



Indonesia Marine Fellows
Program - MFP

INVESTASI DALAM PENGELOLAAN PERIKANAN: KAJIAN RUMPON DAN PENANGANAN IKAN TAK

Conservation Strategy Fund | Yayasan Strategi Konservasi | LAPORAN PENELITIAN | Desember 2018



Widhya Nugroho Satrioajie
Shinta Yuniarta





Indonesia Marine Fellows Program - MFP
Riset Ekonomi Terapan dalam Pengelolaan Perikanan
dan Konservasi Kelautan

INVESTASI DALAM PENGELOLAAN PERIKANAN: KAJIAN RUMPON DAN PENANGANAN IKAN TAK TERLAPOR

Widhya Nugroho Satrioajie

Mahasiswa Program Doktorat, Aquatic and Fisheries Group (AFI),
Wageningen University of Resesarch, The Netherlands

Shinta Yuniarta

Mahasiswa Program Doktorat, Environmental Economic and
Natural Resources (ENR), Wageningen University and Research,
The Netherlands

Mentor: Umi Muawanah, Ph.D

Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan,
Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia



FPIK - IPB



WAGENINGEN UR

Daftar Isi

I. PENDAHULUAN	3
2. JENIS PERIKANAN TUNA BERBASIS-RUMPON.....	4
2.1 PENGALAMAN NELAYAN.....	5
2.2 JENIS PERAHU	5
2.3 PASOKAN DAN ABK.....	6
2.4 PENGGUNAAN RUMPON.....	7
2.5 ANALISIS.....	8
2.6 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	8
3. PENILAIAN RUMPON.....	9
3.1 ANALISIS.....	11
4. PENGATURAN PENGENDALIAN PENANGKAPAN ALTERNATIF UNTUK PERIKANAN TUNA MULTI- ARMADA DAN MULTI-SPESES DENGAN KONDISI MINIM DATA DI INDONESIA TIMUR.....	12
4.1 MODEL	13
4.2 PENGATURAN PENGENDALIAN PENANGKAPAN (HCR).....	14
4.3 KINERJA PENGATURAN PENGENDALIAN PENANGKAPAN	15
<i>Rente Penangkapan Ikan</i>	15
<i>Upaya Minimum</i>	15
<i>Proporsi nelayan termiskin</i>	15
<i>Status stok</i>	15
4.4 HASIL DAN PEMBAHASAN	16
5. NILAI INFORMASI	18
5.1 ANALISIS.....	18
<i>Pengambilan Keputusan</i>	19
<i>Ketidakpastian</i>	19
5.2 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
6. ANALISIS FUNGSI PRODUKSI PERIKANAN TUNA BERBASIS-RUMPON.....	23
6.1 ANALISIS.....	23
<i>Pembersihan Data</i>	24
<i>Pengujian Model</i>	24
<i>Pemilihan Model</i>	24
6.2 HASIL	24
<i>Fungsi Produksi Perahu</i>	24
<i>Fungsi Produksi Rumpon</i>	25
6.3 DISKUSI DAN RINGKASAN.....	25
REFERENSI	27
LAMPIRAN	29

Daftar Tabel

Tabel 1. Ringkasan sumber data dari nelayan untuk menunjukkan karakteristik perikanan, memperkirakan jumlah rumpon	4
Tabel 2. Ringkasan statistik dari total tahun pengalaman sebagai nelayan	5
Tabel 3. Ringkasan statistik berat perahu per perikanan dalam GT	5
Tabel 4. Ringkasan statistik kapal per per perikanan dalam Tenaga Kuda	5
Tabel 5. Ringkasan statistik panjang perahu per perikanan dalam meter	6
Tabel 6. Ringkasan statistik jumlah ABK per perikanan	6
Tabel 7. Ringkasan statistik jumlah bahan bakar yang digunakan pada satu perjalanan dalam liter	7
Tabel 8. Ringkasan statistik jumlah es balok yang dibawa dalam satu perjalanan.....	7
Tabel 9. Ringkasan statistik ton air yang dibawa dalam satu perjalanan.....	7
Tabel 10. Ringkasan statistik jumlah rumpon yang digunakan menangkap ikan dalam satu perjalanan	7
Tabel 11. Ringkasan statistik waktu normal operasi penangkapan ikan di satu rumpon dalam jam	8
Tabel 12. Ringkasan statistik jarak normal ke lokasi rumpon dalam mil laut	8
Tabel 13. HCR Alternatif	15
Tabel 14. Kinerja HCR alternatif pada keuntungan penangkapan ikan	16
Tabel 15. Kinerja HCR alternatif pada upaya minimum atau jumlah kapal.....	17
Tabel 16. Kinerja HCR alternatif pada proporsi Nelayan termiskin.....	17
Tabel 17. Kinerja HCR alternatif pada status stok	17
Tabel 18. Kombinasi simulasi	19
Tabel 19. Persentase nelayan dengan penghasilan kurang dari 30×10^6 rupiah per tahun	21
Tabel 20. Hasil uji, nilai signifikansi determinan, koefisien, dan variable intersep tiap model	24
Tabel 21. Hasil uji, nilai signifikansi determinan, koefisien dan variable intersep dari model produksi rumpon	25

Daftar Gambar

Gambar 1. Wilayah studi di Provinsi Sulawesi Utara dikelilingi oleh dua daerah utama penangkapan tuna, Laut Maluku dan Laut Sulawesi.....	4
Gambar 2. Rumpon Ponton (A) and Gabus (B)	9
Gambar 3. Contoh data <i>logbook</i> (catatan) tentang lokasi rumpon yang dibuat nelayan pada <i>logbook</i> dan alat GPS di perahu	10
Gambar 4. Posisi rumpon yang diperoleh dari catatan nelayan	10
Gambar 5. Kepadatan posisi rumpon dari catatan nelayan	11
Gambar 6. Posisi rumpon dari data gabungan catatan nelayan dan otoritas pelabuhan yang menunjukkan tumpang tindih kedua kumpulan data.....	11
Gambar 7. Frekuensi jarak satu rumpon ke rumpon terdekat pada kumpulan data gabungan akhir	12
Gambar 8. Perubahan pengaturan pengendalian penangkapan	14
Gambar 9. Keputusan tentang upaya yang direkomendasikan untuk multi-spesies	14
Gambar 10. Hubungan penurunan (α) pada perubahan HCRs dan nilai rata-rata keuntungan penangkapan ikan saat ini (dalam juta rupiah).....	16
Gambar 11. Analisis pohon keputusan untuk mempertimbangkan ketidakpastian tangkapan yang tidak dilaporkan dalam prosedur pengelolaan alternatif	19
Gambar 12. Rente penangkapan pada tahun proyeksi dari skala pilihan	21
Gambar 13. Upaya pada tahun proyeksi dari skala pilihan	22
Gambar 14. Penghasilan per kapal dalam tahun proyeksi dari skala pilihan yang memberikan rente penangkapan tertinggi.....	23

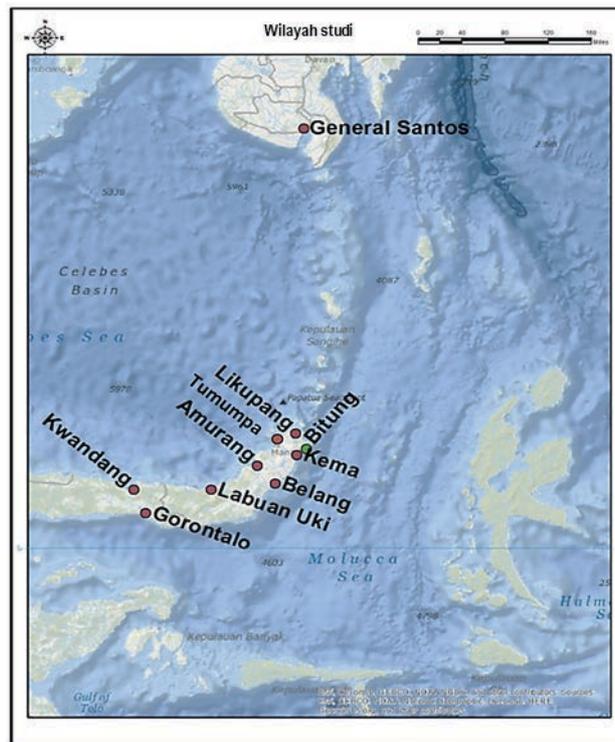
I. Pendahuluan

Nelayan Indonesia telah menggunakan *anchored Fish Aggregation Devices/FAD* (alat bantu penangkapan/rumpon berjangkar) sejak 1980-an, dan dengan demikian, penggunaan rumpon memiliki peran penting dalam mendukung penangkapan ikan terutama untuk tuna dan spesies pelagis lainnya. Rumpon meningkatkan efisiensi penangkapan ikan, tetapi juga berpotensi meningkatkan tekanan penangkapan terhadap cadangan tuna laut lepas dan ekosistem pelagis. Tingginya permintaan tuna di pasar internasional sangat berperan dalam meningkatkan tekanan penangkapan dan dapat mendorong penggunaan rumpon berlebihan. Karena itu, pengelolaan perikanan berbasis rumpon diperlukan untuk melindungi stok ikan dari pemanfaatan berlebihan. Pengelolaan perikanan berbasis rumpon menimbulkan sebuah pertanyaan besar, yaitu, bagaimana dinamika pemanfaatan rumpon pada perikanan tuna? Pertanyaan ini memerlukan pemahaman jernih tentang keadaan mutakhir perikanan ini, dan nelayan sebagai aktor utama.

Para pemangku kepentingan di Indonesia berkeinginan kuat membangun strategi pengelolaan atau pengaturan pengendalian penangkapan yang efektif dalam perikanan tuna. Dalam studi ini, kami akan melakukan evaluasi strategi pengelolaan dengan mensimulasikan beberapa pengaturan pengendalian penangkapan. Kami juga akan mengkaji sejumlah skala, spesies dan laporan untuk bidang penelitian yang minim data. Evaluasi kami akan menunjukkan konflik yang harus diperhitungkan Pengelola Perikanan, dan kita akan membahas dampak dari aturan kontrol dalam hal keuntungan agregat dan pembagian keuntungan.

Selain itu, taksiran rendah hasil tangkapan sebagai masalah dalam perikanan tuna Indonesia telah diakui dalam sejumlah studi (Dudley dan Harris, 1987; Proctor et al., 2003; Pauly dan Budimartono, 2015; Yuniarta et al., 2017). Penyebabnya adalah tangkapan ilegal dan tak dilaporkan, masalah dalam pengumpulan data, dan daerah penangkapan terpencil. Taksiran rendah hasil tangkapan bisa menyebabkan kegagalan rencana pengelolaan (Kurota et al., 2010), dan harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan dalam setiap strategi pengelolaan perikanan.

Kami akan mengkaji dinamika rumpon dan taksiran rendah hasil tangkapan dalam laporan ini dengan terlebih dahulu meninjau karakteristik perikanan tuna berbasis rumpon, dan kemudian melakukan penilaian rumpon. Kami akan memasukkan nilai informasi tambahan tangkapan yang tidak dilaporkan, dan melakukan simulasi dampak dari kebijakan perikanan tuna Indonesia. Terakhir, kami akan menghasilkan analisis fungsi produksi perikanan tuna berbasis rumpon berdasarkan data catatan penangkapan.



Gambar 1. Wilayah studi di Provinsi Sulawesi Utara dikelilingi oleh dua daerah utama penangkapan tuna, Laut Maluku dan Laut Sulawesi

2. Jenis Perikanan Tuna berbasis-Rumpon

Bagian ini akan berfokus pada karakteristik perikanan tuna berbasis rumpon di Sulawesi Utara sebagai tahap awal dalam memahami perilaku nelayan. Wawancara dilakukan pada Mei 2013 - 2014 Februari di tiga pelabuhan perikanan utama: Bitung dan Kema, keduanya berdekatan dengan Laut Maluku, dan Uki Labuan di mana kebanyakan nelayannya beroperasi di Laut Sulawesi (gambar 1). Total 89 wawancara mendalam dilakukan dengan nelayan tuna yang menggunakan rumpon, dengan pertanyaan seputar pengalaman penangkapan, jenis perahu, dan operasi penangkapan. Kami membedakan nelayan berdasarkan jenis peralatan, pelabuhan pendaratan, dan daerah asal. Semua Nelayan yang diwawancarai menggunakan pukat cincin, pancing ulur, atau alat tangkap huhate. Ringkasan hasil survei dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Ringkasan sumber data dari nelayan untuk menunjukkan karakteristik perikanan, memperkirakan jumlah rumpon

Pelabuhan pendaratan	Alat tangkap	Ukuran (GT)	Wawancara (N)	Catatan nelayan (N)	Survei transek (N)	Wilayah operasi
Bitung	PS	19-34	25	10	14	Maluku Sulawesi
	Indonesian HL	6-29	25	25	-	
	Filipina HL	2-3	10	10	-	
	PL	53-91	10	10	-	
Kema	PS	24-32	67	7	7	Maluku
Labuhan Uki	PS	18-48	13	14	-	Sulawesi
Tumumpa	PS	25-49	-	3	23	Sulawesi**
		Total	89	79	44	

Catatan: Karakterisasi skala operasi ditampilkan dalam tonase kotor (*Gross Tonnage*/GT) dari kapal yang dimiliki para nelayan. GT = *Gross tonnage*, HL = *Hand line* (pancing ulur), PS = *Purse seine* (Pukat cincin), PL = *pole and line* (huhate), N = *number* (jumlah).

** Tidak ada wawancara di pelabuhan perikanan Tumumpa. Pelabuhan ini berbatasan dengan Laut Sulawesi.

2.1 Pengalaman Nelayan

Dari hasil wawancara nelayan pancing ulur, nelayan dari Filipina rata-rata lebih berpengalaman dari nelayan Indonesia (Tabel 2). Nelayan pancing ulur dari Indonesia menyatakan mereka semua hanya berperan sebagai nahkoda, berbeda dengan nelayan pancing ulur dari Filipina yang berfungsi sebagai nahkoda dan *fishing master* (orang yang mencari lokasi gerombolan ikan target) sekaligus. Nelayan pancing ulur adalah yang paling berpengalaman dibanding nelayan tuna yang diwawancarai lainnya; mereka rata-rata memiliki pengalaman 29 tahun. Semua nelayan pancing ulur mengaku berfungsi sebagai nahkoda dan *fishing master* dari kapal mereka. Rata-rata, nelayan pukat cincin yang berlabuh di Labuan Uki memiliki pengalaman paling sedikit dari semua nelayan yang diwawancarai. Hanya satu nelayan pukat cincin dari Bitung yang mengaku hanya berperan sebagai *fishing master* di kapal, nelayan pukat cincin lainnya berfungsi sebagai nahkoda, atau sebagai kapten dan *fishing master* sekaligus.

