkungan laut.
DIN	: <i>Dissolved Inorganic Nitrogen.</i>
D_{max}	: Deposisi maksimum.
D_{mean}	: Deposisi rerata per Unit Area.
SPK	: Sistem Pengambil Keputusan.
D_{xfarm}	: Dimensi paralel budidaya.
D_{yfarm}	: Dimensi tegak lurus budidaya.
E	: Pendekatan dari Koefisien Difusi.
E	: Volume Pasang Surut Efektif.
EAA	: <i>Ecosystem Approach to Aquaculture.</i>
EB	: Ekas Bay/Teluk Ekas.
Esri	: <i>International supplier of Geographic Information System (GIS) software.</i>

ESRL	: <i>Earth System Research Laboratory.</i>
ESRLPSD	: <i>Earth System Research Laboratory Products Daily Sigma Level Data</i>
E1-E6	: <i>Titik Observasi di Teluk Ekas No. 1 to 6</i>
FAO	: <i>Food and Agriculture Organization.</i>
FCR	: <i>Food Conversion Ratio.</i>
FMA	: <i>Fisheries Management Area.</i>
FNC	: <i>Floating Net Cage/Keramba jaring apung.</i>
FRS	: <i>Fisheries Research Service.</i>
GEBCO	: <i>General Bathymetric Chart of the Oceans. British Oceanographic Data Centre, Liverpool, United Kingdom (U.K.).</i>
GESAMP	: <i>Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Food and Agriculture Organization of The United Nations.</i>
GI	: <i>Galang Island/Pulau Galang.</i>
GIS	: <i>Geographic Information System/Sistem Informasi Geografi.</i>
GUI	: <i>Graphical User Interface.</i>
G1-G6	: <i>Titik Observasi di Pulau Galang No. 1 – 6.</i>
h	: <i>Keadaan sementara kedalaman rerata.</i>
HG	: <i>Humpback Grouper/Kerapu Bebek.</i>
i	: <i>The Discount Rate Per Period.</i>
ICZM.	: <i>Integrated Coastal Zone Management.</i>
IHO	: <i>International Hydrographic Organization.</i>
IOC	: <i>Intergovernmental Oceanographic Commission.</i>
IPB	: <i>Institut Pertanian Bogor.</i>
IRR	: <i>Internal Rate of Return.</i>
ITB	: <i>Institut Teknologi Bandung.</i>
ITI	: <i>Infaunal Trophic Index.</i>
I_0	: <i>Initial Investment at Point in Time 0.</i>
KKP	: <i>Kementerian Kelautan dan Perikanan.</i>
K2	: <i>Konstituen Lunisolar semidiurnal.</i>

K1	: Konstituen Lunar diurnal.
LG	: <i>Leopard Coral Grouper</i> /Kerapu Sunuk.
LIPI	: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
LPPM	: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.
MATLAB	: <i>Matrix Laboratory, the language of technical computing.</i>
MF	: Konstituen <i>Lunisolar Fortnightly</i> .
MFADS	: <i>The Marine Finfish Aquaculture Decision Support System.</i>
MM	: Konstituen <i>Lunar Monthly</i> .
MMAF	: <i>Ministry of marine affairs and fisheries Indonesia.</i>
MOM	: <i>Modelling Ongrowing fish farm-Monitoring system.</i>
MN4	: Konstituen <i>Shallow water quarter</i> diurnal.
MS4	: Konstituen <i>Shallow water quarter</i> diurnal.
M2	: Konstituen <i>Principal lunar</i> semidiurnal.
M4	: Konstituen <i>Shallow water over tides of principal lunar.</i>
n	: <i>The Number of Periods During Which the Project Operates and Generates Net Cash Flow.</i>
N	: Nitrogen.
NACA	: <i>The Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific.</i>
NCAR	: <i>National Center for Atmospheric Research.</i>
NCEP	: <i>National Centers for Atmospheric Prediction, Global Six Hourly Reanalysis Data with the Resolution 1.87 degrees (192 x 94 grid) for Wind and Sea Level Pressure.</i>
NDPAa	: <i>National Development Planning Agency (NDPAa), PP No. 2 Kota Batam, (2004). Bappeda Kota Batam, RTRW Kota Batam 2004-2014.</i>

NDPAb	: <i>National Development Planning Agency (NDPAb)</i> , PP no. 11 Provinsi Nusata Tenggara Barat. Bappeda Provinsi Nusa Tenggara Barat.
NDPac	: <i>National Development Planning Agency (NDPac)</i> , Sekretariat Bappeda Sulawesi Utara. RTRW Sulawesi Utara.
Net B/C	: <i>Net benefit cost ratio</i> .
NH ₄ ⁺	: Ammonium.
NOAA	: <i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i> .
NODC	: <i>National Oceanographic Data Center</i> .
NO ₃ ⁻	: Nitrat.
NO ₂ ⁻	: Nitrit.
NPV	: <i>Net Present Value</i> .
NTB	: Nusa Tenggara Barat.
O1	: Lunar diurnal <i>constituent</i> .
P	: <i>Phosphate</i> .
PEST	: <i>Parameter estimation</i> .
pH	: Sebuah ukuran untuk tingkat keasaman.
POC	: <i>Particulate Organic Carbon</i> .
POC _{farm}	: <i>The Total Farm Load /Total</i> dari limbah budidaya.
POM	: <i>Particulate Organic Matter</i> .
PP	: <i>Payback Period</i> .
PSU	: <i>Practical Salinity Unit</i> .
P1	: Konstituen Solar diurnal.
Q1	: Konstituen Larger lunar elliptic diurnal.
RDCOG	: <i>Research Development Centre of Ocean Geology Bandung</i> .
ROI	: <i>Return of Investment</i> .
R2010b	: Release in 2010.
SA	: <i>Sensitivity Analysis/Sensitif Analisis</i> .
SEPA	: <i>Scottish Environment Protection Agency</i> .

SPICE	: <i>Science for the Protection of Indonesian Coastal Marine Ecosystems.</i>
SWAN	: <i>Simulating Waves Nearshore</i> merupakan generasi ketiga dari model gelombang yang random gelombang pendek yang dibangkitkan angin di daerah pantai maupun daratan.
SYSMAR	: <i>System for the Sustainable Management of Floating Net Cage Grouper Cultures.</i>
S2	: Konstituen <i>Principal solar</i> semidiurnal.
t	: Metric ton (1.000 kg).
T	: Jumlah Siklus Pasang Surut.
TDN	: <i>Total Dissolved Nitrogen.</i>
TG	: <i>Tiger Grouper/Kerapu Macan.</i>
TI	: <i>Talise Island/Pulau Talise.</i>
Ton	: <i>Metric ton</i> (1.000 kg).
TPXO 6.2	: Versi terbaru dari Model Pasang Surut Global, Pasang surut astronomikal yang diturunkan dari sebuah Model Pasang Surut Global.
TSS	: <i>Total Suspended Solid/Total</i> dari bahan padat yang melayang.
T1-T4	: Titik Observasi di Pulau Talise No. 1- 4.
UNEP	: <i>United Nations Environment Programme.</i>
USA	: <i>The United States of America.</i>
V	: <i>Total volume</i> di suatu teluk/daerah perairan/kolam.
Win32	: <i>The Windows Application Programming Interfaces.</i>
WL DELFT	: Simulasi dari Hidrodinamika Multidimensi dari Aliran dan Fenomena Transportasi Sedimen.
HYDRAULICS	: Delft Hydraulics, The Netherlands.
WOA	: <i>World Ocean Atlas.</i>
WOD	: <i>World Ocean Database.</i>

w_s	: Periode tipikal dari waktu yang dibutuhkan untuk tiba ke dasar laut dengan nilai penurunan konstan.
X	: Sistem Koordinat Kartesian arah sumbu x (m).
Y	: Sistem Koordinat Kartesian arah sumbu y (m).
3D	: 3 dimensi.
α	: Sebuah pendekatan dari rerata ke deposisi maksimum.
\bar{u}	: Kecepatan rerata dari kecepatan arus.

