

25%

50%

65%



INDONESIA CLIMATE CHANGE TRUST FUND

MODEL BIOEKONOMI PERIKANAN PUKAT UDANG DI LAUT ARAFURA

LAPORAN AKHIR | FEBRUARI 2021



Sri Yanti JS

Dr. Ir. Sri Yanti JS, MPM
Direktur Kelautan dan Perikanan
Kementerian PPN/Bappenas

KATA PENGANTAR

Pengelolaan Perikanan pada dasarnya merupakan suatu upaya yang menyeimbangkan antara pemanfaatan sumberdaya ikan di suatu perairan dengan memperhatikan kemampuan dari daya dukung perairan tersebut. Keseimbangan diperlukan agar sumber daya ikan di suatu perairan dapat berkembang biak pada batas biologi yang disarankan sehingga hasil pemanfaatannya dapat dirasakan dalam jangka panjang. Pengelolaan yang demikian pada hakekatnya merupakan prinsip dari pengelolaan berkelanjutan dengan tujuan memberikan manfaat kepada seluruh masyarakat pengguna dimulai dari nelayan dan pelaku usaha penangkapan, pelaku usaha di tingkat rantai niaga, pengolahan, penyalur hasil olahan sampai kepada pelaku pemasaran baik industri maupun UMKM dan tentu di tingkat konsumen.

Demikian juga dengan komoditi udang hasil penangkapan di laut. Sebagaimana Laut Aru dan Arafura yang termasuk ke dalam WPP 718 sangat dikenal dengan kelimpahan udang. Diperkirakan hampir 45 persen produksi udang nasional dari penangkapan di laut dihasilkan dari penangkapan udang di Laut Arafura yang pada umumnya menggunakan alat tangkap Pukat Udang. Polemik penggunaan alat tangkap Pukat Udang sejak lama telah terjadi. Melalui Keppres No.85 tahun 1982 yang membolehkan penggunaan alat tangkap Pukat Udang di Laut Aru dan Arafura tanpa membahayakan kelestarian sumber daya perikanan dasar serta tanpa menimbulkan gangguan terhadap nelayan tradisional. Peraturan yang tepat akan menghasilkan keseimbangan pemanfaatan sumberdaya dengan menjaga kelestariannya untuk mendukung pertumbuhan pembangunan menuju pembangunan berkelanjutan.

Agar pengelolaan berkelanjutan dapat diwujudkan, saya menyambut hasil penelitian terkait untuk menjadi acuan dan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan perikanan. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan kebijakan pengelolaan sumber daya udang di perairan Laut Aru dan Arafura menggunakan model bioekonomi dalam rangka mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi di WPP 718 melalui pengembangan industri penangkapan udang. Penelitian ini menjawab polemik yang selama ini terjadi sejauh mana sumberdaya udang dapat dimanfaatkan tanpa merusak lingkungan serta mengorbankan masyarakat

nelayan. Atas dasar isu permasalahan yang selama ini berkembang, Direktorat Kelautan dan Perikanan BAPPENAS menginisiasi untuk melakukan suatu tinjauan kebijakan terhadap pengelolaan perikanan di Indonesia dengan mengambil polemik terkait penggunaan alat tangkap Pukat Udang di perairan Laut Aru-Arafura. Hasil penelitian tersebut diharapkan akan menjadi dukungan terhadap arahan RPJMN 2020-2024 yang telah ditetapkan terkait dengan kebijakan di sektor Perikanan.

Saya ingin mengucapkan terimakasih kepada banyak pihak yang telah mendukung penelitian bioekonomi ini sehingga memberikan manfaat dalam merumuskan kebijakan pengelolaan perikanan. Pertama saya menyampaikan penghargaan dan terimakasih tak terhingga kepada Tim Penelitian Bioekonomi Penangkapan Udang di Perairan Laut Aru-Arafura (WPP-718), Profesor Emeritus Jon Sutinen (University of Rhode Island), Profesor Akhmad Fauzi (Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB), Gellwynn Jusuf, PhD (Perencana Utama BAPPENAS), Tonny Wagey, Ph.D (*Executive Director* Indonesia Climate Change Trust Fund), Dr. Wijopriyono (Peneliti Senior Pusat Riset Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan) dan Ir. Endroyono SE MS (Ahli Penangkapan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan). Tim tersebut telah menyusun penelitian selama sembilan bulan terus menerus untuk mengambil data dan informasi yang sangat bermanfaat dan berhasil mengolah untuk dijadikan laporan ini.

Ucapan terimakasih juga saya tujukan kepada Kepala Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI yang telah bekerjasama dengan Himpunan Pengusaha Penangkapan Udang Indonesia (HPPI), Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong dan para Peneliti dari lingkup Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia, dan para perekayasa dari Balai Besar Penangkapan Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.