Tabel 2. Ringkasan statistik dari total tahun pengalaman sebagai nelayan

Perikanan	Rata2	Min.	Maks.	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	20.4	8.0	41.0	8.3	41
Pancing ulur Bitung dari Filipina	23.3	10.0	40.0	10.8	46
Huhate Bitung	29.0	20.0	41.0	7.5	26
Pukat cincin Bitung	22.3	10.0	38.0	7.3	33
Pukat cincin Kema	24.5	15.0	31.0	7.6	31
Pukat cincin Labuan Uki	19.7	5.0	33.0	7.9	40

2.2 Jenis Perahu

Perahu merupakan investasi jangka panjang bagi nelayan. Variabel pengelompokan perahu termasuk kapasitas, panjang, berat, ukuran mesin, bahan pembuatan, jenis perahu, dan jenis teknologi yang digunakan selama operasi memancing. Data kapasitas armada responden menunjukkan nelayan pancing ulur menggunakan perahu berkapasitas terbesar, dalam tonase kotor (GT), dan ukuran mesin dibanding perahu-perahu lain (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Ringkasan statistik berat perahu per perikanan dalam GT

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	11.6	6.0	29.0	8.3	71
Pancing ulur Bitung dari Filipina	2.5	2.0	3.0	0.5	21
Huhate Bitung	77.5	53.0	91.0	13.0	17
Pukat cincin Bitung	27.5	19.0	34.0	3.4	12
Pukat cincin Kema	27.8	24.0	32.0	2.7	10
Pukat cincin Labuan Uki	27.8	18.0	48.0	8.0	29

Tabel 4. Ringkasan statistik kapal per perikanan dalam Tenaga Kuda

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	120.2	60.0	250.0	51.0	42
Pancing ulur Bitung dari Filipina	57.1	30.0	80.0	14.2	25
Huhate Bitung	566.1	350.0	630.0	91.2	16
Pukat cincin Bitung	246.0	100.0	380.0	74.6	30
Pukat cincin Kema	228.3	90.0	350.0	103.6	45
Pukat cincin Labuan Uki	318.1	220.0	440.0	86.8	27

Tabel 5. Ringkasan statistik panjang perahu per perikanan dalam meter

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	15.6	11.0	27.0	3.6	23
Pancing ulur Bitung dari Filipina	10.3	8.0	12.0	1.4	14
Huhate Bitung	30.6	28.0	36.0	2.5	8
Pukat cincin Bitung	21.3	17.0	25.0	2.5	12
Pukat cincin Kema	20.2	17.0	22.5	2.2	11
Pukat cincin Labuan Uki	22.7	18.0	29.0	3.3	14

Kami menemukan panjang minimum perahu nelayan huhate lebih besar dari panjang maksimum perahu nelayan pancing ulur (masing-masing 28.0 versus 17,0 meter) (Tabel 5). Ringkasan statistik pada tabel 3 dan 4 untuk ukuran berat dan mesin sesuai dengan temuan ini. Nelayan pancing ulur menggunakan kapal paling ringan dengan kekuatan mesin paling rendah. Nelayan pukat cincin menggunakan perahu terberat dengan kapasitas mesin lebih tinggi. Tak satu pun dari nelayan yang diwawancarai memiliki kapal yang mereka operasikan; semuanya dipekerjakan oleh perusahaan penangkapan ikan yang memiliki beberapa kapal. Ini menunjukkan nahkoda perahu tidak bisa mengambil keputusan sendiri; pemilik kapal dapat mempengaruhi pengambilan keputusan. Umur semua perahu itu relatif muda, hanya tujuh dari 88 perahu yang berumur lebih dari 15 tahun, dan semuanya terdaftar di Bitung. Berdasarkan bukti anekdot, nelayan menyatakan terjadi peningkatan investasi perahu, dan seiring dengan itu, peningkatan jumlah perahu dibanding sekitar 10-15 tahun lalu.

Terkait perbedaan antara nelayan pancing ulur Indonesia dan Filipina, perahu yang dioperasikan nelayan Filipina lebih pendek, serta memiliki ukuran berat dan mesin lebih rendah. Data perahu pukat cincin yang beroperasi dari pelabuhan berbeda tidak menunjukkan perbedaan mencolok dalam hal ukuran panjang, berat, atau mesin. Nelayan pancing ulur beroperasi dengan lebih dari satu perahu. Di samping perahu induk, yang digambarkan pada tabel 2-4, mereka juga menggunakan sejumlah perahu kecil tanpa fitur peralatan khusus saat menangkap ikan. Perahu-perahu kecil ini, yang disebut *pakura*, digunakan untuk menangkap tuna, lalu setelahnya tangkapan dipindahkan ke perahu induk. Jumlah *pakura* tergantung kapasitas perahu induk. Rata-rata, perahu pancing ulur dari Filipina beroperasi dengan 3 *pakura* dan perahu dari Indonesia beroperasi dengan 4 *pakura*.

2.3 Pasokan dan ABK

Tabel 6 – 8 menyajikan statistik deskriptif tentang jumlah anak buah kapal (ABK), jumlah bahan bakar yang digunakan, jumlah blok es dan ton air yang diangkut selama perjalanan rata-rata. Serupa dengan data jenis perahu (Tabel 3), perahu pancing ulur beroperasi dengan jumlah ABK dan kuantitas pasokan tertinggi, termasuk rata-rata 181 ember umpan hidup per perjalanan. Sebaliknya, perahu pancing ulur beroperasi dengan jumlah ABK dan kuantitas pasokan terendah. Nelayan pancing ulur Filipina memiliki jumlah ABK dan pasokan lebih rendah, termasuk bahan bakar untuk *pakura* (166,0 liter), dalam perjalanannya dibanding nelayan pancing ulur Indonesia (435,1 liter). Untuk nelayan pukat cincin, nelayan yang berlabuh di Kema memiliki jumlah ABK dan pasokan terendah dalam perjalanannya. Tak satu pun dari nelayan yang diwawancarai pernah mengalami kehabisan bahan bakar.

Tabel 6. Ringkasan statistik jumlah ABK per perikanan

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	8.7	4.0	23.0	5.0	57
Pancing ulur Bitung dari Filipina	6.4	4.0	8.0	1.7	26
Huhate Bitung	49.2	27.0	69.0	14.5	30
Pukat cincin Bitung	26.4	18.0	38.0	4.6	17
Pukat cincin Kema	20.8	15.0	27.0	4.6	22
Pukat cincin Labuan Uki	28.5	20.0	44.0	6.2	22

Tabel 7. Ringkasan statistik jumlah bahan bakar yang digunakan pada satu perjalanan dalam liter

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	926.0	100.0	6000.0	1260.2	136
Pancing ulur Bitung dari Filipina	291.0	110.0	500.0	133.5	46
Huhate Bitung	6800.0	4500.0	10000.0	1670.0	25
Pukat cincin Bitung	1226.2	2.0	3000.0	843.1	69
Pukat cincin Kema	950.0	400.0	1500.0	455.0	48
Pukat cincin Labuan Uki	1215.4	500.0	2000.0	445.1	37

Tabel 8. Ringkasan statistik jumlah es balok yang dibawa dalam satu perjalanan

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	143.8	50.0	400.0	89.7	62
Pancing ulur Bitung dari Filipina	60.9	24.0	120.0	28.3	47
Huhate Bitung	310.0	200.0	500.0	73.8	24
Pukat cincin Bitung	203.9	100.0	400.0	90.5	44
Pukat cincin Kema	133.3	100.0	200.0	40.8	31
Pukat cincin Labuan Uki	233.1	100.0	500.0	105.1	45

Tabel 9. Ringkasan statistik ton air yang dibawa dalam satu perjalanan

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	2.0	0.5	10.0	1.9	95
Pancing ulur Bitung dari Filipina	0.9	0.2	1.0	0.3	29
Huhate Bitung	9.9	5.0	16.0	3.6	37
Pukat cincin Bitung	3.4	1.0	7.0	1.6	48
Pukat cincin Kema	2.2	1.0	4.0	1.0	45
Pukat cincin Labuan Uki	4.2	1.0	10.0	2.9	69

2.4 Penggunaan Rumpon

Ringkasan statistik menunjukkan nelayan pancing ulur paling banyak menggunakan rumpon dalam satu perjalanan dibanding alat tangkap lain (Tabel 10). Nelayan pukat cincin, khususnya yang dari Kema, paling sedikit menggunakan rumpon. Data jumlah rumpon yang digunakan menangkap ikan mengkonfirmasi temuan ini. Ringkasan statistik jumlah waktu yang dihabiskan di satu rumpon (tabel 11) menunjukkan korelasi negatif antara jumlah rumpon yang ditempati menangkap ikan dan waktu yang dihabiskan menangkap ikan pada satu rumpon, yakni nelayan yang menangkap di lebih banyak rumpon selama perjalanan menghabiskan lebih sedikit waktu menangkap di tiap rumpon. Meski nelayan pancing ulur Indonesia dan Filipina menggunakan jumlah rumpon yang sama rumpon dalam satu perjalanan, nelayan Filipina menangkap di rumpon dalam durasi lebih singkat dibanding nelayan Indonesia (2,2 versus 3,3 jam). Saat menangkap ikan di rumpon, baik nelayan pancing ulur Indonesia maupun Filipina biasanya mengikat perahu induknya ke rumpon untuk melindungi diri dari arus dan gelombang kuat.

Tabel 10. Ringkasan statistik jumlah rumpon yang digunakan menangkap ikan dalam satu perjalanan

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	3.6	1.0	15.0	3.1	85
Pancing ulur Bitung dari Filipina	3.6	3.0	5.0	0.7	19
Huhate Bitung	11.5	10.0	15.0	2.4	21
Pukat cincin Bitung	2.5	1.0	4.0	0.7	29
Pukat cincin Kema	1.8	1.0	3.0	0.8	41
Pukat cincin Labuan Uki	2.5	1.0	3.0	0.7	26

Tabel 11. Ringkasan statistik waktu normal operasi penangkapan ikan di satu rumpon dalam jam

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	3.3	2.0	7.0	1.4	42
Pancing ulur Bitung dari Filipina	2.2	1.0	4.0	1.0	47
Huhate Bitung	0.6	0.3	1.0	0.2	41
Pukat cincin Bitung	4.3	1.0	8.0	1.9	44
Pukat cincin Kema	5.0	4.0	7.0	1.3	25
Pukat cincin Labuan Uki	4.4	2.0	7.0	1.4	33

Tabel 12 menunjukkan jarak normal ke daerah penangkapan, dalam hal ini, daerah rumpon, tidak berbeda jauh antar jenis peralatan. Perbedaan dalam jarak perjalanan tidak berkorepondensi dengan kapasitas rata-rata perahu. Karena itu, kapasitas perahu tidak membatasi ke mana nelayan menangkap ikan. Namun, nelayan pukat cincin tidak bebas memilih di rumpon mana mereka akan menangkap ikan, karena mereka hanya bisa memanfaatkan rumpon miliknya atau milik perusahaan tempat mereka bekerja. Sementara, nelayan pancing ulur dan nelayan huhate bisa bebas memilih di rumpon mana mereka akan menangkap ikan.

Tabel 12. Ringkasan statistik jarak normal ke lokasi rumpon dalam mil laut

Perikanan	Rata2	Min	Maks	StDev	CV
Pancing ulur Bitung dari Indonesia	89.9	40.0	320.0	52.6	59
Pancing ulur Bitung dari Filipina	66.0	40.0	100.0	20.1	30
Huhate Bitung	78.0	50.0	100.0	18.1	23
Pukat cincin Bitung	88.2	36.0	298.0	61.9	70
Pukat cincin Kema	66.2	50.0	80.0	12.5	19
Pukat cincin Labuan Uki	73.1	20.0	100.0	25.4	35

2.5 Analisis

Analisis ini dilakukan untuk mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi nelayan berinvestasi pada rumpon. Rumpon logit sederhana digunakan dimana variabel independen adalah jenis alat (X_1), tingkat pendidikan (X_2), ukuran perahu (GT) (X_3), jarak antar rumpon (X_4), dan pengalaman nelayan baik bekerja sebagai nelayan (X_5) dan pengalaman dengan alat yang digunakan saat ini (X_6). Variabel dependen adalah biner, baik nilai 1 atau 0, sebagai representasi keputusan berinvestasi pada rumpon (D_{rumpon}). Data variabel dependen diperoleh dari jawaban nelayan pada pertanyaan wawancara tentang jumlah rumpon yang dimiliki. Nilai 1 diberikan untuk yang memiliki rumpon, dan nilai 0 untuk yang tidak memiliki rumpon.

2.6 Hasil dan Pembahasan

Kami melakukan sejumlah regresi menggunakan rumus berikut:

$$D_{FAD_{1,0}} = \text{logit}(X_1, X_2, X_3, X_{4_min}, X_{4_max}, X_5, X_6) \quad (1)$$

$$D_{FAD_{1,0}} = \text{logit}(X_1, X_2, X_3, X_{4_min}, X_5, X_6) \quad (2)$$

$$D_{FAD_{1,0}} = \text{logit}(X_1, X_2, X_3, X_{4_max}, X_5, X_6) \quad (3)$$

Variabel independen pada regresi (1), (2) dan (3) tidak signifikan. Karena itu kami kita menghilangkan variabel yang tidak signifikan tersebut dan menggunakan variabel yang signifikan dalam persamaan tersebut:

$$D_{FAD_{1,0}} = \text{logit}(X_1) \quad (4)$$

$$D_{FAD_{1,0}} = \text{logit}(X_6) \quad (5)$$

Ada 39 pengamatan yang tidak dimasukkan dalam regresi (1), (2) dan (3) karena kurangnya data variabel independen, sehingga total pengamatan pada regresi tersebut adalah 50. Variabel jenis alat dan pengalaman

nelayan menggunakan alat saat ini signifikan dalam regresi (4) dan (5). Namun, kombinasi variabel-variabel tersebut tidak menghasilkan variabel signifikan.