Daftar Pustaka

- Adibrata, S. (2012). *Evaluasi Kesesuaian Kawasan untuk Pengembangan Budidaya Kerapu (Famili Serranidae) di Perairan Pulau Pongok Kabupaten Bangka Selatan*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Adriman., Purbayanto, A., Budhiharsono, S., Damar, A. (2012). *Kondisi Terumbu Karang di daerah Konservasi di Sekitar Pulau Bintan Kepulauan Riau*. Terubuk (February 2014): 22 – 35.
- Afero, F., Miao, S., Perez, A.A. (2010). *Economic Analysis of Tiger Grouper *Epinephelus Fuscoguttatus* And Humpback Grouper *Cromoliptes Altivelis* Commercial Cage Culture in Indonesia*, *Aquaculture Int* 18: 725 – 739.
- Alongi, D, M, A D., McKinnon, R., Brinkman, L, A., Trott, M, C., Undu, M., Rachmansyah. (2009). *The Fate of Organic Matter Derived from Small-Scale Fish Cage Aquaculture in Coastal Waters of Sulawesi And Sumatra Indonesia*, *Aquaculture* 295(1-2): 60-75.
- Angel, D.L.P., Krost, H., Gordin. (1995). *Benthic Implications of Net Cage Aquaculture in The Oligotrophic Gulf of Aqaba. Improving the Knowledge Base in Modern Aquaculture. Proceedings of the Fifth German-Israeli Status Seminar of the German-Israeli Cooperation Programme in Aquaculture*

- Research*. Jerusalem, Israel, 18 July 1994. Spec. Publ. Eur. Aquaculture. Soc. (25): 129 – 173.
- Appleford, P., Lucas, John, S., Southgate, P, C. (2012). *General principles*. In *Aquaculture: farming aquatic animals and plants*. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK.
- Aslianti, T., Slamet, B., Prasetya, G.S. (2002). *Application of Humpback Grouper Culture, Cromoliptes altivelis at Ekas Bay, East Lombok Regency*. In Indonesian Language. Balai Besar Riset Budidaya Laut Gondol PO BOX 140. Singaraja 81101 Bali, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Astuti, N. (2005). *Kajian Pengelolaan Kawasan Budidaya Perikanan Di Pulau Sugi Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Aure, J., Stigebrandt, A. (1990). *Quantitative Estimates of Eutrophication Effects on Fjords of Fish Farming*, *Aquaculture* 90: 135 – 156.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Meteorologi/Maritim.bmkg.
- Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional). (2011). *Peta Nautikal Indonesia* No. 42, 262, and 334.
- Beaufort Scale. http://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale.
- Beveridge, M. (2004). *Cage Aquaculture*. Blackwell Publishing Ltd.
- Blyth, P.J., Dodd, R.A. (2002). *An Economic Assessment of Current Practice and Methods To Improve Feed Management Of Caged Finfish In Several Asia Regions*, Akvasmart Pty. Ltd. Australia.
- Borouhaki, S., Malczewski, J. (2008). *Implementing an Extension of The Analytical Hierarchy Process Using Ordered Weighted Averaging Operators with Fuzzy Quantifiers in Arcgis*, *Computers & Geoscience* 34: 399-410.
- Boyd, C.E., Clay, J.W. (2002). *Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Super intensive Shrimp Aquaculture System in Belize*. World Bank/NACA/WWF/FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment.

- BPS Biro Pusat Statistik Indonesia. (2009). *Jumlah dan Persentase Orang Miskin dan Poverty Gap Index, Indeks Kemiskinan Berdasarkan Provinsi*. Jakarta. http://www.bps.go.id/eng/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=23¬ab=1.
- Burnell, G., Gouilletquer, P., Mees, J., Seys, J. and Stead, S.M., (2001). *Aquaculture and Its Role in Integrated Coastal Zone Management – Handbook and Extended Abstracts*. European Aquaculture Society, April 2001.
- Byron, C.J., Costa-Pierce, B.A. (2010). *Carrying Capacity Tolls for Use in the Implementation for an Ecosystem Approach to Aquaculture, presented at the FAO Expert Workshop on Aquaculture Site Selection and Carrying Capacity Estimates for Inland and Coastal Water Bodies*, Institute of Aquaculture, University Stirling, Stirling, U.K.
- _____. (2011a). *Modeling ecological carrying capacity of shellfish aquaculture in highly flushed temperate lagoons*. *Aquaculture* Vol. 314: 87-99.
- _____. (2011b). *Calculating ecological carrying capacity of shellfish aquaculture using mass-balance modeling: Narragansett Bay, Rhode Island*. *Ecological Modeling* 222: 1743-1755.
- Byron, C., Bengston, D., Coasta – Pierce, B., Callanni, J. (2011c). *Integrating science into management: ecological carrying capacity of bivalve shellfish aquaculture*. *Marine Policy* 35: 363-370.
- Cai, H., Sun, Y. (2007). *Management of Marine Cage Aquaculture. Environmental carrying capacity method based on dry feed conversion rate*. *Env Sci Pollut Res*, Vol 14 (7): 463-469.
- CCMRS – IPB., (2001). Center for Coastal and Marine Resources Studies (CCMRS-IPB), PKSPL IPB (Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Kelautan Institut Pertanian Bogor). Pemetaan Sumber Daya Pantai dan Kelautan di Kepulauan Riau. Bekerja sama dengan Bappeda Provinsi Riau.
- _____. (2004). Center for Coastal and Marine Resources Studies (CCMRS-IPB), PKSPL IPB (Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir

- dan Kelautan Institut Pertanian Bogor). *Studi Penggunaan Lahan dari Akuakultur di Teluk Ekas*. Institut Pertanian Bogor.
- Chan, N.W.W., Johnston, B. (2007). *Applying the Triangle Taste Test to Wild and Cultured Humpback Grouper (Cromoliptes altivelis) in the Hong Kong Market*. SPC Live Reef Fish Information Bulletin 17 – November 2007.
- Cornel, G. E., Whoriskey, F. G. (1993). The Effects of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture* 109: 101-117.
- Costa-Pierce, B.A., Page, G.G. (2010). Sustainability Science in Aquaculture. In: Coasta-Pierce, B.A (ed) *Ocean Farming and Sustainable Aquaculture Science and Technology, Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, Springer Science, New York.
- Crawford, B. R., Kussoy, P., Siahainenia, A., Pollnac, R. B. (1998). Socioeconomic Aspects of Coastal Resources Use in Talise, North Sulawesi. *Proyek Pesisir Publication No.TE-98/10E*. University of Rhode Island, Coastal Resources Center, Narragansett, Rhode Island, USA.
- CRITC (Coral Reef Information and Training Centers) COREMAP-LIPI, (COREMAP II) CRITC LIPI, BPP-PSPL UNIVERSITAS RIAU. (2009). *Studi dari Potensial Pengembangan Akuakultur di daerah Coremap II: Kota Batam*.
- CRMP Sulut. (2001). *Coastal Resources Management Project of North Sulawesi*. Evaluation of Block Grant 2000. Training Report TR-01/05-I. Coastal Resources Center, University of Rhode Island.
- Cromey, J.C., Nickell, T.D., Black, K.D. (2002). DEPOMOD – Modelling the Deposition and Biological Effects of Waste Solids from Marine Cage Farms. *Aquaculture* 214: 211-239. www.Sepa.org.uk/aquaculture/modelling.

- Cromeey, J.C., Black, K.D. (2005). *Modelling the Impacts of Finfish Aquaculture*. Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture Handbook of Environmental Chemistry Volume 5M, 2005: 129-155.
- Cross, S.F., Kingzett, B.C. (1992). *Biophysical Criteria for Shellfish Culture in British Columbia: A Site Capability Evaluation System*. Aquametrix Research. Ltd. Sidney.B.C. 61pp.
- Dasminto. (2007). *Pengelolaan Lingkungan Pesisir di Kawasan Pengembangan Industri Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- De Silva, S.S., Phillips, M.J. (2007). A Review of Cage Aquaculture: Asia (excluding China). In Halwart, M., Soto, D., Arthur, J.R., Cage Aquaculture – Regional Reviews and Global Overview. *FAO Fisheries Technical Paper* No. 498: 18–48.
- Diansyah, G. (2004). *Kualitas Perairan Pantai Pulau Batam, Kepulauan Riau Berdasarkan Karakteristik Fisika – Kimia dan Struktur Komunitas Plankton*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Direktorat Jendral Keairan. (1996). Kementerian Pekerjaan Umum Sulawesi Utara. <http://dispu.sulutprov.go.id/>.
- Direktorat Umum dari Akuakultur. (2013). Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2013. *Buku Statistik Tahun – 2012, Tabel 1.7.2*. Jumlah Produksi dari Kerapu per Provinsi dari Tahun 2008-2012. http://statistik.kkp.go.id/index.php/arsip/c/65/Kelautan-dan-Perikanan-Dalam-Angka-2013/?c=Unduh-Buku-Statistik&category_id=3.
- Dishidros, Dinas Hidrooseanografi Indonesia, (1986). <http://dishidros.go.id/>.
- Dishidros, Dinas Hidrooseanografi Indonesia, (2004). <http://dishidros.go.id/>.
- Doucette, L.I., Hargrave, B.T. (2002). *A Guide to the Decision Support System for Environmental Assessment of Marine Finfish*

Aquaculture. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 2426. P35.

- Egbert, G. D., Erofeeva, S. Y. (2002). *Efficient Inverse Modeling of Barotropic Ocean Tides*, *J. Atmos. Tide* extracted from Total Model Driver. *Oceanic Technol.* 19 (2): 183-204. http://www.esr.org/polar_tide_models/Model_TPX062.html#EgbertErofeeva_2002.
- Ernst, D.H., Bolte, J.P, Nath, S.S. (2000). AquaFarm: Simulation and decision support for aquaculture facility design and management planning. *Aquaculture Engineering* 23: 121 - 179.
- Faculty of Fisheries and Marine Sciences (FFMS), University Sam Ratulangi Manado. (1999). *Survei Kondisi dari Terumbu Karang dan Rumput Laut di Daerah Pantai Desa Airbuana, Kahuiykt687 ku, Rumbia, Minanga, Sapa, dan Boyong Pante, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara TE-99/04-I*. Coastal Research Center, University of Rhode Island, Jakarta, Indonesia.
- FAO., (1989). Rural Aquaculture: Overview and Framework for Country Reviews. <http://www.fao.org/docrep/003/x6941e/x6941e04.htm>.
- _____. (1989). Site Selection Criteria for Marine Finfish Net Cage Culture in Asia, UNDP/FAO Regional Sea farming Development and Demonstration Project, Network of Aquaculture Centers in Asia. FAO Documentation NACA-SF/WP/89/13.
- _____. (1995). FAO.Code of Conduct for Responsible Fisheries, Rome, FAO. 1995. <http://www.fao.org/docrep/013/i1750e/i1750e.pdf>.
- _____. (1997). Rural Aquaculture: Overview and Framemork of Country Reviews. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X6941E/X6941E00.HTM> (<http://www.fao.org/docrep/003/X6941E/x6941e04.htm>).

- _____. (2007). Table of World aquaculture of fish, crustaceans, mollusks, etc., by principal producers. ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/summ_07/default.htm.
- _____. (2010). Technical Guidelines for Responsible Fisheries., Aquaculture Development 4. Ecosystem Approach to Aquaculture, <http://www.fao.org/docrep/013/i1750e/i1750e.pdf>.
- _____. (2011). *Code of Conduct for Responsible Fisheries. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 2011* <http://www.fao.org/docrep/013/i1900e/i1900e.pdf>.
- Farhan, A.R., Lim, S. (2010). *Integrated Coastal Zone Management Towards Indonesia Global Ocean Observing System (INA-GOOS): review and recommendation, Ocean & Coastal Management 52: 421 – 427.*
- Farhan, A.R., Lim, S. (2013). *Improving Vulnerability Assessment Towards Integrated Coastal Zone Management (ICZM): A Case Study of Small Islands in Indonesia. Coast Conserv 17: 351 – 367.*
- Ferreira, J.G., Aguilar-Manjarrez, J., Bacher, C., Black, K., Dong, S.L., Grandt, J., Hofmann, E., Kapetsky, J., Leung, P.S., Pastres, R., Strand, O., Zhu, C.B. (2012). Progressing Aquaculture Through Virtual Technology and Decision Support Tools for Novel Management. In. R.P. Subasinge, J.R. Arthu, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamuda, C. V. Mohan and P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22-25 September 2010. Pp. 643-704.* FAO, Rome and NACA, Bangkok.
- Ferrol-Schulte, D., Wolff, M., Ferse, S., Glaser, M. (2013) *Sustainable Livelihoods Approach in Tropical Coastal and Marine Social-Ecological System: A Review, Marine Policy 42: 253-258.*
- Filgueira, R., Grant, J., Strand, O., Asplin, L., Aure, J. (2010). *A Simulation Model of Carrying Capacity for Mussel Culture in A Norwegian Fjord: Role of Induced Upwelling, Aquaculture 308: 20-27.*