Demikian laporan hasil Penelitian Bioekonomi Penangkapan Udang di Perairan Laut Aru-Arafura (WPP-718) disusun, semoga dapat memberikan manfaat dalam membuat kebijakan kelautan dan perikanan di Indonesia.

Terimakasih.



DAFTAR ISI

Ringkasan Eksekutif 4

- Tujuan 4
- Metode 4
- Hasil Pokok 5
- Rekomendasi 6
- Keterbatasan 6

Pendahuluan 7

- Tujuan Umum 7
- Tujuan Khusus 7

Perikanan Pukat Udang Laut Arafura 8

- Masalah Kebijakan 9

Metode: Data 10

- Operasi Pukat Udang 10
- Harga *Exvessel* 12

Metode: Spesifikasi untuk Model Bioekonomi Perikanan Pukat Udang di Laut Arafura 13

- Karakteristik Siklus Hidup & Populasi 13
- Dinamika Populasi 14
 - Pertumbuhan 14
 - Rekrutmen 14
 - Perubahan Jumlah 15
 - Biomassa 15
- Dinamika Ekonomi 16
 - Total Tangkapan 16
 - Total Pendapatan 17
 - Biaya 17
 - Keuntungan 18
 - Open Access* 18
 - Maximum Economic Yield* 18

Pemodelan Bioekonomi Perikanan Pukat Udang Laut Arafura dengan Vensim 19

- Implementasi Model Bioekonomi di Vensim 19
- Hasil Simulasi dan Optimisasi 21
 - Total Biomassa 21
 - Total Tangkapan 23
 - Total Pendapatan Armada 23
- Optimisasi Jumlah Pukat Udang dan Royalti 25
- Analisis Sensitivitas 26

Rekomendasi Kebijakan dan Peringatan 33

- Rekomendasi Kebijakan 33
- Peringatan 33

Rekomendasi Penelitian Selanjutnya 34

- Pengumpulan Data 34
- Pemodelan Vensim 34

Referensi 35

Lampiran 36

- Dinamika Populasi 36
- Dinamika Ekonomi 37
- Kondisi Keseimbangan *Open Access* yang Tidak Diatur 38
- Kondisi MEY 38



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data Armada DBU, 2014	10
Tabel 2.	Data Armada TKG, 2014	11
Tabel 3.	Harga Udang Armada TKG Berdasarkan Spesies dan Ukuran, 2014, US\$	12
Tabel 4.	Harga Udang Armada DBU 2014 (<i>Head on</i> dan <i>Headless</i>)	12
Tabel 5.	Parameter Biologis dari Fungsi Pertumbuhan Von Bertalanffy	14
Tabel 6.	Parameter Rekrutmen Untuk Setiap Spesies Udang	15
Tabel 7.	Koefisien Daya Tangkap, Jumlah Hari Tangkap dan Jumlah Kapal	16
Tabel 8.	Parameter Untuk Persamaan Harga Udang	17
Tabel 9.	Parameter Struktur Biaya	17
Tabel 10.	Hasil Royalti Optimal (PNBP Per Armada)	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Interaksi Variabel Dalam Model Vensim Menggunakan Subskrip	19
Gambar 2.	Diagram Stok-Alit Model Vensim	20
Gambar 3.	Total Biomassa Udang Jerbung, Dogol dan Windu	21
Gambar 4.	Distribusi Biomassa untuk Setiap Kelompok Umur	22
Gambar 5.	Jumlah Tangkapan Armada Penangkapan Jerbung dan Armada Penangkapan Windu	23
Gambar 6.	Jumlah Pendapatan Armada Penangkapan Jerbung dan Armada Penangkapan Windu	24
Gambar 7.	Pendapatan Bersih Armada Penangkapan Jerbung dan Armada Penangkapan Windu	24
Gambar 8.	Hasil Optimisasi	25
Gambar 9.	Hasil Simulasi Monte Carlo Terhadap Biomassa Udang Jerbung, Dogol, dan Windu	27
Gambar 10.	Simulasi Monte Carlo Hasil Tangkapan Armada Penangkapan Jerbung	28
Gambar 11.	Hasil Monte Carlo Tangkapan Armada Penangkapan Windu	29
Gambar 12.	Hasil Monte Carlo Terhadap Penerimaan Total Armada Penangkapan Jerbung	30
Gambar 13.	Hasil Monte Carlo Terhadap Penerimaan Total Armada Penangkapan Windu	31
Gambar 14.	Hasil Monte Carlo Penerimaan Bersih Armada Penangkapan Jerbung	32
Gambar 15.	Hasil Monte Carlo Penerimaan Bersih Armada Penangkapan Windu	32