Pada regresi (4), semua pengamatan dimasukkan dalam analisis, sementara pada regresi (5) 14 pengamatan dikeluarkan. Mengingat ada tiga jenis alat dalam analisis regresi (4); kami mengkaji lebih jauh untuk menemukan jenis alat paling signifikan yang mempengaruhi keputusan berinvestasi pada rumpon. Hasil analisa kami menunjukkan alat pancing ulur memiliki pengaruh terbesar pada keputusan berinvestasi pada rumpon (P-nilai < 0,05) (Lampiran 2, bagian 5).

Kami menemukan dua kekurangan dari analisis ini:

1. Kami tidak dapat membedakan investasi berdasarkan jenis rumpon yang dimiliki, karena kecilnya sampel.
2. Analisis kami tidak mempertimbangkan skala perikanan.

3. Penilaian Rumpon

Pada bagian ini, kami fokus pada proses nelayan dalam memanfaatkan rumpon, khususnya bagaimana nelayan memutuskan di mana menggunakan rumpon di laut guna melihat variasi spasial keberhasilan tangkapan (Hilborn, 1985). Analisis kami meliputi distribusi, kepadatan, dan dinamika rumpon yang muncul dengan menggabungkan informasi mengenai nelayan yang beroperasi di dua wilayah penggunaan utama di Sulawesi Utara, Maluku, dan Laut Sulawesi. Informasi tentang rumpon dikumpulkan dari *logbook* (catatan) nelayan selama periode September 2013 - Februari 2016, survei transek, dan wawancara (Tabel 1). Data jenis rumpon yang digunakan di Laut Maluku dan Laut Sulawesi dikumpulkan melalui wawancara, dan jenis rumpon berikut dibedakan:

1. Rumpon Bungalo
2. Rumpon Ponton
3. Rumpon Gabus Persegi/Bambu

Rumpon Bungalo terbuat dari bambu, kayu dan gelagah dan terdiri dari bangunan berukuran sekitar 3 m² dengan sebuah pondok kecil di atasnya; platform ini berjangkar ke dasar laut (gambar 2B). Seorang penjaga rumpon tinggal di pondok kecil tersebut selama kira-kira tiga atau enam bulan, baru kemudian diganti oleh penjaga lain. Penjaga rumpon memeriksa di bawah bungalo setiap hari untuk melihat jika tuna telah terkumpul. Ketika penjaga menentukan kawanan tuna sudah cukup banyak untuk ditangkap, ia menghubungi pemilik rumpon di daratan melalui radio satelit dan kapal penangkap akan menuju ke bungalo. Rumpon Ponton adalah pelampung sepanjang 4 meter terbuat dari besi atau baja, yang diberi lapisan cat untuk mencegah berkarat. Gambar 2A menyajikan gambar nelayan yang melakukan pekerjaan pemeliharaan pada sebuah rumpon ponton. Rumpon gabus atau bambu (gambar 2B) adalah jenis rumpon paling sederhana, biasanya terbuat dari gabus, kayu, dan bambu.

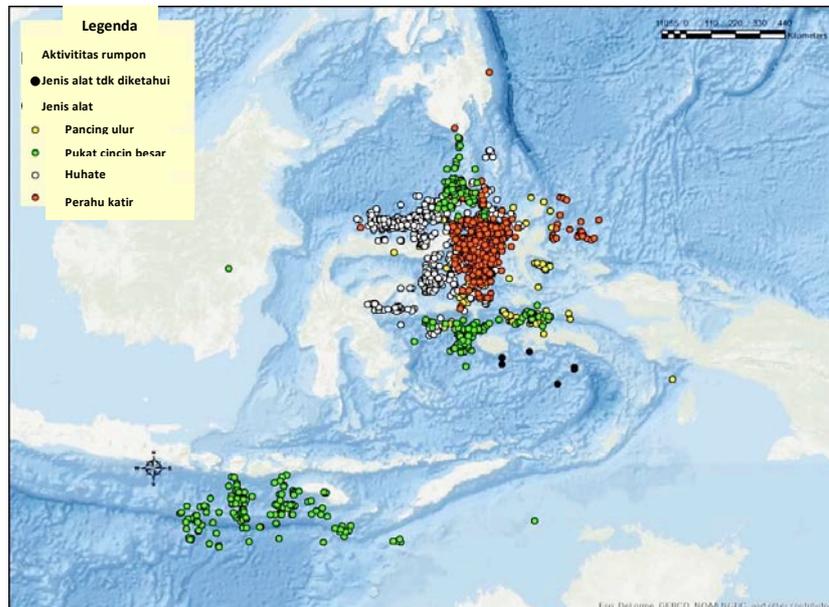


Gambar 2. Rumpon Ponton (A) and Gabus (B)



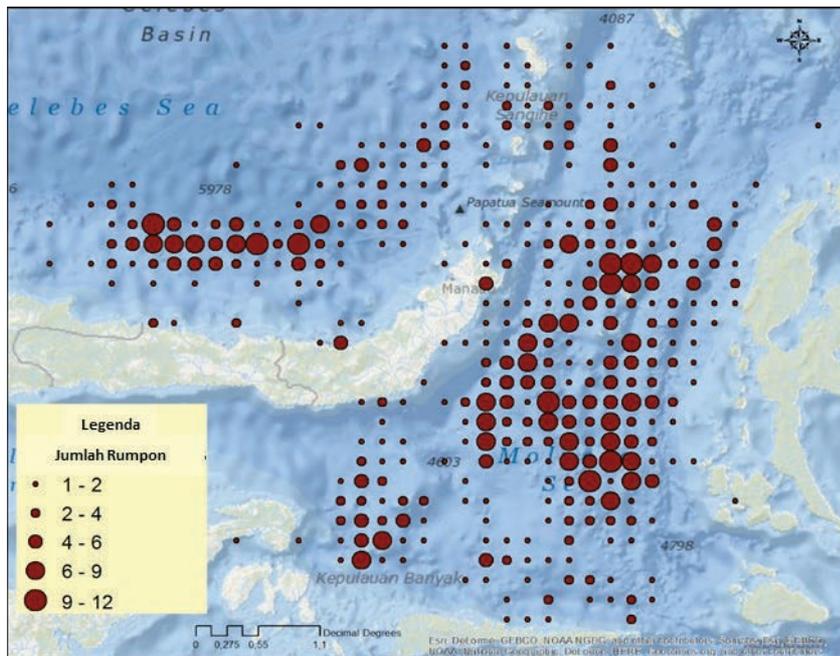
Gambar 3. Contoh data *logbook* (catatan) tentang lokasi rumpon yang dibuat nelayan pada logbook dan alat GPS di perahu

Secara total, kami mengumpulkan 2062 posisi rumpon dari catatan nelayan dan 8347 posisi rumpon dari catatan pelabuhan sampel. Kedua perangkat data diseleksi untuk mengeluarkan pengamatan dengan kriteria berikut: terletak di luar daerah studi, terletak di tanah, terletak di lajur pelayaran, dan rumpon yang terletak di daerah dengan kedalaman kurang dari 500 meter (juga dikenal sebagai rumpon komunal). Setelah menyeleksi data, kami memperoleh 1502 posisi rumpon dari catatan nelayan dan 1339 posisi rumpon dari catatan pelabuhan sampel.



Gambar 4. Posisi rumpon yang diperoleh dari catatan nelayan

Catatan: Peta ini disusun dari kumpulan data yang belum diseleksi, dan tiap rumpon bisa memiliki beberapa posisi karena gerakan di laut lepas dan rekaman rumpon yang oleh sama oleh nelayan berbeda.

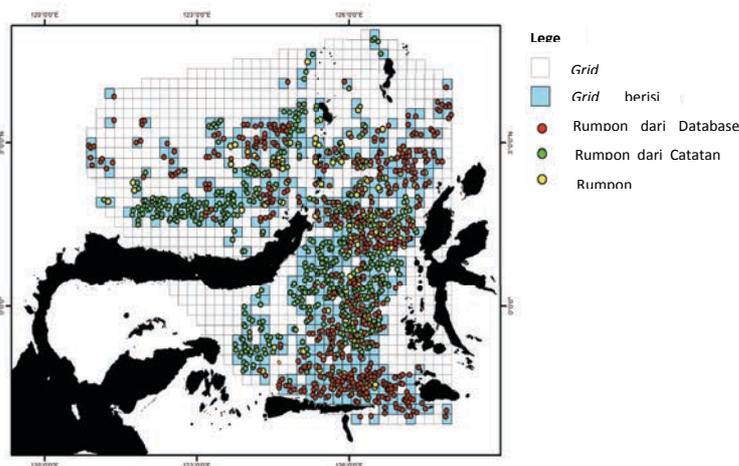


Gambar 5. Kepadatan posisi rumpon dari catatan nelayan

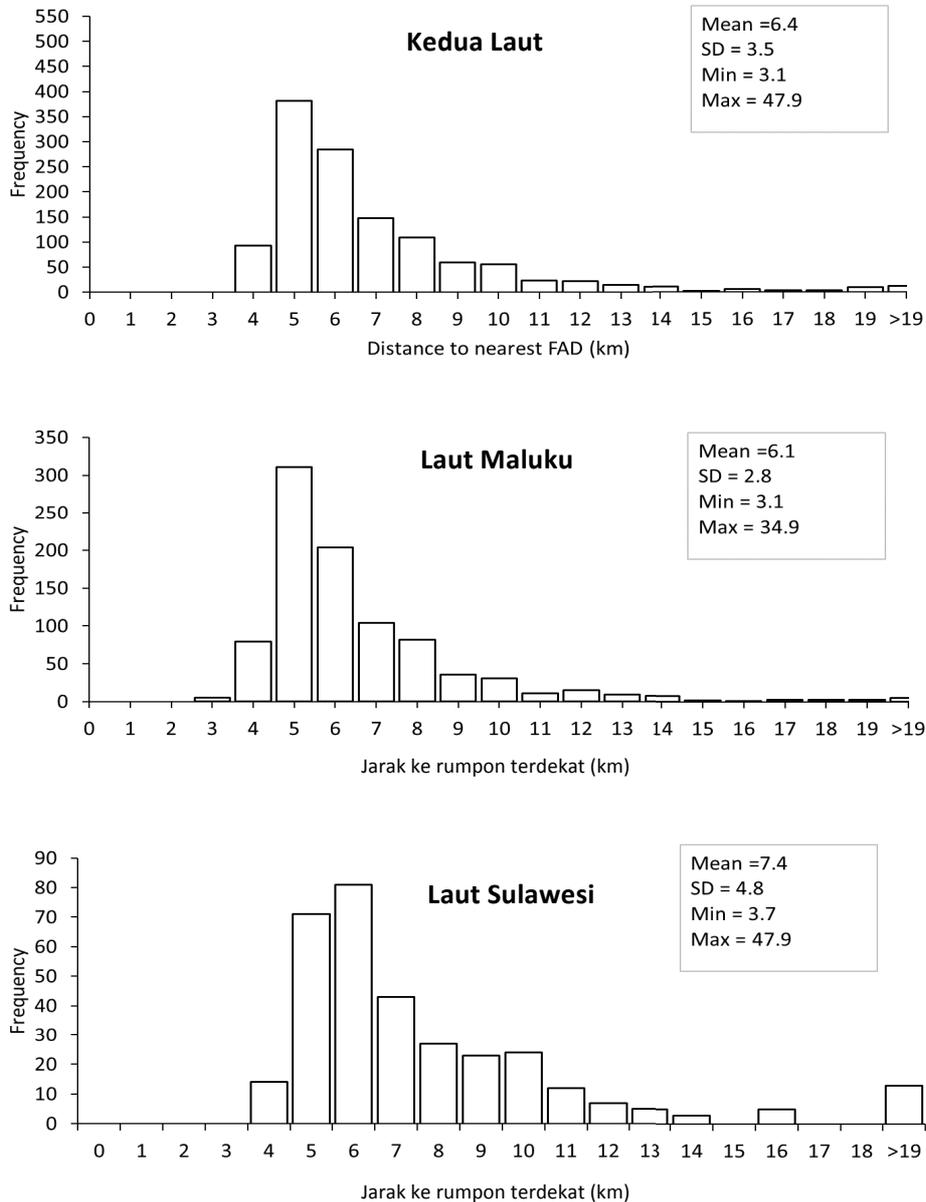
3.1 Analisis

Pengulangan empat kali analisa jarak minimum dari data catatan nelayan menghasilkan 962 posisi rumpon yang terpisah > 3,1 km: 673 rumpon di Laut Maluku dan 289 rumpon di Laut Sulawesi. Rata-rata geometris jarak minimal rumpon pada kumpulan data ini adalah 7 km. Pengulangan tiga kali analisa pada database otoritas pelabuhan menghasilkan 906 rumpon: 718 rumpon terletak di Laut Maluku dan 188 di Laut Sulawesi. Rata-rata geometris jarak minimal rumpon pada kumpulan data ini adalah 8 km.

Menggabungkan kumpulan data catatan nelayan dan pelabuhan serta menghapus duplikat posisi rumpon menghasilkan total 1.242 posisi rumpon: 914 di Laut Maluku dan 328 di Laut Sulawesi. Kumpulan data gabungan menghasilkan 541 rumpon dari catatan nelayan, 512 rumpon dari catatan database pelabuhan dan 189 posisi rumpon (15%) pada kedua dataset (Gambar 6). Rata-rata geometris jarak minimal satu rumpon pada dataset gabungan adalah $6.4 \pm 3,5$ km ($N = 1242$). Jarak minimum di Laut Sulawesi lebih tinggi ($7.4 \pm 4,78$ km, $N = 328$) dibanding Laut Maluku ($6.1 \pm 2,82$ km, $N = 914$) (Gambar 7). Hasil ini berada mendekati jarak minimal rumpon dari survei transek garis.



Gambar 6. Posisi rumpon dari data gabungan catatan nelayan dan otoritas pelabuhan yang menunjukkan tumpang tindih kedua kumpulan data



Gambar 7. Frekuensi jarak satu rumpon ke rumpon terdekat pada kumpulan data gabungan akhir

Berdasarkan 512 rumpon yang berasal dari database otoritas pelabuhan dan tumpang tindih dari 189 posisi rumpon (15%) antara database nelayan dan otoritas pelabuhan (Gambar 6), menarik untuk menganalisa lebih lanjut kepemilikan rumpon tersebut. Database otoritas pelabuhan mencakup informasi mengenai kapal seperti tonase kotor (GT), alat tangkap, panjang kapal, jumlah ABK, dan pada operasi penangkapan seperti tanggal keberangkatan dan kepulangan, posisi tangkapan, estimasi jumlah tangkapan, dan komposisi tangkapan menurut spesies. Analisis lebih lanjut terkait kepemilikan rumpon dalam hubungannya dengan produktivitas akan disajikan di bawah ini.