- Findlay, R.H., Watling, L. (1997). *Prediction of Benthic Impact for Salmon Net-Pens Based on the Balance of Benthic Oxygen Supply and Demand, Marine Ecology Progress Series* 155: 147-157.
- Foders, F. (2011). *Verbundprojekt: WTZ Indonesien: SYSMAR - Marine Aquakultur in Indonesien; Vorhaben: Bewertung der Sozioökonomischen Realisierbarkeit und Nachhaltigkeit von Aquakulturanlagen; Teilprojekt 2. BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0469B.*
- Gecik, S., Legović, T. (2010). *Towards Carrying Capacity Assessment for Aquaculture in the Balinao Bay Philippines: A Numerical Study of Tidal Circulation, Ecological Modelling* 221:1394 - 1412.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). (2001). Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. *Report and Studies No. 68. Food and Agriculture Organization of The United Nations*. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y1818e/y1818e00.pdf>.
- Gibbs, M.T. (2007). Sustainability Performance Indicators for Suspended Bivalve Aquaculture Activities. *Ecological Indicators* 7: 94-107.
- Gilibrand, P.A., Gubbins, M.J., Greatheard, C., Davies, I.M. (2002). *Scottish Executive Locational Guidelines for Fish Farming: Predicted Levels of Nutrient Enhancement and Benthic Impact*. Scottish fisheries research report (63) 2002. Aberdeen: Fisheries research service.
- Gowen, R.J., Bradbury, N.B., Brown, J.R. (1989). The Use of Simple Models in Assessing Two of the Interactions Between Fish Farming and the Marine Environment, in: De Pauw, N. *et al.* (Ed.) (1989). *Aquaculture: a biotechnology in progress*: volume 1: 1071-1080.
- Halide, H., Stigebrandt, A., Rehbein, M., McKinnon, A.D. (2009). *Developing a Decision Support System for Sustainable Cage*

- Aquaculture, Environmental Modelling & Software* 24:694 - 702. www.epa.org.uk/aquaculture/modelling.
- Hargrave, T. (2002). *A Traffic Light Decision System for Marine Finfish Aquaculture Siting, Ocean and Coastal Management* 45: 215 -235.
- Hargrave, G. T. (2003). Far-Field Environmental Effects of Aquaculture in Aquatic Ecosystem. *A scientific review of the potential environmental effects of aquaculture in aquatic ecosystems*. Volume I. Ottawa, Fisheries and Oceans Canada Sector 2450: 131.
- Heemstra, P.C., Randal, J.E. (1993). *FAO Species Catalogue*. An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hid, coral grouper and lyretail species, Food and Agriculture of the United Nations. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/t0540e/t0540e00.pdf>.
- Herlina, D. (2006). *Kajian Kelayakan Usaha Pendederan dan Penggelondongan Ikan Kerapu Macan di Balai Budidaya Laut (BBL) Pulau Semak Daun Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta*, Tesis. 2006, Institut Pertanian Bogor.
- Hermawan, S., van der Wulp, S.A., Niederndorfer, K.R., Runte, K.H., Mayerle, R. (2012). System for the Sustainable Management of Floating Net Cage Mariculture (SYSMAR). An Application to Three Selected Regions in Indonesia. *Proceeding of Marcoastecos 2012 Conference in Albania*.
- Holmer, M. (2001). *Impacts of aquaculture on Surrounding Sediments: Generation of Organic-Rich Sediments*. European Aquaculture Society Spec. Publ. 16: 155-175. Ghent. Belgium.
- Holthuijsen, LH & Booij, N. (2007). Experimental wave breaking in Swan. In J Mckee Smith (Ed.), *Proceedings of the 30th International Conference Coastal Engineering, San Diego, USA* (pp. 392-402). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd.

- Huntington, T., Hasan, M.R. (2009). *Fish as feed inputs for aquaculture – practices, sustainability and implications: a global synthesis*. In M.R Hasan and M. Halward (eds.). Fish a feed inputs for aquaculture: practices, sustainability and implications. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 518. Rome, FAO.
- Indonesian Land use Data Bank (ITB). (2006). *Resolusi 1: 500,000. in BW Geohydromatics*. Jalan Biologi No. 20 Cigadung. Bandung 40191 – Indonesia. July. 2010.
- Inglis, G, J., Barbara, J, H., Ross, A, H. (2002). *An overview of Factors Affecting the Carrying Capacity of Coastal Embayments for Mussel Culture*. NIWA, Christchurch. Client Report CHC00/69: vi+31 p.
- IOC/IHO/BODC. (2003). *General Bathymetric Chart of the Oceans. British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K.* http://www.gebco.net/data_and_products/gebco_digital_atlas/.
- Ismi, S, (2012). *Komunikasi Pribadi. Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol*. GRIM (Gondol Research Institute for Mariculture Indonesia), Center for aquaculture research and development, Ministry of Marine Affairs and Fisheries.
- Jacob, H. (1969). *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Verlag Gabler Wiesbaden Betriebswirtschaftlicher.
- Johston, B., Pickering, T. (2003). *The Economics of Aquaculture in Comparison with Other Rural Development Opportunities In Pacific Island Countries, Marine Studies Programme The University of the South Pacific, Queensland*.
- Kapetsky, J.M., Aguilar-Manjarrez, J. (2007). *Geographic Information Systems, Remote Sensing and Mapping for The Development and Management of Marine Aquaculture*. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department.
- Karthik, M., Suri, J., Saharan, N., Biradar, R.S. (2005). *Brackish water Aquaculture Site Selection in Palghar Taluk, Thane District of Maharashtra, India Using the Techniques of Remote Sensing*

- and Geographical Information System. Aquac. Eng* 32: 285 - 302.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Indonesia. (2013). *Informasi dari Harga Kerapu pada Bulan Juni Tahun 2013*. <http://wartaekonomi.co.id/berita11314/budidaya-laut-peluang-usaha-berprospek-cerah.html>.
- Kibria, G., Nugegoda, D., Lam, P., Fairclough, R. (1996). *Aspects of Phosphorus Pollution From Aquaculture*. *Naga, the ICLARM Quarterly*, 19 (3): 20-24.
- Kongkeo, H., Wayne, C., Murdjani, M., Bunliptanon, P., Chien, T. (2010). Current Practices of Marine Finfish Cage Culture in China, Indonesia, Thailand and Vietnam. *Aquaculture Asia Magazine* Volume XV No. 2, April-June: 32-40.
- Krisanti, M., Zulhamisyah, I. (2006). Daya Dukung Lingkungan Perairan Teluk Ekas Untuk Pengembangan Kegiatan Budidaya Ikan Kerapu Dalam Keramba Jaring Apung. *Jurnal Pertanian Indonesia* 11 (2).
- Krost, P. (2007). *Sediments carrying capacity of organic pollution and cumulative effects by fish farming in a tidally influenced region in Riau region, Indonesia*. SPICE Cluster 3.2 Verbundprojekt Indonesien: Entwicklung einer Systemlösung für ein nachhaltiges Management lebender Ressourcen (Aquakultur) BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0393A.
- Kusen, J.D., Crawford, B.R., Siahainenia, A., Rotinsulu, C. (1999). Laporan Basic Report of Coastal Resources in Blongko Sub District, Minahasa Regency, Sulawesi Utara Province. Coastal Project. Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Narragansett, Rhode Island, USA.
- Ladwig, N., Hesse, K-J. (2007). *Evaluation of nutrient discharge and dispersion from a coastal fish farm in Indonesia*. SPICE Cluster 3.2 Verbundprojekt Indonesien: Entwicklung einer Systemlösung für ein nachhaltiges Management lebender Ressourcen (Aquakultur) BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0393A.