4. Pengaturan pengendalian penangkapan Alternatif untuk Perikanan Tuna Multi-armada dan Multi-spesies dengan Kondisi Minim Data di Indonesia Timur

Pada bagian ini kami membahas kinerja aturan *harvest control rules/HCR* (pengendalian panen alternatif) untuk perikanan tuna di Indonesia Timur di bawah kerangka *management strategy evaluation/MSE* (evaluasi strategi pengelolaan), yang didefinisikan sebagai perpaduan metode pengumpulan dan analisis data yang telah ditentukan terlebih dulu, dan aturan keputusan yang diuji lewat simulasi yang menghitung rekomendasi pengelolaan ilmiah untuk perikanan ini (Butterworth et al., 1997). Jenis prosedur pengelolaan ini berguna untuk pengelola perikanan dalam memenuhi tujuan pengelolaan mereka, dan khususnya pada kondisi minim data di mana penilaian standar stok tidak memungkinkan. Simulasi pengujian aturan keputusan yang diusulkan dapat

dilakukan sebagai penegasan bahwa tujuan perikanan bisa dicapai. Dengan menggunakan MSE untuk memutuskan prosedur pengelolaan terbaik, pengelola perikanan bisa memprediksi dengan lebih baik hasil pada periode tertentu.

Permintaan pemangku kepentingan terhadap pengaturan pengendalian penangkapan pada perikanan tuna Indonesia saat ini sangat tinggi. Seperti di negara-negara berkembang lainnya, pengaturan pengendalian penangkapan harus mempertimbangkan kondisi perikanan, termasuk:

- Perikanan Minim-data,
- Perikanan Multi-spesies, dan
- Perikanan Multi- skala.

Tujuan pengelolaan sering bertentangan, sehingga sangat penting bagi para pembuat kebijakan untuk mempertimbangkan *trade-off* (keuntungan dan kerugian) antara tujuan tersebut. Dalam studi ini, kami meneliti kinerja pengaturan pengendalian penangkapan alternatif dari perspektif ekologi, ekonomi, dan sosial. Kami melakukan simulasi sejumlah skenario pengaturan pengendalian penangkapan untuk cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan madidihang (*Thunnus albacares*) di wilayah timur Indonesia untuk menunjukkan potensi konflik di antara tujuan yang ada.

4.1 Model

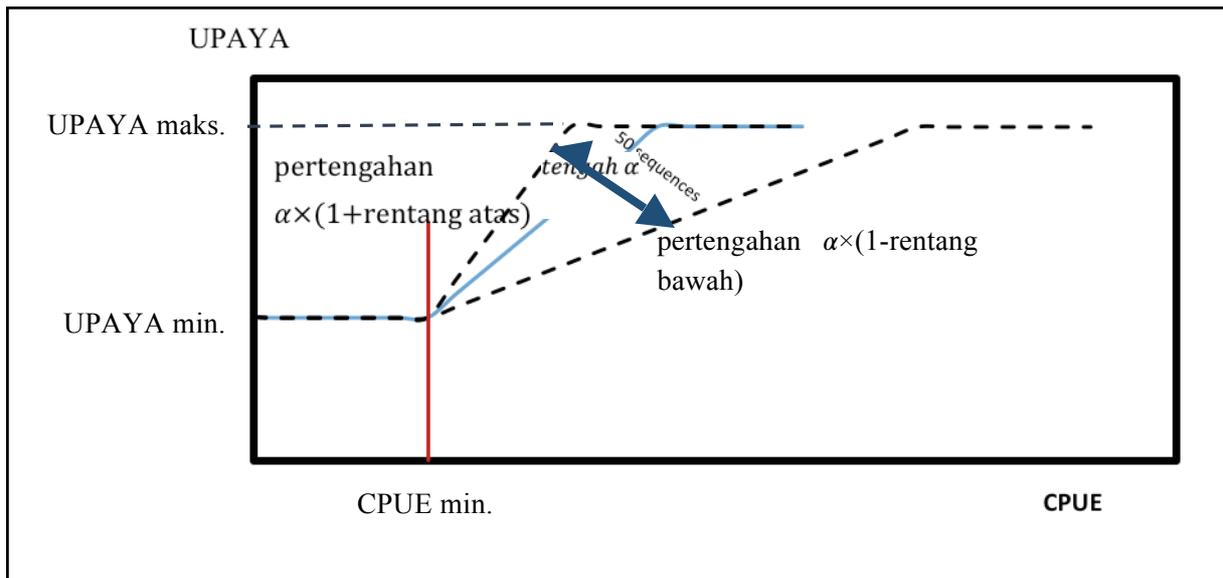
Bagian pertama analisa mengembangkan model stokastik bio-ekonomi untuk strategi pengelolaan. Kami menyediakan informasi tentang model operasi yang kami digunakan dalam simulasi pada Lampiran laporan ini.

Titik acuan yang digunakan dalam HCR adalah *catch per unit effort/CPUE* (hasil tangkapan per unit upaya), upaya maksimum dan upaya minimum. Kami memperoleh hubungan antara upaya dan CPUE dari simulasi operasi model selama lebih 100 tahun dan 1000 tarikan. Kami berasumsi bahwa dalam 100 tahun perikanan mencapai kondisi mapan. Pertama, kami menentukan CPUE maksimum di tingkat upaya terendah (1 kapal). Setelah itu, kami menentukan tingkat batas CPUE menjadi 40% dari maksimum CPUE. Kami memperkirakan titik acuan usaha maksimum dalam HCR dengan menggunakan metode interpolasi pada hubungan antara batas CPUE dan upaya terkait. Kami menetapkan upaya minimum 1000 kapal sebagai kebijakan sosial perikanan.

Dalam perikanan minim-data, penerapan non-model berbasis MSE umum dilakukan. Kami menggunakan CPUE sebagai variabel representatif untuk biomassa di poros x, dan upaya sebagai kontrol aturan perikanan di poros-y. Pada perubahan HCR, kami memperkirakan penurunan (pertengahan α) yang menghubungkan titik batas CPUE dan upaya minimum untuk titik CPUE maksimum dan upaya maksimum. Dari hasil ini, kami mengambil lima puluh urutan dari penurunan pada kisaran tersebut:

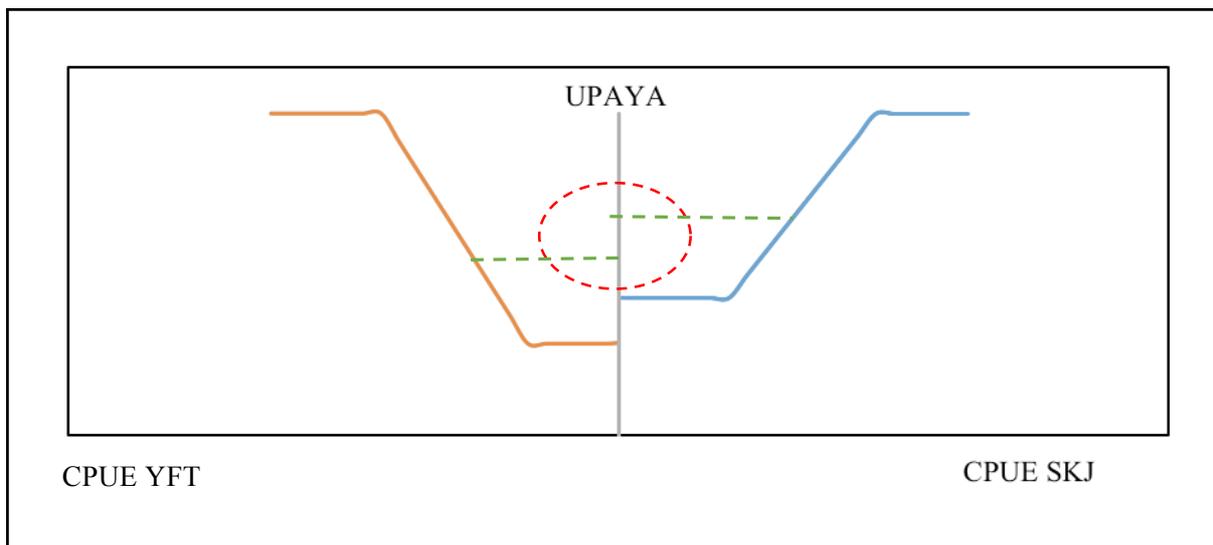
$$\alpha = \begin{cases} \text{pertengahan } \alpha \times (1 - \text{rentang atas}) \\ \text{pertengahan } \alpha \times (1 - \text{rentang bawah}) \end{cases}$$

Di mana rentang bawah adalah 0,5 dan rentang atas adalah 100.



Gambar 8. Perubahan pengaturan pengendalian penangkapan

Kami menggunakan tiga skala pada model ini: 1) Perikanan skala kecil (SSF), kapal $\leq 10\text{GT}$, 2) Perikanan skala menengah (MSF), kapal antara $> 10\text{GT} - < 100\text{GT}$; dan 3) perikanan skala besar (LSF), kapal $> 100\text{GT}$. Kami memasukkan karakteristik multi-spesies di HCR dengan menggunakan tingkat upaya terendah yang direkomendasikan untuk upaya tahun depan (Gambar 9). Karena itu, kami menerapkan pendekatan konservatif terhadap aturan tersebut.



Gambar 9. Keputusan tentang upaya yang direkomendasikan untuk multi-spesies

4.2 Pengaturan pengendalian penangkapan (HCR)

Kita mengelompokkan tiga alternatif HCR dalam studi ini: 1) upaya konstan, 2) upaya sebagai fungsi dari CPUE, dan 3) upaya sebagai fungsi dari CPUE dengan tambahan upaya minimal sebanyak kapal perikanan skala kecil (SSF) (Tabel 13).

Tabel 13. HCR Alternatif

HCR alternatif	Nama HCR Alternatif
HCR1. Upaya konstan	
- Upaya konstan dengan jumlah kapal yang sama seperti tahun sebelumnya	HCR1A
- Upaya meningkat 50% di tahun pertama tahun proyeksi. Setelah itu upaya konstan.	HCR1B
- Upaya meningkat perlahan sekitar 1% setiap tahun	HCR1C
HCR2. Upaya sebagai fungsi dari CPUE	
- CPUE terendah digunakan untuk memperbarui upaya tahun berikutnya. Upaya bisa segera turun atau meningkat tanpa batasan.	HCR2A
- CPUE terendah digunakan untuk memperbarui upaya tahun berikutnya. Ambang batas yang diterapkan untuk meningkatkan dan mengurangi upaya hingga 20% dari tahun sebelumnya.	HCR2B
HCR3. HCR2 dengan upaya minimal pada SSF	
- Mirip dengan HCR2A dengan upaya minimal tambahan yang sama dengan jumlah kapal SSF	HCR3A
- Serupa dengan HCR2B dengan upaya minimal tambahan yang sama dengan jumlah kapal SSF	HCR3B

4.3 Kinerja Pengaturan pengendalian penangkapan

Rente Penangkapan Ikan

Keuntungan perikanan adalah:

$$Profit_t = C_t \times p - FC_l \times f_{t,l}$$

Nilai keuntungan saat ini adalah:

$$PV Profit = \sum_{t=1}^{\max t} \frac{Profit_t}{(1+R)^t}$$

Dimana

PV Profit : Nilai keuntungan saat ini

Profit_t : Keuntungan pada tahun t

R : Nilai diskon (0.05)

C_t : Total tangkapan pada tahun t

p : Harga

FC_l : Biaya penangkapan ikan pada perikanan skala l

f_{t,l} : Total upaya perikanan skala l pada tahun t

Upaya Minimum

Kami menetapkan usaha minimum yaitu 1000 kapal untuk HCR1 dan HCR2, yang kami asumsikan sebagai kebijakan sosial perikanan. Pada HCR3 kami menetapkan usaha minimum sama dengan jumlah kapal SSF.

Proporsi nelayan termiskin

Kami mengasumsikan upah minimum standar di daerah studi adalah Rp 30 juta per tahun. Kami memperkirakan risiko bahwa pendapatan nelayan kurang dari upah minimum (< Rp.30 juta/tahun).

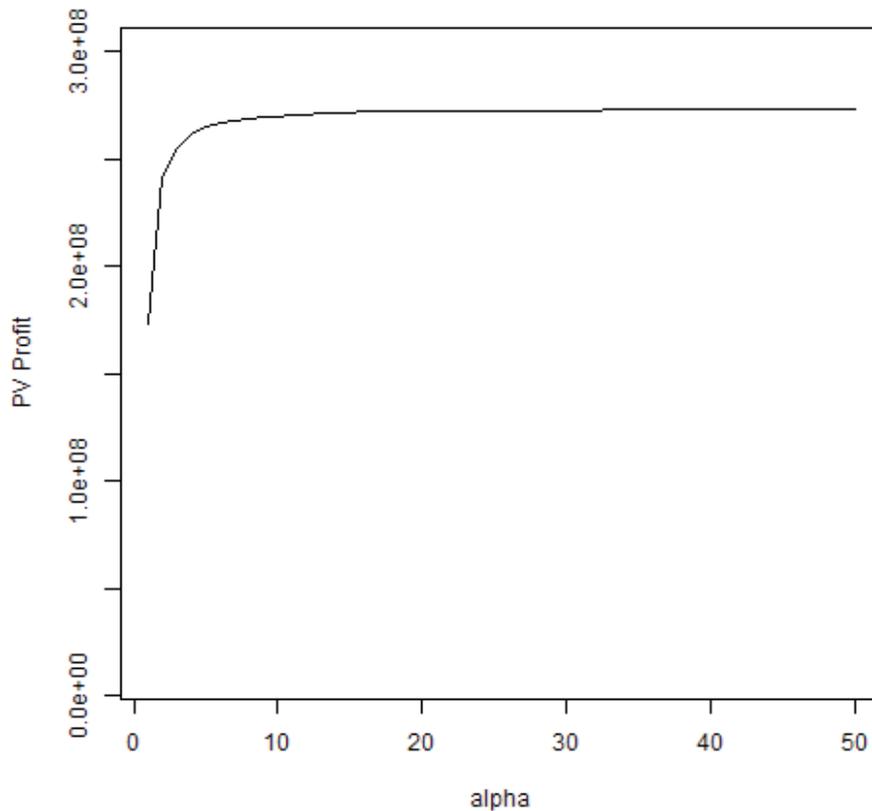
Status stok

Kami memperkirakan risiko bahwa jumlah biomassa pada tahun proyeksi akan kurang dari 40% biomassa yang belum dieksploitasi, atau biomassa tanpa penangkapan ikan, baik cakalang dan tuna sirip kuning.

Kinerja semua HCR dievaluasi untuk proyeksi 50 tahun.

4.4 Hasil dan pembahasan

Kami mensimulasikan upaya konstan untuk HCR1 dan perubahan HCRs untuk HCR2 dan HCR3. Dalam perubahan HCRs, kami menemukan penurunan lebih tinggi dari aturan, yang meningkatkan keuntungan penangkapan ikan (Gambar 10). Guna mengevaluasi HCRs lebih lanjut, kami menggunakan penurunan dari perubahan HCRs dengan keuntungan penangkapan tertinggi untuk HCR2 dan HCR3.



Gambar 10. Hubungan penurunan (alpha) pada perubahan HCRs dan nilai rata-rata keuntungan penangkapan ikan saat ini (dalam juta rupiah)

Tabel 14. Kinerja HCR alternatif pada keuntungan penangkapan ikan

HCRs Alternatif	SSF (dalam 10^{12} rupiah)	MSF (dalam 10^{12} rupiah)	LSF (dalam 10^{12} rupiah)
HCR1A	65	36	81
HCR1B	79	42	97
HCR1C	70	39	88
HCR2A	58-96	33-47	73-116
HCR2B	59-96	33-47	74-116
HCR3A	72-125	28-58	30-60
HCR3B	71-117	28-55	30-67

Evaluasi HCRs terkait keuntungan penangkapan ikan (tabel 14) menunjukkan HCR1B merupakan aturan perikanan paling efisien karena memiliki total keuntungan tertinggi dengan proporsi terbesar pada LSF. Proporsi keuntungan serupa antar skala juga ditampilkan pada HCR1A dan HCR1C. HCR2A dan HCR2B menghasilkan keuntungan lebih rendah dibanding HCR1. Keuntungan penangkapan untuk MSF stabil, sementara keuntungan penangkapan SSF dan LSF menurun. Namun, keuntungan penangkapan LSF masih menduduki proporsi terbesar untuk HCRs tersebut. Sebaliknya, hasil untuk HCR3A dan HCR3B menunjukkan keuntungan terbesar dicapai oleh SSF, yang masuk akal karena kami mengatur upaya minimal sama dengan jumlah kapal SSF dalam

peraturan ini. Kami juga menemukan jumlah kapal MSF dan LSF dan keuntungan terkait menurun di bawah aturan ini.

Tabel 15. Kinerja HCR alternatif pada upaya minimum atau jumlah kapal

HCRs Alternatif	Mencapai upaya minimum (%)
HCR1A	0%
HCR1B	0%
HCR1C	0%
HCR2A	4%
HCR2B	0%
HCR3A	82%
HCR3B	90%

Dalam HCR1A dan HCR1B, upaya minimum tidak tercapai karena kami menerapkan upaya minimum konstan untuk perikanan, sementara pada HCR1C upaya meningkat setiap tahun. Simulasi HCR2A menunjukkan usaha minimal sebesar 4% selama tahun proyeksi. Namun, ketika kami menerapkan ambang 20% dalam HCR2B, simulasi menunjukkan usaha minimum tidak pernah tercapai. Pada HCR3, kami melindungi SSF; sehingga upaya minimal HCR3 sama dengan jumlah kapal SSF. Risiko memiliki upaya minimum lebih tinggi pada HCR3A dan HCR3B karena ini, dan upaya LSF pada HCR3A dan HCR3B mencapai nol.

Tabel 16. Kinerja HCR alternatif pada proporsi Nelayan termiskin

HCRs Alternatif	SSF (%)	MSF (%)	LSF (%)
HCR1A	96	93	0
HCR1B	96	93	0
HCR1C	96	93	0
HCR2A	96	88	0
HCR2B	96	90	0
HCR3A	4	12	Tidak ada
HCR3B	4	13	Tidak ada

Dalam analisis kinerja HCRs alternatif pada proporsi nelayan termiskin (Tabel 16), kami menemukan HCR3A dan HCR3B memiliki terdapat sebagian kecil nelayan termiskin. Sementara, LSF memiliki tidak memiliki pendapatan karena aturan melindungi kapal SSF. Simulasi HCR1 (HCR1A, HCR1B, HCR1C) dan HCR2 (HCR2A dan HCR2B) menunjukkan dampak terbesar HCRs adaah pada SSF karena mereka memiliki proporsi kapal terbesar dalam perikanan ini. Namun simulasi HCR2 menunjukkan proporsi nelayan termiskin pada MSF lebih rendah dari simulasi HCR1. Pada simulasi HCRs ini tidak terdapat nelayan termiskin di LSF.

Tabel 17. Kinerja HCR alternatif pada status stok

HCRs Alternatif	Cakalang (%)	tuna (%)
HCR1A	<2	<2
HCR1B	>90	<2
HCR1C	>40	<2
HCR2A	>80	<2
HCR2B	>90	<2
HCR3A	>90	<2
HCR3B	>90	<2

Simulasi kami pada kinerja HCRs alternatif menunjukkan cakalang menghadapi risiko deplesi biomassa lebih besar dari madidihang. Hasil ini mungkin mengandung sejumlah bias karena kekurangan dalam estimasi parameter kemampuan tangkapan dan kurangnya pencocokan data.

Hasil kami menunjukkan pengaturan pengendalian penangkapan pada upaya konstan membawa hasil positif pada keuntungan penangkapan ikan dan risikonya mencapai upaya minimum. Namun, pengaturan pengendalian penangkapan berpengaruh secara tak proporsional pada nelayan skala kecil dan menengah yang berada pada risiko lebih besar memperoleh penghasilan kurang dari Rp 30 juta per tahun. Nelayan skala besar menghadapi nyaris tanpa risiko memiliki pendapatan rendah tersebut. Temuan ini menggambarkan pendapatan tidak merata di antara berbagai skala penangkapan ikan.

5. Nilai Informasi

Pada bagian ini kami akan membahas nilai informasi tambahan tentang tangkapan yang tidak dilaporkan dalam evaluasi strategi pengelolaan alternatif untuk perikanan tuna di Indonesia Timur. Taksiran hasil tangkapan yang terlalu rendah menimbulkan ketidakpastian dalam pengamatan mortalitas penangkapan, dampak penangkapan terhadap ekosistem, dan mempengaruhi estimasi titik acuan (Caddy dan Mahon 1995; Patterson et al. 2001; Van Beveren et al. 2017). Masalah taksiran tangkapan yang terlalu rendah telah lama ditemukan dalam perikanan Indonesia (Dudley dan Harris 1987; Proctor et al. 2003; Pauly dan Budimartono 2015; Yuniarta et al. 2017), dan disebabkan oleh faktor seperti tangkapan ilegal dan tidak dilaporkan, dan kendala pengumpulan data di daerah terpencil. Taksiran tangkapan rendah bahkan dapat menyebabkan kegagalan rencana pengelolaan (Kurota et al. 2010).

Prosedur pendekatan pengelolaan, juga dikenal sebagai *management strategy evaluation/MSE* (evaluasi strategi pengelolaan) atau *harvest control rule/HCR* (pengaturan pengendalian penangkapan), mengakui peran ketidakpastian tersebut (Punt 2017), dan bahwa informasi tambahan dapat mengurangi ketidakpastian pada kinerja aturan. Hasil dari serangkaian strategi pengelolaan alternatif dapat dievaluasi untuk memenuhi tujuan perikanan, dan membandingkan hasil tersebut dapat melahirkan proses terstruktur untuk memilih strategi pengelolaan perikanan. Pendekatan *Value of Information/Vol* (nilai Informasi) adalah sebuah metode untuk memperkirakan nilai pengetahuan baru (Mantyniemi et al. 2009), yang secara luas digunakan untuk mengatasi tantangan pengambilan keputusan dalam kondisi ketidakpastian.

Vol telah diterapkan dalam sejumlah studi pengelolaan perikanan, seperti: (1) nilai informasi tentang pola harga dengan untung rugi perubahan dalam rencana produksi salmon (Ade dan Guttormsen 2006), (2) evaluasi nilai informasi *stock-recruitment function* (fungsi perekrutan stok) dari ikan Herring Laut Utara (*Clupe harengus*) (Mantyniemi et al. 2009), dan (3) nilai informasi kontrol spesies invasif, penilaian stok perikanan komersial dan rancangan kawasan lindung laut dalam pengelolaan perikanan (Hansen dan Jones 2008). Namun, masih sedikit ada penelitian tentang proses pengambilan keputusan untuk rencana pengelolaan perikanan alternatif. Penelitian kami bertujuan melengkapi literatur yang ada dengan simulasi empiris MSE (dengan data yang sangat minim) dengan menerapkan pendekatan nilai informasi.

Kami fokus pada perikanan tuna skala kecil (SSF), menengah (MSF) dan besar (LSF) di kawasan Timur Indonesia. Ini dinilai sebagai perikanan multi-spesies, dan kami membatasi lingkup penelitian pada dua spesies: cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan madidihang (*hunnus albacares*). Kami akan memperkirakan nilai informasi tambahan tangkapan yang tidak dilaporkan untuk kedua spesies ini pada ketiga skala perikanan.

5.1 Analisis

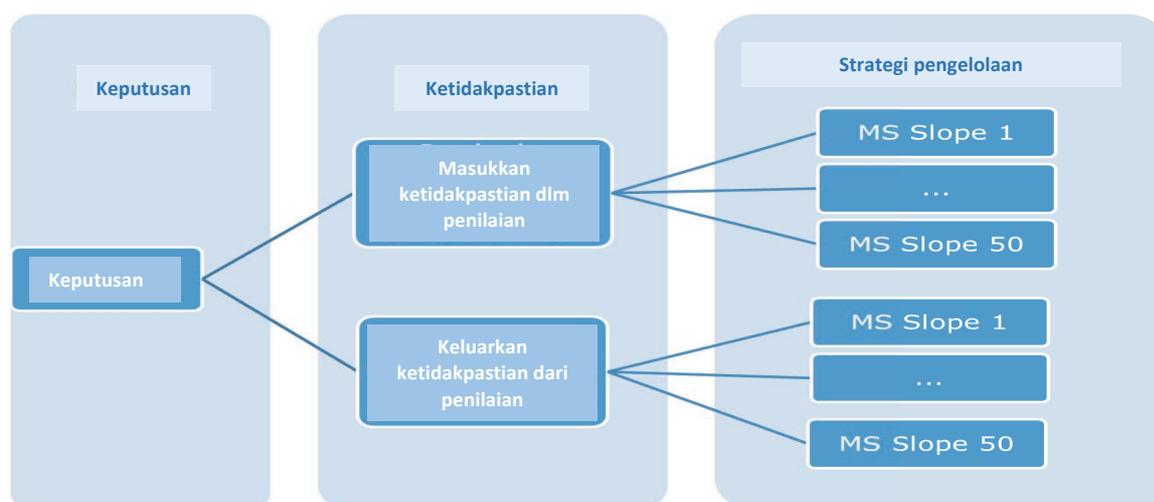
Kami menyimulasikan kombinasi antara dua jenis perubahan pengaturan pengendalian penangkapan (HCRs) dengan kemungkinan informasi yang tersedia (informasi yang tidak sempurna dan sempurna). Pada HCR pertama, kami tidak menetapkan batas upaya dalam aturan; karena itu, upaya dapat bertambah atau berkurang segera tergantung pada CPUE pada tahun sebelumnya. Di HCR kedua, kami menetapkan batas untuk memperbesar atau memperkecil upaya 20% dibanding tahun sebelumnya. Kami menggabungkan kedua HCRs dengan informasi sempurna dan tidak sempurna: informasi yang sempurna terjadi ketika pengelola perikanan mengamati semua tangkapan, dan informasi tidak sempurna terjadi ketika pengelola perikanan mengamati hanya sebagian dari total tangkapan. Dalam tiap kombinasi, kami menghasilkan lima puluh iterasi, yang menghasilkan total 200 simulasi (Tabel 18).

Tabel 18. Kombinasi simulasi

Strategi Pengelolaan 1		Management Strategy 2	
Informasi tak sempurna	Informasi sempurna	Informasi tak sempurna	Informasi sempurna
50 urutan	50 urutan	50 urutan	50 urutan
1A ₁ - 1A ₅₀	1B ₁ - 1B ₅₀	2A ₁ - 2A ₅₀	2B ₁ - 2B ₅₀
Kombinasi 1A	Kombinasi 1B	Kombinasi 2A	Kombinasi 2B

Pengambilan Keputusan

Kami mengembangkan sebuah pohon keputusan sederhana sebagai kerangka untuk memilih strategi pengelolaan ketika mempertimbangkan informasi tambahan tentang tangkapan yang tidak dilaporkan pada perikanan tuna di kawasan Timur Indonesia (Gambar 11). Model simulasi memberi umpan balik pada kinerja strategi pengelolaan alternatif.