- Legovic, T., Palerud, R., Christensen, G., White, P., Regpala, R. (2008). A Model to Estimate Aquaculture Carrying Capacity in Three Areas of the Philippines, *Science Dilliman* Vol. 20:31 – 40.
- Lesser, G.R., Roelvink, J.A., van Kester, J.A.T.M., Stelling, G.S. (2004). Development and validation of a three-dimensional morphological model. *Coastal Engineering*, Vol. 51: 883 -915.
- Lolong, M., Masinambow, J. (2011). Determination of Characteristic and Hidro Oceanography Performance (Case study: Inobonto Coast), In Indonesian Language. *Media Engineering*, Vol. 1: 127-134.
- Longdill, P.C., Healy, T.R., Black, K.P. (2008). An Integrated GIS Approach for Sustainable Aquaculture Management Area Site Selection, *Ocean & Coastal Management*, Vol. 51: 612 - 624.
- Marine and Fisheries research center of Nusa Cendana University (Pusat Penelitian Kelautan dan Perikanan Universitas Cendana). (2006). *Analisis Komoditi Potensial dan Usaha (Budidaya Kerapu)*. Research Center of Nusa Cendana University Kupang.
- Martínez, O.P. (2002). *GIS-based models for optimisation of marine cage aquaculture in Tenerife, Canary Islands*. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland. (Ph.D. thesis) <http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/Projects/Oscar.htm>
- <http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/Projects/Wastes.htm>.
- Martinez, I, P., Herraiez, M, P., Dominguez, M, C., Alvarez, R. (2008). Nutritional Use of Diets by *Rana pazei Seoane*, *Aquaculture Research*, Vol. 24.
- Mayerle, R., Hesse, K-J., Ladwig, N., Windupranata, W., Özgürel, I., Wulp, S. A. Van der, Niederndorfer, K. R. (2007). SPICE Cluster 3.2 *Verbundprojekt Indonesien: Entwicklung einer Systemlösung für ein nachhaltiges Management lebender*

Ressourcen (Aquakultur) BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0393A.

- Mayerle, R., Windupranata, W. (2006). *A Decision Support System for the Sustainable Environmental Management of Marine Fish Farming*. Second International Symposium on Cage Aquaculture Asia (CAA2), Hangzhou, China.
- Mayerle, R., Hanafi, A., Hesse, K-J., Wulp, S. A. Van der, Niederndorfer, K. R., Runte, K-H., Ladwig, N., Giri, A., Kleinfeld, F., Sugama, K. (2011). *Verbundprojekt: WTZ Indonesien: SYSMAR - Integriertes System für das Management einer ökologisch und sozio-ökonomisch nachhaltigen Marikultur in Indonesien; Teilproject 1*. Retrieved from BMBF-Verbundvorhaben database. (FKZ 03F0469A)
- McKindsey, C., Thyetmeyer, H., Landry, T., W, Silvert. (2006). *Review of Recent Carrying Capacity Models for Bivalve Culture and Recommendations for Research and Management. Aquaculture 261 (2): 451 – 462.*
- Ministry of marine affairs and fisheries (MMAF) Indonesia. (2009). *Indonesian Fisheries Book 2009.*
- Morrisey, D. J., Gibbs, M.M., Pickmere, S.E, Cole, R G. (2000). *Prediciting Impacts and Recovery of Marine-Farm Sites in Steward Island, New Zealand, from the Findlay – Watling model. Aquaculture 185: 257 – 271.*
- Nath, S.S., Bolte, J.P., Ross, L.G., Manjarrez, J.A. (2000). *Application of Geographical Information Systems (GIS) for Spatial Decision Support in Aquaculture. Aquacultural Engineering, 23: 233-278.*
- National Development Planning Agency (NDPAa) Bappeda, PP No. 2 Kota Batam. (2004). RTRW Kota Batam tahun 2004-2014. <http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/opac/themes/bappenas4/templateDetail.jsp?id=95378&lokasi=lokal>.
- National Development Planning Agency (NDPAb) Bappeda, PP No. 11 dari Provinsi Nusa Tenggara Barat. (2006). RTRW Provinsi Nusa Tenggara Barat. <http://perpustakaan>.

bappenas.go.id/lontar/opac/themes/bappenas4/templateDetail.jsp?id=13801&lokasi=loka.

- National Development Planning Agency (NDPAc), Sekretariat Bappeda. (1995). RTRW Sulawesi Utara. <http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/opac/themes/bappenas4/templateDetail.jsp?id=16456&lokasi=lokal>.
- Niederndorfer, K.R. (2006). *Investigation on the Dynamics of Particulate Matter Emissions from Hiang Fisheries Fish Farm Pulau Serai, Indonesia*, M.Sc. Thesis, Coastal Research Laboratory Research and Technology Centre Christian Albrechts University Kiel, Germany.
- Niederndorfer, K.R., Runte, K-H. (2007). Suspended matter fluxes and depositional process in the cage finfish farm Siulung Riau Archipelago, Indonesia.
- Niederndorfer, K.R., van der Wulp, S.A., Mayerle, R., Foders, F., Sugama, K., Hanafi, A., Runte, K-H., Hesse, K-J. (2011). A Decision Support System for Site Selection and Sustainable Development of Marine Fish Farming in Indonesia, *Aquaculture Research*, Vol. 42: 148-159. Abstracts.
- NOAA/OAR/ESRLPSD. (2009). NCEP/NCAR Reanalysis 2 data. <http://www.cdc.noaa.gov/> Global six hourly reanalysis data with the resolution 1.87 degrees (192 x 94 grid) for wind and sea level pressure.
- Nurhidayah, L. (2010). *Toward Integrated Coastal Zone Management in Indonesia: framework assessment and comparative analysis*. Indonesian researcher Institute of Sciences. http://www.un.org/depts/los/nippon/unnff_programme_home/fellows_pages/fellows_papers/nurhidayah_0910_indonesia.pdf.
- Okechi, J.K. (2004). *Profitability Assessment: A Case Study of African Catfish (clarias gariepinus) Farming in the Lake Victoria Basin*, Marine and Fisheries Research Institute (KMFRI) Kisumu Research Centre. Kenya.