Gambar 11. Analisis pohon keputusan untuk mempertimbangkan ketidakpastian tangkapan yang tidak dilaporkan dalam prosedur pengelolaan alternatif

Indikator Kinerja Strategi Pengelolaan

Indikator kinerja strategi pengelolaan digunakan untuk memperkirakan manfaat menggunakan rencana pengelolaan alternatif dan informasi tambahan. Kami menggunakan indikator dari nilai keuntungan saat ini dimana nilai yang diharapkan (E) dari tindakan dihasilkan oleh:

$$E[V(a, s)] = PV \text{ Profit}$$

Ketidakpastian

Di simpul pohon keputusan ini, ada dua kemungkinan: 1) mengabaikan ketidakpastian dalam prosedur pengelolaan dan 2) mempertimbangkan ketidakpastian dalam prosedur pengelolaan. Keputusan 1) adalah keputusan dengan informasi tak sempurna dan keputusan 2) adalah disebut keputusan dengan informasi sempurna. Kami merujuk kemungkinan ketidakpastian pada hasil tangkapan yang tidak dilaporkan dari Yuniarta et al. (2017) dan menggunakan distribusi segitiga tangkapan tak dilaporkan yang memasukkan nilai minimum, normal dan maksimum dari tangkapan yang tidak dilaporkan. Nilai keputusan (EV) di simpul ini diperoleh dari:

$$EV_a = \max E[V(a, s)]$$

Nilai Informasi

Kami membuat perbandingan antara "fishing rent" (rente penangkapan ikan) (total nilai keuntungan saat ini) di HCR dengan informasi sempurna dan di HCR dengan informasi tak. Hasilnya menunjukkan nilai informasi tambahan (Vol) yang dihasilkan dari:

$$Vol = EV_{observe \ unrep} - EV_{no \ observe \ unrep}$$

Kami melanjutkan dengan membandingkan rente penangkapan antara strategi pengelolaan dengan informasi tambahan tangkapan yang tidak dilaporkan dan strategi pengelolaan tanpa informasi tambahan. Hasil dari perbandingan ini menunjukkan nilai informasi tambahan.

5.2 Hasil dan Pembahasan

Kami menemukan nilai yang diharapkan dalam simulasi informasi sempurna memiliki hasil lebih tinggi dibanding simulasi informasi tidak sempurna, baik di HCR 1 dan HCR 2. Karena itu, kami menemukan informasi tambahan memiliki nilai positif. Berdasarkan simulasi kami, kami memperkirakan nilai informasi tambahan tangkapan yang tidak dilaporkan mencapai hampir Rp 14 miliar di bawah HCR 1 dan sekitar Rp 3 milyar di bawah HCR 2.

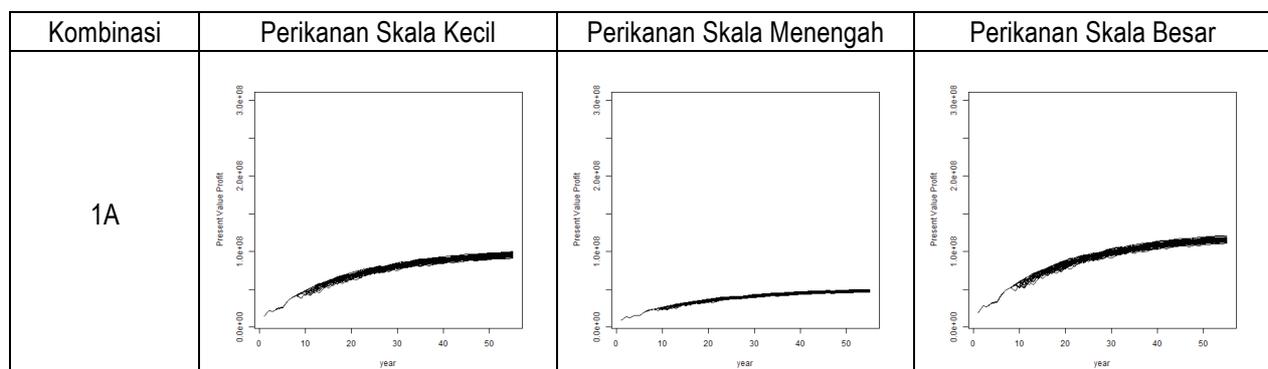
Kontribusi tertinggi rente penangkapan ikan berasal dari LSF, diikuti SSF dan MSF (gambar 12). LSF rendah dalam jumlah kapal, tetapi memiliki kontribusi tertinggi dalam tangkapan. Sedangkan untuk SSF, kontribusi tangkapan berasal dari banyaknya jumlah kapal, yang mencapai lebih 80% dari armada penangkapan tuna.

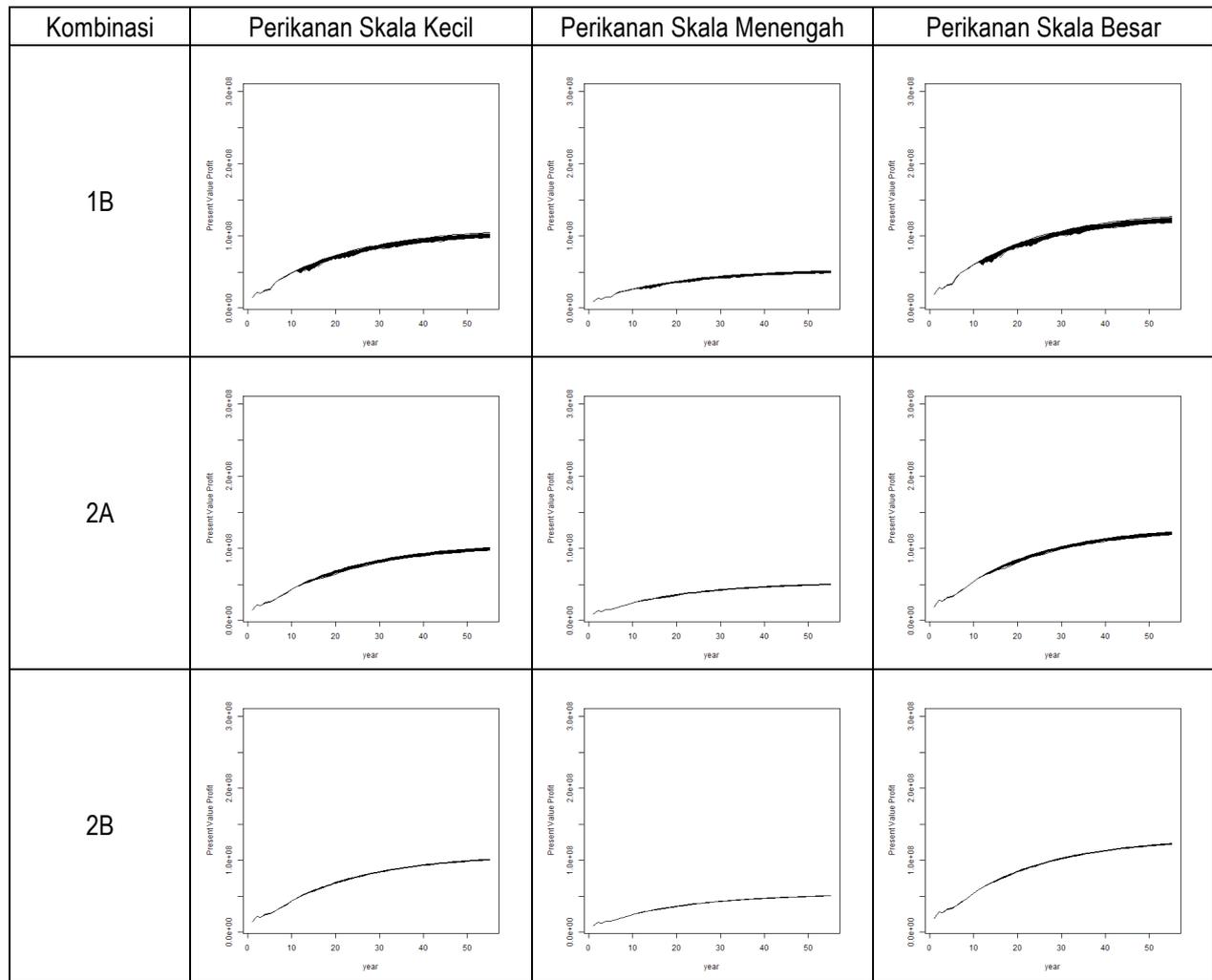
Perbandingan antara kombinasi 1A dan 1B, dan 2A dan 2B menunjukkan konsekuensi dari tindakan pengelolaan ketika pengelola perikanan menggunakan informasi sempurna untuk membuat keputusan tentang pengaturan pengendalian penangkapan. Simulasi dengan sempurna informasi memiliki upaya lebih tinggi dari simulasi dengan informasi tak sempurna, yang berarti lebih banyak pekerjaan untuk nelayan, tetapi juga lebih banyak persaingan sehingga keuntungan per kapal lebih rendah.

Dalam simulasi HCR 1, upaya sangat berfluktuasi, baik pada kombinasi 1A dan 1B menampilkan roda aktivitas penangkapan (Da Rocha et al. 2012), bolak-balik antara meningkatkan upaya ke tingkat maksimum dan membekukan aktivitas perikanan. Pola upaya penangkapan pada simulasi HCR 2 berfluktuasi dengan rentang lebih sedikit (Gambar 13). Karena itu, meski rente penangkapan di HCR 1 lebih tinggi, pola upaya penangkapan ikan di HCR 2 membuat aturan lebih masuk akal untuk benar-benar diterapkan.

Di banyak negara berkembang, perikanan berfungsi sebagai strategi pengurangan kemiskinan untuk menciptakan lapangan kerja pada masyarakat miskin. Distribusi pendapatan per kapal pada model kami menunjukkan pendapatan tertinggi per kapal diraup oleh LSF, dan kemudian diikuti MSF dan SSF (Gambar 14) di semua kombinasi aturan. Kami menemukan bahwa, jika pengelola perikanan mengabaikan tangkapan yang tidak dilaporkan, akan mengurangi proporsi nelayan termiskin (Tabel 19). Ini adalah akibat dari rendahnya kompetisi pada simulasi A, tetapi juga menunjukkan serapan lapangan kerja lebih rendah pada simulasi A dibanding simulasi B.

Hasil kami menunjukkan keputusan dengan informasi sempurna menghasilkan rente penangkapan lebih tinggi dibanding yang tanpa informasi tambahan.

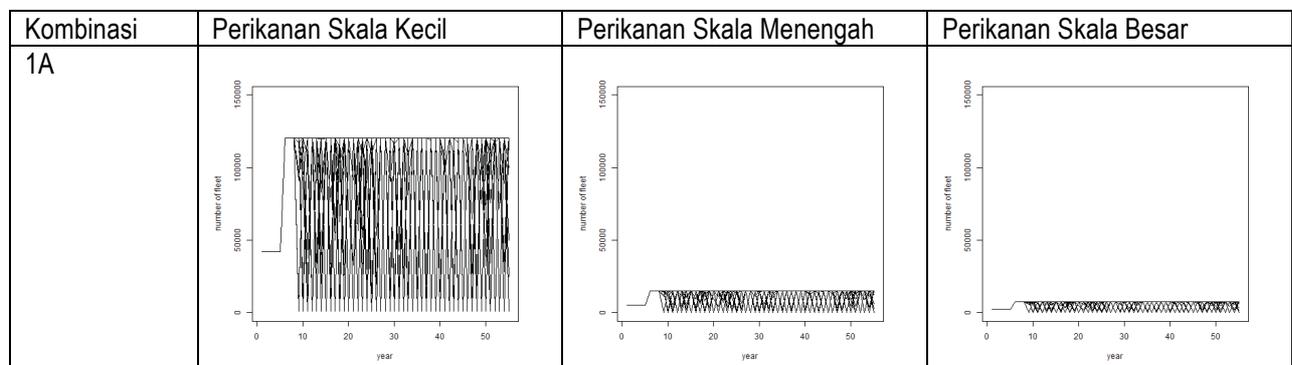


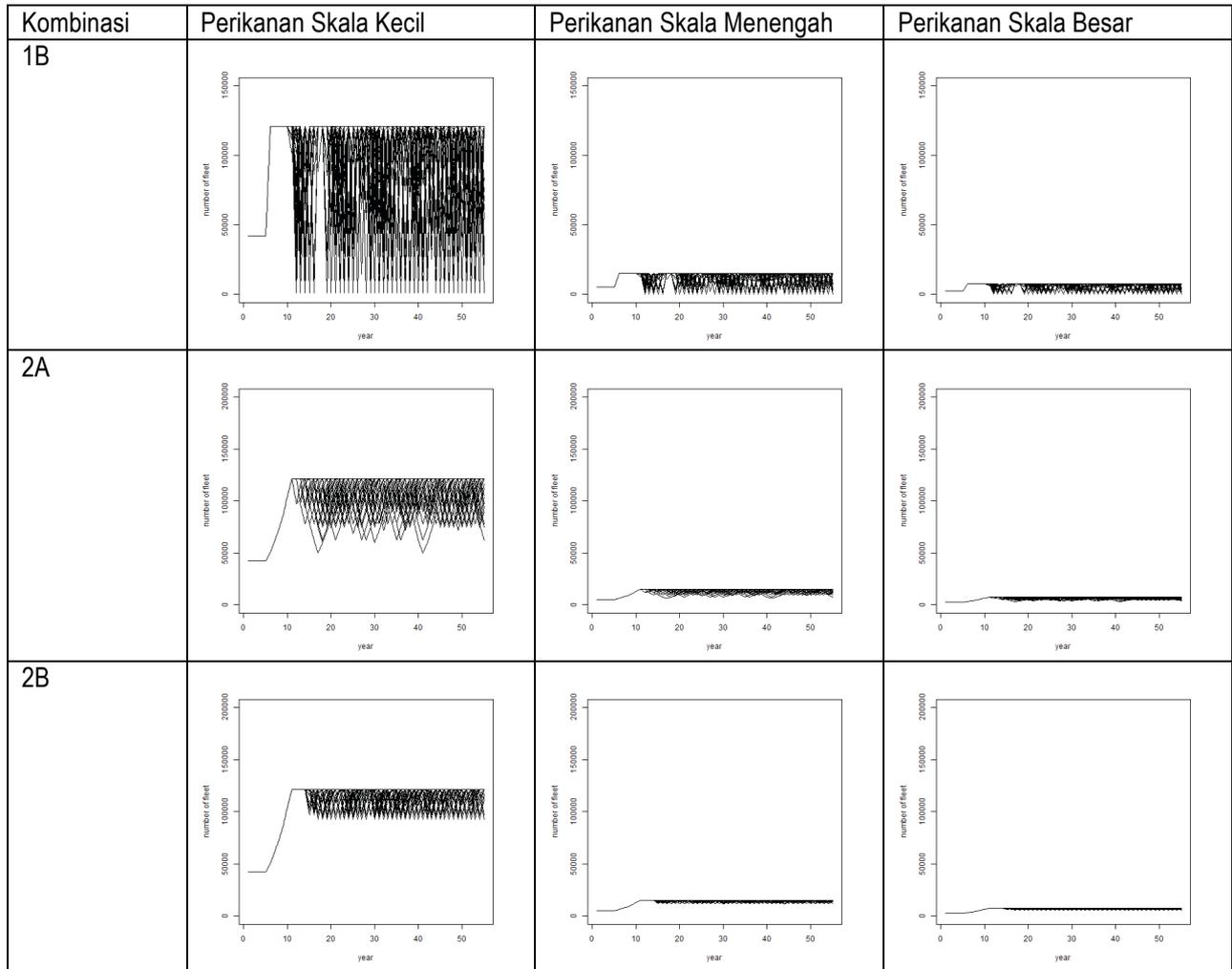


Gambar 12. Rente penangkapan pada tahun proyeksi dari skala pilihan

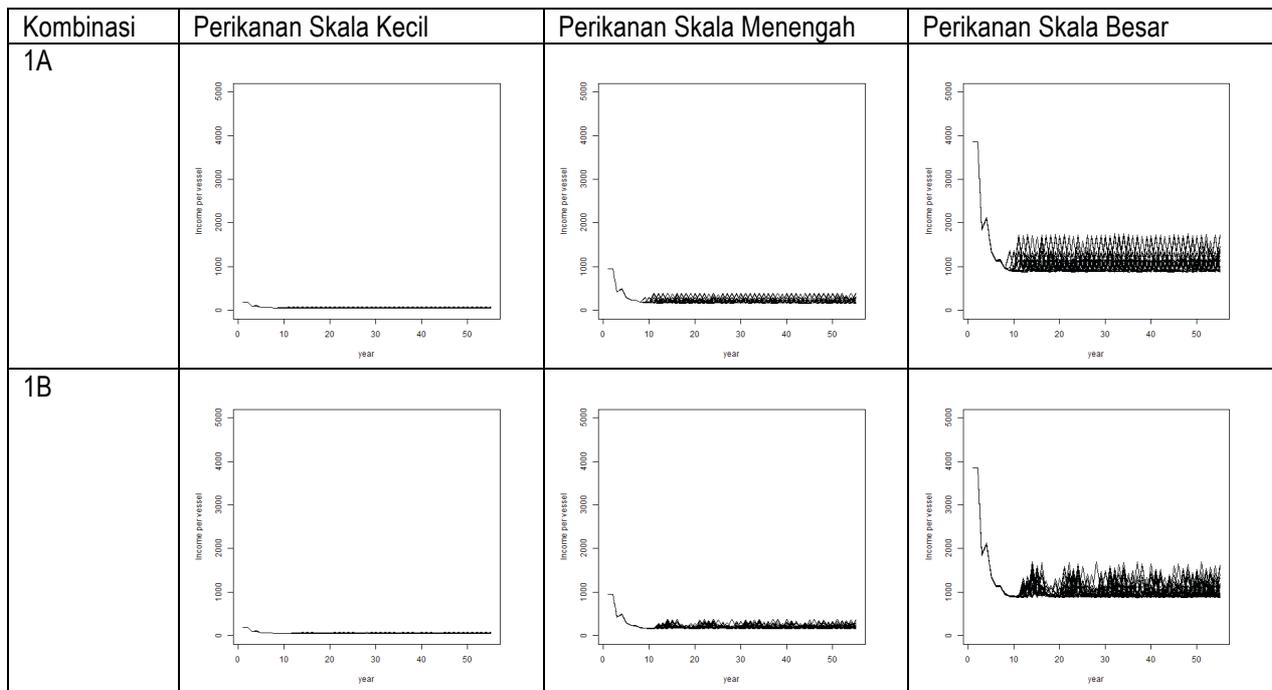
Tabel 19. Persentase nelayan dengan penghasilan kurang dari 30×10^6 rupiah per tahun

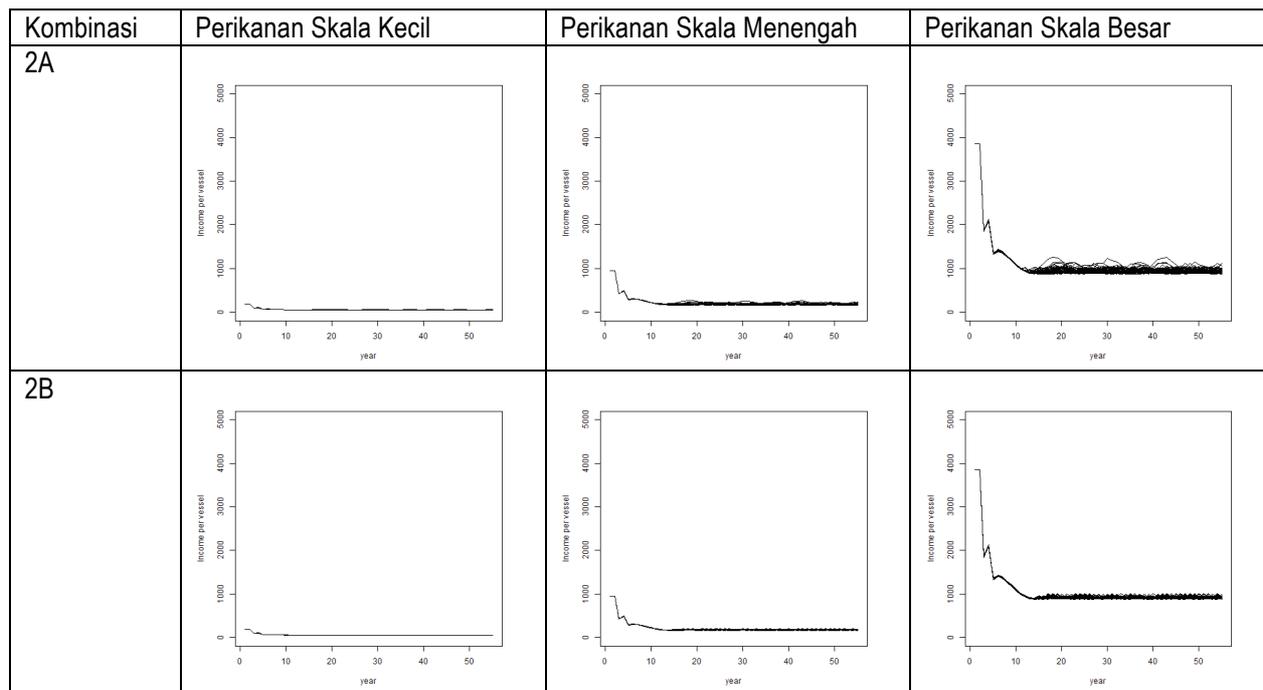
Kombinasi	Perikanan Skala Kecil	Perikanan Skala Menengah	Perikanan Skala Besar
1A	96%	88%	0%
1B	96%	90%	0%
2A	96%	59%	0%
2B	96%	61%	0%





Gambar 13. Upaya pada tahun proyeksi dari skala pilihan





Gambar 14. Penghasilan per kapal dalam tahun proyeksi dari skala pilihan yang memberikan rente penangkapan tertinggi

6. Analisis Fungsi Produksi Perikanan Tuna Berbasis-rumpon

Bagian ini mengidentifikasi variabel kunci produksi tuna pada perikanan pukat cincin. Perikanan tuna Indonesia mengandalkan data perahu yang bersandar, tetapi kami menawarkan pendekatan alternatif dalam memperkirakan produksi menggunakan data catatan di atas perahu, terutama pada perahu yang menggunakan alat pukat cincin.

Otoritas Pelabuhan Indonesia telah menerapkan sistem buku catatan sejak 2011. Namun, karena kekhawatiran tentang keandalan, analisis tidak dilakukan menggunakan database ini. Namun, database ini berisi banyak informasi mengenai variabel operasional seperti jumlah kapal yang beroperasi pada rumpon, jumlah rumpon yang didatangi, jumlah ABK, dan produktivitas rumpon berdasarkan variabilitas tangkapan. Temuan kami akan memberikan pilihan alternatif untuk mengelola perikanan tuna berbasis rumpon dengan memperjelas sejumlah variabel kunci perikanan pukat cincin.

6.1 Analisis

Kami memilih menggunakan data catatan otoritas pelabuhan dari pelabuhan nelayan Bitung di tahun 2013 karena berisi dokumentasi lengkap untuk semua bulan di tahun tersebut, dan memiliki salah ketik yang lebih sedikit. Namun, sejumlah prosedur pembersihan dan penyaringan data tetap diperlukan.

Fungsi produksi perahu kami menggunakan variabel independen dan penjelas termasuk: kapasitas kapal dalam tonase kotor (GT), daya perahu (DK), jumlah ABK, dan lokasi penangkapan ikan. Kami berasumsi semua nelayan pukat cincin memasang jaring mereka untuk menangkap ikan di rumpon. Informasi ini menghasilkan jumlah rumpon yang didatangi:

$$Y_{K_i} = f(X1_{K_i})$$

$$Y_{K_i} = f(X2_{K_i})$$

$$Y_{K_i} = f(X3_{K_i})$$

$$Y_{K_i} = f(X4_{K_i})$$

Dimana:

Y_{K_i} = Total tangkapan per tahun dari perahu i (ton)

$X1_{K_i}$ = Tonase kotor perahu i (GT)

$X2_{K_i}$ = Jumlah kunjungan ke Rumpon per tahun dari perahu i
 $X3_{K_i}$ = Daya perahu i (DK)
 $X4_{K_i}$ = Jumlah ABK i
 i = Perahu

Fungsi produksi rumpon kami menggunakan sejumlah variabel tambahan:

$$Y_{R_j} = f(X1_{R_j})$$

$$Y_{R_j} = f(X2_{R_j})$$

$$Y_{R_j} = f(X3_{R_j})$$

$$Y_{R_j} = f(X4_{R_j})$$

$$Y_{R_j} = f(X5_{R_j})$$

Dimana:

Y_{R_j} = Total tangkapan per tahun di rumpon j (ton)
 $X1_{R_j}$ = Kedalaman rumpon j (m)
 $X2_{R_j}$ = Produksi Jaring Primer (NPP) j (mgCm⁻²d⁻¹)
 $X3_{R_j}$ = Jarak rumpon j ke gunung laut terdekat (km)
 $X4_{R_j}$ = Jarak rumpon j ke pelabuhan terdekat (km)
 $X5_{R_j}$ = Jarak rumpon j ke daratan terdekat (km)
 j = rumpon

Pembersihan Data

Kami membersihkan data dengan menghapus semua posisi rumpon yang berada di luar wilayah studi, terletak di darat, terletak di jalur pelayaran, dan dalamnya kurang dari 500 meter. Total 3361 posisi rumpon berkurang menjadi 2561 rumpon, yang berarti ada 2561 kegiatan penangkapan di rumpon pada tahun 2013. Langkah kedua adalah menyaring jumlah rumpon tersebut berdasarkan nama perahu (perahu yang berhubungan dengan tiap posisi rumpon) dan posisi tiap rumpon. Langkah ini menghasilkan 79 perahu (18-196 GT) dan 877 posisi rumpon (145 rumpon terletak di Laut Sulawesi dan 732 rumpon di Laut Maluku).

Pengujian Model

Model fungsi produksi menggunakan regresi linear, dan kami melakukan uji normalitas, heteroskedastisitas, dan non-multikolinearitas. Normalitas dapat diterima jika plot bentuk baku residual (*studentized residual*) memiliki pola distribusi normal. Heteroskedastisitas akan diterima jika nilai p dari tes $> 0,05$. Pada tes non-multikolinearitas, variabel independen dan penjelas akan diterima jika nilai VIF < 10 . Tes ini hanya berlaku untuk regresi linear dengan penjelasan variabel lebih besar dari 1.

Pemilihan Model

Proses mengidentifikasi variabel yang memiliki efek pada perahu dan rumpon berlangsung bertahap, dimana rumpon terbaik dipilih dengan membandingkan koefisien determinan (R^2) dari tiap model.

6.2 Hasil

Fungsi Produksi Perahu

Tabel 20. Hasil uji, nilai signifikansi determinan, koefisien, dan variable intersep tiap model

Variabel Penjelas Model	Uji normalitas	Uji heteroskedastisitas	Multikolinearitas	R^2	Signifikansi	Koefisien	Intersep
$X1_{K_i}$	Diterima	Diterima	-	0.06	*	1624.0	126399.0
$X2_{K_i}$	Diterima	Diterima	-	0.20	***	4381.0	74524.0
$X3_{K_i}$	Diterima	Diterima	-	0.01	-	229.1	159521.0
$X4_{K_i}$	Diterima	Diterima	-	0	-	1482.0	185183.0
$X1_{K_i}, X2_{K_i}$	Diterima	Diterima	Diterima	0.36	$X1_{K_i}^{***}$ $X2_{K_i}^{***}$	2420.4 5362.7	-94786.2

Di setiap variabel penjelas dan respon, total tangkapan disimulasikan menggunakan regresi linear. Dari keempat model regresi linear, variabel penjelasan paling signifikan adalah jumlah total rumpon yang dikunjungi per tahun ($X2_{K_i}$) dan tonase kotor (GT) ($X1_{K_i}$). Langkah berikutnya adalah menerapkan kedua variabel pada model fungsi produksi perahu. Dengan demikian, ada lima model berbeda yang akan diuji lebih lanjut.

Uji normalitas dan heteroskedastisitas, kelima model diterima. Hanya model terakhir (kelima) yang merupakan asumsi multikolinearitas, juga diterima. Dari kelima model berbeda tersebut, penentu nilai tertinggi ditemukan pada model terakhir (kelima) dengan variabel penjelas adalah GT dan jumlah rumpon yang dikunjungi. Karena itu, model ini menyarankan bahwa kapasitas perahu (GT) dan jumlah kunjungan rumpon atau jumlah perjalanan menentukan total tangkapan dari Nelayan pukat cincin. Model ini menjelaskan 36% dari variasi, dengan 67% dijelaskan oleh variabel-variabel lainnya.

Fungsi Produksi Rumpon

Model regresi variabel penjelas dalam hal ini menunjukkan sisanya tidak terdistribusikan secara normal, sehingga harus diubah ke *log base 10*.