- O'Rourke, P.D. (1996). *Economic Analysis for Walleye Aquaculture Enterprises. Walleye Culture Manual*. NCRAC Culture Series 101. North Central Regional Aquaculture Center Publications Office, Iowa State University, Ames pp. 371-384.
- Özgürel, I. (2007). *Numerical modeling of the holding capacity of coastal finfish mariculture in Indonesia*. SPICE Cluster 3.2 Verbundprojekt Indonesien: Entwicklung einer Systemlösung für ein nachhaltiges Management lebender Ressourcen (Aquakultur) BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0393A.
- Pahlevi, R, Z., Abdullah., Kurnia, N. (2012). *Practical Manual Better Management Practices For Grouper Culture In Indonesia, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific (NACA)* (<http://www.enaca.org/modules/wfdownloads/singlefile.php?cid=141&lid=1049>).
- Pangkey, H. (2008). *Development of Hydrodynamic Numerical Flow Model for Pagemetan Bay, Bali*. Indonesia. M.Sc. Thesis. Coastal Geosciences and Engineering, University of Kiel.
- Pannell, D, J. (1997). Sensitivity Analysis of Normative Economic Models: Theoretical Framework and Practical Strategies, *Agricultural Economic*, Vol. 16.
- PKSPL IPB (Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Kelautan Institut Pertanian Bogor) Center for Coastal and Marine Resources Studies (CCMRS-IPB), Research and Community Empowerment (LPPM)., (2004). Badan Riset Kelautan dan Perikanan (BRKP), Agency for Marine and Fisheries research and Development. Studi Penggunaan Lahan dari Pengembangan Marikultur di Sekitar Teluk Ekas. Laporan Akhir. Institut Pertanian Bogor.
- Profil Lombok Timur. (2002). <http://lomboktimurkab.go.id/>.
- Rachmansyah. (2004). *Analisis Daya Dukung Lingkungan Perairan Teluk Awarange Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan bagi Pengembangan Budidaya Bandeng dalam Keramba Jaring Apung*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. 274 pp.

- Radiarta, I.N., Saitoh, S.I., Yasui, H. (2010). Aquaculture Site Selection for Japanese Kelp (*Laminaria japonica*) in Southern Hokkaido, Japan, Using Satellite Remote Sensing and GIS-based models, ICES. *Journal of Marine Science Advance Access*, published November 17, 2010.
- Rajitha, K., Mukerjee, C.K., Chandran, R.V. (2007). *Application of Remote Sensing and GIS for Sustainable Management of Shrimp Culture in India*. *Aquac.Eng* 36: 1-17.
- RDCOG Research Development Centre of Ocean Geology (Pusat Penelitian and Pengembangan Geologi Kelautan). (2005). *Laporan Peta Geologi, Energi Potensial dan Sumber Daya Mineral* (LP. 1017) Batam – Kepulauan Riau. Bandung Indonesia.
- Rensel, J, E., Kiefer, D, A., Forster, J, R, M, Woodruff, D, L., Evans, N, R. (2007). *Offshore Finfish Mariculture In the Strait of Juan De Fuca*. *Bull. Fish, Res. Agen.* 19: 113-129. www.aquamodel.org.
- Ris, R.C. (1997). *Spectral Modelling of Wind Waves in Coastal Areas (Ph.D. Dissertation DelftUniversity of Technology), Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Report No. 97-4, Delft.*
- Ris, R.C. and L.H. Holthuijsen. (1997). Modelling of current induced wave-blocking in a spectral wave model, 8th International Biennial Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas, J. Dronkers and M.B.A.M. Scheffers (eds.), The Hague, 139-144.
- Rosenthal. (2006). *Personal communication with van der Wulp*. In Sustainable Environmental Management for Tropical Floating Net Cage Mariculture, a Modelling Approach XVIIth world Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) in 2010.
- Roelvink, J.A. and Van Banning, G.K.F.M. (1994). Design and development of Delft3D and application to coastal morphodynamics. *Proceedings of Hydroinformatics '94 conference, Delft.*

- Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Asmah, R., Bermúdez, J., Beveridge, M.C.M., Byron, C. J., Clément, A., Corner, R., Costa-Pierce, B.A., Cross, S., De Wit, M., Dong, S., Ferreira, J.G., Kapetsky, J.M., Karakassis, I., Leschen, W., Little, D., Lundebye, A.-K., Murray, F.J., Phillips, M., Ramos, L., Sadek, S., Scott, P.C., Valle-levinson, A., Waley, D., White, P.G. & Zhu, C. (2013). Carrying capacities and site selection within the ecosystem approach to aquaculture. In L.G. Ross, T.C. Telfer, L. Falconer, D. Soto & J. Aguilar-Manjarrez, eds. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture, pp. 19–46. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings* No. 21. Rome, FAO.
- Rückert S., Klimpel S., Al-Quraishy S., Mehlhorn H., Palm H.W. (2009) Transmission of Fish Parasites into Grouper Mariculture (Serranidae: *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822)) in Lampung Bay, Indonesia. *Parasitology Research* 104 (3): 523-532.
- Sadi. (2006). *Penilaian Keuangan dari Tumpang Sari (Sistem Kolam dengan 4 Saluran) di Hutan Bakau: Sebuah Studi di Kecamatan Legonkulon, Jawa Barat*, West Java. MSc. Thesis. Institut Pertanian Bogor.
- Sadovy, Y, J., Donaldson, T, J., Graham, T, R., McGilvray, F., Muldoon, G, J., Phillips, M, J., Rimmer, M, A., Smith, A., Yeeting, B. (2003). *While Stocks Last: The Live Reef Food Fish Trade*. Pacific Studies Series. Asian Development Bank: Manila. 147 pp.
- Sadovy, Y., Thierry, C., Choat, J.H. & Cabanban, A, S. (2008). *Cromileptes altivelis*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 December 2012. <http://www.iucnredlist.org/details/39774/0>.

- Sahalo, M, A. (2014). *Komunikasi pribadi*. Bappeda Kota Batam, RTRW Kota Batam 2004-2014.
- Sangari, F, J., (2014). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surung di Mangatasik Minahasa Sulawesi Utara. *Teknologi dan Kejuruan*, Vol. 37 (1): 187-196.
- Sari, T, E, Y., dan Usman. (2012). Studi Parameter Fisika dan Kimia Daerah Penangkapan Ikan Perairan Selat Asam Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 17 (1): 88-100.
- _____. (2011). *Ocean Data View*, <http://odv.awi.de>.
- _____. (2013). *Ocean Data View*, <http://odv.awi.de>.
- Schulstad, G. (1997). Design of a Computerized Decision Support System for Hatchery Production Management. *Aquaculture Engineering* 16: 7 - 25.
- SEPA Scottish Environment Protection Agency. (2005). *Marine aquaculture modelling*. http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/aquaculture/marine_aquaculture/modelling.aspx#survey.
- Silva, C., DelValls, T. A., Martín-Díaz, M.L. (2011). Environmental Monitoring and Mapping in A Tidal Salt Marsh Creek Affected by Fish Aquaculture Using Worldview-2 Multispectral Imagery. *Proceeding Geospatial World Forum 2011 - Dimensions and Directions of Geospatial Industry*, Hydrerabad, India.
- Silvert, W. (1992). Assessing Environmental Impacts of Finfish Aquaculture in Marine Waters. *Aquaculture*, 107 (1992).
- Silvert, W. (1994). A Decision Support System for Regulating Finfish Aquaculture. *Ecological Modelling* 75/76: 609-615.
- Silvert, W. (2010). Decision Support for Stakeholders. *Proceeding International environmental modelling and software society (iEmSs) 2010*, Ottawa, Canada.
- Sim, S.Y., Rimmer, M.A., Toledo, J.A., Sugama, K., Rumengan, I., Williams, K.C., Philips, M.J. (2005). *A Practical Guide to Feeds*