Tabel 21. Hasil uji, nilai signifikansi determinan, koefisien dan variable intersep dari model produksi rumpon

Variabel Penjelas Model	Uji normalitas	Uji heteroskedastisitas	Multikolinearitas	R^2	Signifikansi	Koefisien	Intersep
$X1_{R_j}$	Diterima	Diterima	-	0.00	-	-2.94×10^{-5}	4.20
$X2_{R_j}$	Diterima	Diterima	-	0.00	-	0.00	3.87
$X3_{R_j}$	Diterima	Diterima	-	0.01	**	-0.002	4.18
$X4_{R_j}$	Diterima	Diterima	-	0.01	**	0.0005	4.00
$X5_{R_j}$	Diterima	Diterima	-	0	-	-0.0002	4.13
$X3_{R_j}$, $X4_{R_j}$	Diterima	Diterima	Diterima	0.03	$X3_{R_j}$ *** $X4_{R_j}$ ***	-0.0033 0.0006	4.05

Kelima model produksi rumpon menunjukkan tiap variabel penjelas bisa diterima pada uji normalitas dan heteroskedastisitas. Analisis ini menyarankan variabel paling signifikan pada model produksi rumpon adalah jarak ke gunung bawah laut terdekat, dan jarak ke pelabuhan terdekat. Nilai determinan menunjukkan model ini bisa menjelaskan hanya 3% dari variasi. Alasan utama rendahnya persentase ini adalah data tidak mencakup semua kapal yang menangkap ikan pada rumpon di Laut Sulawesi dan Laut Maluku.

6.3 Diskusi dan Ringkasan

Identifikasi variabel kunci pada total tangkapan memberikan informasi tentang efisiensi tangkapan perikanan tuna pukat cincin di pelabuhan nelayan Bitung. Berfokus pada variabel kunci bisa menjadi salah satu pilihan pengelolaan untuk mengontrol tekanan penangkapan perikanan tuna berbasis rumpon.

Pengelolaan perikanan di Indonesia selama ini fokus pada pengendalian masukan atau jumlah kapal yang menangkap ikan. Manajemen jumlah kapal yang beroperasi di Indonesia saat ini berada di bawah kewenangan Direktorat Perizinan dan Kenelayanan – Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Lembaga ini hanya memiliki kemampuan mengendalikan jumlah kapal di satu daerah. Dengan memahami produktivitas tiap kapal, Direktorat Perizinan dapat memperkirakan kapasitas kapal yang beroperasi di wilayah tersebut. Mengetahui kapal kapasitas, Direktorat Perizinan akan lebih mudah dalam menyesuaikan jumlah kapal. Selama ini, keputusan mengontrol jumlah kapal tidak transparan, tetapi metode kontrol ini memiliki peran penting sebagai *proxy* dari total tangkapan.

Analisis model produksi perahu menunjukkan variabel kunci jumlah rumpon yang dikunjungi memiliki pengaruh signifikan pada total tangkapan per perahu. Karena tidak ada aturan yang membatasi jumlah perjalanan atau kunjungan rumpon, pengelola bisa membatasi durasi izin penangkapan. Dengan demikian, waktu yang dihabiskan setiap kapal menangkap ikan di perairan Indonesia akan terbatas selama kurun waktu tertentu.

Dalam hal model produksi rumpon, tidak ada keraguan bahwa mengendalikan jumlah rumpon bisa menjadi salah satu solusi utama menjaga stok tuna. Model kami menunjukkan jumlah tangkapan terkait dengan jarak rumpon ke gunung bawah laut dan pelabuhan terdekat. Sejumlah nelayan menganggap gunung bawah laut menjadi salah satu faktor lingkungan yang menarik tuna, dan lebih memilih memasang rumpon mereka dekat ke gunung bawah laut tersebut. Memasang rumpon dekat pelabuhan merupakan upaya mengurangi biaya operasional perjalanan (BBM). Mengelola rumpon berdasarkan lokasi bisa memiliki dampak signifikan pada total tangkapan.

Referensi

Butterworth, D.S., Johnston, S.J., Brandão, A. (2010) Pretesting the Likely Efficacy of Suggested Management Approaches to Data-Poor Fisheries. *Marine and Coastal Fisheries* **2**, 131-145.10.1577/c08-038.1

Caddy, J.F., Mahon, R. (1995) Reference Points for Fisheries Management. *FAO Fisheries Technical Paper*, FAO, Rome, p. 83p.

Da-Rocha, J.-M., Gutiérrez, M.-J., Antelo, L.T. (2012) Pulse vs. optimal stationary fishing: The Northern Stock of Hake. *Fisheries Research* **121-122**, 51-62.10.1016/j.fishres.2012.01.009

Dudley, R.G., Harris, K.C. (1987) The fisheries statistics system of Java, Indonesia : operational realities in a developing countries. *Aquaculture and Fisheries Management* **18**, 365-374

Forsberg, O.I., Guttormsen, A.G. (2006) The value of information in salmon farming. Harvesting the right fish at the right time. *Aquaculture Economics and Management* **10**, 183-200

Hampton, J. (2000) Natural mortality rates in tropical tunas: size really does matter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **57**, 1002-1010.DOI 10.1139/cjfas-57-5-1002

Hampton, J., Fournier, D.A. (2001) A spatially disaggregated, length-based, age-structured population model of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *Marine and Freshwater Research* **52**, 937-963.Doi 10.1071/Mf01049

Hansen, G.J.A., Jones, M.L. (2008) The value of information in fishery management. *Fisheries* **33**, 340-348.Doi 10.1577/1548-8446-33.7.340

Kurota, H., Hiramatsu, K., Takahashi, N., Shono, H., Itoh, T., Tsuji, S. (2010) Developing a management procedure robust to uncertainty for southern bluefin tuna: a somewhat frustrating struggle to bridge the gap between ideals and reality. *Population Ecology* **52**, 359-372.10.1007/s10144-010-0201-1

Mantyniemi, S., Kuikka, S., Rahikainen, M., Kell, L.T., Kaitala, V. (2009) The value of information in fisheries management: North Sea herring as an example. *ICES Journal of Marine Science* **66**, 2278-2283.10.1093/icesjms/fsp206

Patterson, K., Cook, R., Darby, C., *et al.* (2001) Estimating uncertainty in fish stock assessment and forecasting. *Fish and Fisheries* **2**, 125-157.10.1046/j.1467-2960.2001.00042.x

Pauly, D., Budimartono, V. (2015) Marine Fisheries Catches of Western, Central and Eastern Indonesia, 1950-2010. Fisheries Centre Working Paper #2015-61.

Proctor, C., Merta, I.G.S., Sondita, M.F.A., *et al.* (2003) A review of Indonesia's Indian Ocean Tuna Fisheries., 106pp.

Punt, A.E. (2017) Strategic management decision-making in a complex world: Quantifying, understanding, and using trade-offs. *ICES Journal of Marine Science* **74**, 499-510.10.1093/icesjms/fsv193

Van Beveren, E., Duplisea, D., Castonguay, M., Doniol-Valcroze, T., Plourde, S., Cadigan, N. (2017) How catch underreporting can bias stock assessment of and advice for northwest Atlantic mackerel and a possible resolution using censored catch. *Fisheries Research* **194**, 146-154.10.1016/j.fishres.2017.05.015

WCPFC (2016) Stock assessment of skipjack tuna in the western and central Pacific Ocean. Scientific Committee Twelfth Regular Session No. WCPFC-SC12-2016/SA-WP-04.

WCPFC (2017) Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. Scientific Committee Thirteenth Regular Session No. WCPFC-SC13-2017/SA-WP-06 REV1 August 4th.

Yuniarta, S., van Zwieten, P.A.M., Groeneveld, R.A., Wisudo, S.H., van Ierland, E.C. (2017) Uncertainty in catch and effort data of small- and medium-scale tuna fisheries in Indonesia: Sources, operational causes and magnitude. *Fisheries Research* **193**, 173-183.10.1016/j.fishres.2017.04.009

Lampiran

Model Operasi

Model ini menggunakan struktur usia untuk menyimulasikan populasi dan dinamika perikanan. Persamaan matematika dari model ini adalah:

$$N_{a,t+1} = (im + em)N0_a \quad (1)$$

$$N_{1,t} = (im + em)R_t \quad (2)$$

$$N_{a=2,t}^{max a} = (im + em)N_{a-1,t-1} \quad (3)$$

Kami menggunakan hubungan rekrutmen stok Beverton-Holt:

$$R_t = \frac{SSB_t}{\alpha + \beta SSB_t} \sigma_R \quad (4)$$

Biomassa Stok Pemijah adalah biomassa total dari usia kematangan pertama a_{lm} hingga usia maksimum pada tahun yang sama. Kami membagi dua distribusi perekrutan setiap tahun: pra-panen (SSB1) dan pasca panen (SSB2).

$$SSB1_t = (\%adult \times B_{a \text{ at } LM,t}) + \sum_{a \text{ at } LM+1}^{maxAge} B_{a \text{ at } LM+1,t} \quad (5)$$

$$SSB2_t = (\%adult \times B_{surv a \text{ at } LM,t}) + \sum_{a \text{ at } LM+1}^{maxAge} B_{surv a \text{ at } LM+1,t} \quad (6)$$

Model ini memperkirakan distribusi perekrutan pada pra-panen sekitar 0,4SSB1 dan pasca panen sekitar 0,6SSB2.

$$SSB_t = 0.4 \times SSB1_t + 0.6 \times SSB2_t \quad (7)$$

Dimana:

em adalah emigrasi ikan ke wilayah lain dari wilayah 4 (Cakalang) atau wilayah 7 (Tuna sirip kiring)

im adalah imigrasi ikan ke wilayah 4 (Cakalang) atau wilayah 7 (Tuna sirip kuning)

N adalah jumlah ikan,

M adalah mortalitas alami,

F adalah mortalitas penangkapan,

SSB adalah biomassa stok pemijah,

R adalah rekrutmen,

t adalah tahun

a adalah usia

α dan β adalah parameter rekrutmen biomassa pemijah,

σ_R adalah deviasi standar catatan dari gangguan rekrutmen yang terdistribusi normal.

In the array of N, we combine length of period, age-structure, and number of draw (1000). N from age 1 to maximum age in year 1 is generated from the proportion of biomass in each region of the species.

Pada susunan N, kami menggabungkan panjang periode, struktur-usia, dan jumlah tarikan (1000). N dari usia 1 sampai usia maksimum di tahun 1 dihasilkan dari proporsi biomassa di daerah tiap spesies.

For fishing activity, we use Baranov catch function:

Untuk kegiatan penangkapan, kami menggunakan fungsi tangkapan Baranov:

$$C_{t,a} = N_{t,a} A \left(\frac{F}{Z} \right) \quad (8)$$

Dimana $C_{t,a}$ adalah tangkapan pada waktu t umur a , N adalah kelimpahan, A adalah kematian tahunan yang sama dengan $(1 - e^{-Z_t})$, F adalah mortalitas penangkapan dan Z adalah total mortalitas dari mortalitas penangkapan (F) dan mortalitas alami (M).

$$B_{t,a} = (N_{t,a} - C_{t,a}) \times w_a \quad (9)$$

Kami menggunakan rata-rata berat ikan per umur dalam model ini. Untuk memperoleh berat biomass kami kita mengalikan berat rata-rata per umur dengan jumlah ikan di tiap usia tertentu.

Tabel 1. Sumber parameter perkiraan Cakalang atau SKJ (*Katsuwonus pelamis*) and Tuna sirip kuning atau YFT (*Thunnus albacares*)

Parameter	Sumber
Usia	WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
Berat per usia	Diperkirakan dari WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
Mortalitas alami (M)	Diperkirakan dari Hampton dan Fournier (2001), Hampton (2000)
<i>Catchability</i> (kemampuan penangkapan) (q)	Diperkirakan konstan
Selectivitas (s)	Diperkirakan dari Hampton dan Fournier (2001), Hampton (2000), WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
α dan β dari parameter rekrutmen biomassa pemijah for Wilayah 4 untuk SKJ dan Wilayah 7 untuk YFT	Diperkirakan dari WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
Proporsi SSB untuk Wilayah 4 SKJ dan Wilayah 7 YFT	Diperkirakan dari WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
Imigrasi dan Emigrasi	Diperkirakan dari WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
N_0	Diperkirakan dari WCPFC (2016); (WCPFC 2017)
Upaya Rata-rata	Diperkirakan
Tangkapan yang tidak dilaporkan minimum, normal dan maksimum	Yuniarta et al. (2017)

CSF mendukung tercapainya hubungan alam dan manusia yang harmonis melalui strategi yang didukung oleh ekonomi lingkungan. Berbagai pelatihan dan analisis CSF membawa kontribusi yang positif dalam bentuk pembangunan yang lebih terstruktur, diperhitungkannya jasa lingkungan, serta terwujudnya insentif untuk konservasi.

Foto Sampul: Widhya Nugroho Satrioajie
Desain & Tata Letak: Niki Gribi

1636 R St. NW, Suite 3
Washington, DC 20009, USA
+1 202-853-3575
info@conservation-strategy.org

1160 G Street, Suite A-1
Arcata, CA 95521, USA
+1 707-822-5505
info@conservation-strategy.org

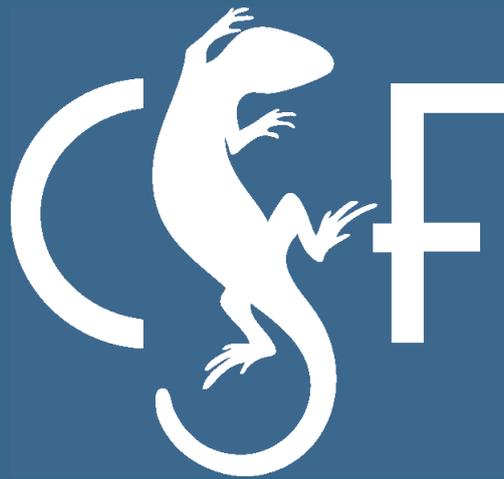
Conservação Estratégica
ASCN Quadra 2, Bloco D
Liberty Mall, Tower A, Room 405
Brasilia, Brasil
csfbrasil@conservation-strategy.org

Calle Pablo Sánchez No. 6981 (entre Calles 1 y 2)
Irpavi. Casilla: 3-12297
La Paz, Bolivia
+591 2 272-1925
andes@conservation-strategy.org

Calle Larco Herrera No. 215
Miraflores, Lima, Peru
+51 1 602-0775
andes@conservation-strategy.org

Graha Simatupang, Tower 2, Unit C, Lt. 4
Jl. TB. Simatupang, Kav. 38
Pasarminggu, Jakarta Selatan 12540, Indonesia
+62 21 7884-8909
indonesia@conservation-strategy.org

www.conservation-strategy.org



NUMBERSFORNATURE®