- and Feed Management for Cultured Groupers*. NACA, Bangkok, Thailand.
- Siwi_a, R. (2012, February 17). Kelanjutan Perkembangan dari Budidaya Kerapu di Sulawesi Utara. *Manado Bisnis*. <http://www.manadobisnis.com/2012/02/budidaya-ikan-kerapukian-berkembang-di.html>.
- Siwi_b, R. (2012, September 24). *Humpback Grouper is Already being Exported to Hongkong*. Republika Online. In Indonesia Language.
<http://www.republika.co.id/berita/nasional/nusantara-nasional/12/09/24/matc9e-kerapu-tikus-siap-diekspor-ke-hongkong>.
- SPICE (Science for the Protection of the Indonesian Coastal Environments). (2006). *Development of a Decision Support System for Sustainable Environment Management of Mariculture in Indonesia*. Techn. Report.
- Staniford, D. (2002). Sea cage fish farming: an evaluation of environmental and public health aspects (the five-fundamental flaw of sea cage fish farming). Paper presented by Don Staniford at the European Parliaments Committee on Fisheries public hearing on "Aquaculture in the European Union: Present Situation and Future Prospects", 1st October 2002. http://www.europarl.eu.int/hearings/20021001/pech/programme_en.pdf
http://www.europarl.eu.int/committees/pech_home.htm.
- Stead, S.M., Burnell, G., Gouletquer, P. (2002). Aquaculture and Its Role in Integrated Coastal Zone Management. *Aquaculture International* 10: 447-468.
- Stigebrandt, A., Aure, J. (1995). *A model for Critical Loads Beneath Fish Farms*. *Fisken & Havet* 26: 1-27. In Norwegian.
- Stigebrant, A. (2011). Carrying Capacity: General Principles of Model Construction. *Aquaculture Research* 42: 41-50.
- Sugama, K. (2010). *Public Policy for Sustainable Development of Grouper Aquaculture in Indonesia*. Directorate of

Seed Development - Directorate General of Aquaculture Indonesia.

Sugama, K. (2012). *Komunikasi pribadi*.

Sukmana, O, C. (2007). *Studi Kelayakan Pembangunan Pelabuhan Peti Kemas di Pulau Bintan Kepulauan Riau*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Sulaiman, M.S. (2010). *Analisis Kelayakan Pengusahaan Ikan Kerapu Macan Di Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta*, Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

Sunoto. (2014, 2012). *Blue Economy: Towards A Sustainable Marine and Fisheries Development for The Prosperity of The People In Indonesia*. 2nd APEC Blue Economy Forum, Tianjin, PR. CHINA. Presentasi.41 slide pp.

Syadiah, N. (2010). *Zonasi Perikanan Budidaya Pada Kawasan Konservasi Laut Daerah Studi Kasus Pulau Pasi Kabupaten Kepulauan Selayar, Provinsi Sulawesi Selatan*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Szuster, W.B., Albasri, H. (2010). Site Selection for Grouper Mariculture in Indonesia, *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 2(3): 87-92.

Talbot, C., Hole, R. (1994). Fish Diets and the Control of Eutrophication Resulting from Aquaculture, *Journal of Applied Ichthyology* 10(4):259-270.

The International Standard for the Trade in Live Reef Food Fish. (<http://www.livefoodfishtrade.org>).

Unep (United Nations Environment Programme). (2007). *Guidelines for Conducting Economic Valuation of Coastal Ecosystem Goods and Service*, UNEP/GEF/SCS Technical Publication No. 8.

Utama, F, W. (2008). *Analisis Kelayakan Usaha Budidaya Ikan Kerapu Macan di Pulau Paggang Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu, DKI Jakarta*. Institut Pertanian Bogor.

- Undang-Undang No. 17. (2010). Pajak Progresif untuk Badan di Indonesia. <http://www.bppk.depkeu.go.id/webpajak/index.php/artikel/opini-kita-pph/1217-tarif-efektif-pph-badan>.
- Undang-Undang No. 25. (2002). *Pendirian Provinsi Baru Kepulauan Riau*. www.bpkp.go.id/uu/filedownload/2/41/310.bpkp.
- Wulp, S, A, Van der. (2007). Mass balance modelling for determination of nutrient emissions from floating net cage fish farms in Indonesia, SPICE Cluster 3.2 Verbundprojekt Indonesien: Entwicklung einer Systemlösung für ein nachhaltiges Management lebender Ressourcen (Aquakultur) BMBF-Verbundvorhaben FKZ 03F0393A.
- Wulp, S, A, Van der. (2007). *Nutrient Mass Balance Modelling of Cage Fish Farms Case study Pulau Serai, Indonesia*, M.Sc. Thesis, Coastal Research Laboratory Research and Technology Centre Christian Albrechts University Kiel, Germany.
- Wulp, S.A, Van der., Niederndorfer, K.R., Hesse, K-J., Runte, K-H., Mayerle, R., Hanafi, A. (2010). *Sustainable Environmental Management for Tropical Floating Net Cage Mariculture, A Modeling Approach, XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)*. Quebec City. Canada.
- Wantansen, A. (2008). *Kajian Pemanfaatan Pulau Kecil Berbasis Kesesuaian dan Daya Dukung (Kasus Gugus Pulau Desa Talise, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara)*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Welch, A., Hoenig, R., Stieglitz, J., Benetti, D., Tacon, A., Sims, N., O'Hanlon, B. (2010). From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish, *Reviews in Fisheries Science* 18(3): 235-247.
- Weston, J, F., Brigham, E.F. *Managerial Finance, Holt, Rinehart and Winston*. London: The Dryden Press.
- Weston, D.P. (1986). *The Environmental Effects of Floating Mariculture in Puget Sound*. Prepared by the University of

- Washington, School of Oceanography for the Washington Department of Fisheries and Ecology.
- Wibowo, H. T. (2007). *Kandungan Nitrogen dan Pengembangan Budidaya Laut di Teluk Ekas*. Thesis. Institut Pertanian Bogor.
- Windupranata, W. (2007). *Development of a Decision Support System for Suitability Assessment of Mariculture Site Selection*, Ph.D. thesis. Christian Albrechts Universitat zu Kiel.
- Windupranata, W., Mayerle, R. (2009). *Decision Support System for Selection of Suitable Mariculture Site in The Western Part of Java Sea, Indonesia*, ITB J. Eng. Sci. Vol. 41 No. 1, 2009: 77- 96.
- WL|DELFT HYDRAULICS. (2009). *DELFT-FLOW, Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flows and Transport Phenomena, Including Sediments*. WL| Delft Hydraulics, The Netherlands.
- WOD, NODC, WOA, World Ocean Database, NODC National Oceanographic Data Center.<http://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/dbsearch/dbsearch.html>, World Ocean Atlas.
http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html.
- Wong, M., M, A, Barbeau., Aiken, R, A. (1999). Intertidal Invertebrate Population Density and Diversity: Does Salmon Aquaculture Play a Role. Environment Canada, Occ. Rep. 12: (89-100). *Proceeding 3rd Bay of Fundy Workshop*.
- Wyrтки, K. (1961). *Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959 – 1969*. Naga Report, 2. University of California, Scripps Institute of Oceanography, La Jolla, California.

Lampiran

Sumber Data di Studi Area

Deskripsi	Pulau Galang	Teluk Ekas	Pulau Talise
Proses Fisikal			
1. Kedalaman Minimum	Peta Nautikal Indonesia No: 42	Peta Nautikal Indonesia No: 262	Peta Nautikal Indonesia No: 344
2. Kedalaman maksimum	IOC/IHO/BODC (2003) ^a	IOC/IHO/BODC (2003) ^a	IOC/IHO/BODC (2003) ^a
3. Penggelontoran	Diturunkan dari Model Fisikal	Diturunkan dari Model Fisikal	Diturunkan dari Model Fisikal
4. Kuat Arus	Egbert and Erofeeva (2002) ^c	Egbert and Erofeeva (2002): ^c	Egbert and Erofeeva (2002): ^c
5. Tinggi Gelombang	Diturunkan dari Model Fisikal	Derived from Physical Models	Derived from Physical Models
6. Kecepatan Angin	NOAA/OAR/ESRLPSD (2009) NCEP/NCAR Reanalysis 2 data ^b .	NOAA/OAR/ESRLPSD. (2009). NCEP/NCAR Reanalysis 2 data ^b	NOAA/OAR/ESRLPSD (2009) NCEP/NCAR Reanalysis 2 data ^b
Pasang Surut	Diturunkan dari Model Fisikal CRITC LIPI – 2009 ^d	Diturunkan dari Model Fisikal	Diturunkan dari Model Fisikal Wantansen, 2008 ⁱ

Deskripsi	Pulau Galang	Teluk Ekas	Pulau Talise
Kualitas Air			
1. Temperatur Air	CRITC LIPI – 2009 ^d	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
2. Salinitas	CRITC LIPI – 2009 ^d	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
3. Oksigen	CRITC LIPI – 2009 ^d	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
4. pH	CRITC LIPI – 2009 ^d	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
5. Kecerahan Air	CRITC LIPI – 2009 ^d	CCMRS IPB – 2004 ^h	Wantansan, 2008 ^j
6. Turbiditas	RDCOG Bandung, 2005 ^e	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	
7. Ammonium		BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
8. Nitrat	RDCOG Bandung, 2005 ^e	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
9. Nitrit	RDCOG Bandung, 2005 ^e	BRKP- 2004 ^g , CCMRS IPB-2004 ^h , Krisanti-2006 ⁱ	Wantansan, 2008 ^j
10. Fosfat	WOD, NODC, WOA; Schlitzer, 2011 ^k	WOD, NODC, WOA; Schlitzer, 2011 ^k	Wantansan, 2008 ^j ; ^l Schlitzer, 2011 ^k

Deskripsi	Pulau Galang	Teluk Ekas	Pulau Talise
1. ICZM	Indonesian Land use Data Bank (ITB) Year 2006	Indonesian Land use Data Bank (ITB) Year 2006	Indonesian Land use Data Bank (ITB) Year 2006
	Bappeda Batam RTRW Kota Batam 2004-2014	Bappeda Nusa Tenggara Barat RTRW tahun 2009-2029	Wantansen, 2008 ^j

Keterangan:

- a. IOC/IHO/BODC. (2003). IOC/IHO/BODC. (2003). General Bathymetric Chart of the Oceans. British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K.

http://www.gebco.net/data_and_products/gebco_digital_atlas/ Global bathymetric grid at 30 arc-second intervals.
- b. NOAA/OAR/ESRLPSD. (2009). NCEP/NCAR Reanalysis 2 data. <http://www.cdc.noaa.gov/> Global six hourly reanalysis data with the resolution 1.87 degrees (192 x 94 grid) for wind and sea level pressure.
- c. Egbert, G., D., S.Y., Erofeeva. (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, J. Atmos. Oceanic Technol. 19 (2):183-204.

http://www.esr.org/polar_tide_models/Model_TPX062.html#EgbertErofeeva_2002. Tide extracted from Total Model Driver.
- d. CRITC LIPI – 2009 Coral Reef Information and Training Centers is a component of COREMAP-LIPI, 2009. (COREMAP II) CRITC LIPI, BPP-PSPL UNIVERSITAS RIAU.
- e. RDCOG Bandung. (2005). Pusat Penelitian and Pengembangan Geologi Kelautan, Research Development Centre of Ocean Geology (RDCOG), Bandung 2005.
- f. WOD World Ocean Database, NODC National Oceanographic Data Center. <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/>

- dbsearch/dbsearch.html, World Ocean Atlas. http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html.
- g. Badan Riset Kelautan dan Perikanan (BRKP). (2004). Agency for Marine and Fisheries research and development, 2004.
 - h. Center for Coastal and Marine Resources Studies (CCMRS-IPB),2004. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan (PKSPL) Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Institut Pertanian Bogor (IPB).
 - i. Krisanti. (2006). Institut Pertanian Bogor.
 - j. Wantansen, A. (2008). Institut Pertanian Bogor.
 - k. Schlitzer, R. (2011). Ocean Data View, <http://odv.awi.de>.

Biografi Penulis



Penulis lahir di Bukit Tinggi Sumatra Barat pada 10 Desember 1973. Pada tahun 1993 penulis memulai studi akademisi di Fakultas Teknik Sipil Politeknik Universitas Andalas, Padang. Pada tahun 1997 penulis menyelesaikan studi dengan tugas akhir bidang bangunan dan konstruksi air. Di tahun yang sama penulis juga melanjutkan jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada dan menyelesaikan program sarjana pada tahun 1999.

Pada tahun 2000, penulis melanjutkan studi ke pascasarjana pada bidang Teknik Pantai, Kelautan, dan Pelabuhan di Universitas Gadjah Mada. Penulis menyelesaikan studinya pada tahun 2002 dengan judul tesis Prakiraan dan Pemanfaatan Tinggi Gelombang di Wilayah Barat Indonesia. Sejak tahun 2002, penulis berprofesi sebagai Dosen dan Peneliti di Fakultas Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning Riau Indonesia.

Pada tahun 2009 hingga tahun 2014, penulis melanjutkan studi doktoral di *Coastal Research Laboratory, the Research and Technology Centre, Westcoast, Kiel University, Germany* dengan judul disertasi *Improvement and Application of a Decision Support*

System for Sustainable Floating Net Cage Finfish Cultures Development in Indonesia. Studi tersebut didanai oleh Direktorat Jendreal Pendidikan Tinggi (DIKTI) Indonesia, *the German Academic Exchange Service or Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD)*, *the Research and Technology Center Büsum / Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) - Büsum* dan *the International Center dan Career Center of Kiel University-Germany.* Sejak 2016 hingga saat ini penulis berprofesi sebagai Dosen dan Peneliti di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Kristen Petra.