RINGKASAN EKSEKUTIF

Dalam rangka persiapan pembukaan kembali perikanan udang Laut Arafura menggunakan pukat udang pada tahun 2021, para pembuat kebijakan bermaksud untuk mengelola perikanan pukat udang dengan peraturan yang dapat melestarikan sumber daya udang sekaligus menghasilkan manfaat ekonomi yang optimal terhadap industri udang dan negara. Permasalahan awal yang dihadapi adalah berapa tingkat pemanfaatan yang dibolehkan untuk mendapatkan manfaat sosial maksimum. Penelitian ini membahas permasalahan tersebut dengan mengembangkan dan menerapkan model bioekonomi numerik perikanan.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan kerangka kerja dan alat kepada para pembuat kebijakan untuk mengatur pengelolaan penangkapan udang di Laut Arafura. Untuk itu, penelitian ini mengembangkan model bioekonomi numerik untuk memperkirakan kapasitas penangkapan yang optimal, dalam bentuk jumlah armada pukat udang yang diizinkan ketika penangkapan menggunakan pukat udang dibuka kembali. Penelitian ini menerapkan model bioekonomi numerik untuk perikanan pukat udang yang mengacu pada saat terakhir kali beroperasi (2014) untuk memproyeksikan hasil bioekonomi dari berbagai kebijakan dalam rangka pelestarian sumber daya udang, keuntungan ekonomi kepada produsen udang dan pendapatan negara. Analisis ini memperkirakan hasil untuk dua kasus: *open access* (tidak ada batasan jumlah armada) dan manfaat ekonomi maksimum (jumlah armada yang optimal).

Metode

Model bioekonomi memerlukan dua parameter, parameter biologi dan parameter ekonomi. Parameter biologi untuk setiap spesies terdiri dari (1) berat udang maksimal (asimtotik); (2) tingkat pertumbuhan individu udang; (3) perkiraan umur pada saat berat nol; dan (4) tingkat kematian alami. Parameter ekonomi terdiri dari (a) koefisien penangkapan untuk setiap jenis udang dan armada; (b) jumlah hari penangkapan untuk tiap armada; (c) jumlah armada yang beroperasi; (d) parameter persamaan harga untuk setiap jenis udang; dan (e) parameter biaya.

Parameter biologi diperoleh dari berbagai kajian literatur udang di Laut Arafura yang telah diterbitkan, serta kajian sejenis di tempat lain seperti di Teluk Carpentaria, Australia. Saat ini, para peneliti di Pusat Riset Perikanan telah mengumpulkan dan menganalisis lebih banyak data biologis dari Laut Arafura untuk dinamika populasi udang jerbung dan udang windu. Data baru tersebut nantinya akan digunakan untuk mengkalibrasi model (*re-run model*) untuk memberikan perkiraan yang lebih realistis tentang hasil bioekonomi perikanan udang di Laut Arafura.

Pendugaan parameter ekonomi dilakukan dengan menggunakan data dari dua perusahaan armada pukat udang yang beroperasi pada tahun 2014 yang menyediakan data produksi, biaya dan harga yang dapat digunakan untuk penelitian ini. PT Dwi Bina Utama (berbasis di Sorong) menargetkan udang windu (armada penangkapan windu) dan PT Tri Kusuma Graha (berbasis di Merauke) menargetkan udang jerbung (armada penangkapan jerbung).

Spesifikasi model bioekonomi armada pukat udang di Arafura memiliki ciri-ciri utama penangkapan berupa dua armada pukat udang dan tiga spesies udang. Satu armada menargetkan udang windu (*P. monodon*), armada lainnya menargetkan udang jerbung (*P. merguensis*), kedua armada juga menangkap udang dogol (*Metapenaeus endeavouri*).

Model numerik perikanan udang Laut Arafura menggunakan perangkat lunak Ventana Simulation (Vensim) untuk simulasi dan optimisasi model. Parameter biologi dan ekonomi diproses menjadi simulasi dinamis sebagai dasar, diuji melalui analisis sensitivitas menggunakan metode Monte Carlo, dan dikalibrasi pada data perikanan udang tahun 2014. Setelah proses kalibrasi model Vensim menghitung *maximum economic yield* dalam hal jumlah optimal armada pukat udang.

Hasil Pokok

Analisis bioekonomi menunjukkan bahwa tangkapan udang armada penangkapan udang jerbung memiliki pola *switching* atau pengalihan target dari udang jerbung selama Januari hingga September, dan beralih menjadi udang dogol selama Oktober hingga Desember. Hasil simulasi tangkapan armada dengan target penangkapan udang jerbung mencapai produksi tertinggi 800 ton atau rata-rata sekitar 500 ton udang jerbung dan rata-rata 300 ton udang dogol. Armada penangkapan dengan target udang windu menangkap udang windu dan udang dogol sepanjang tahun dengan jumlah yang relatif lebih kecil dari armada penangkapan udang jerbung. Armada penangkapan udang windu menghasilkan tangkapan bulanan rata-rata 200 ton udang windu dan 18 ton udang dogol.

Jumlah armada yang optimal untuk menghasilkan manfaat ekonomi maksimal adalah 57 unit untuk armada penangkapan jerbung dan 27 unit untuk armada penangkapan windu. Hasil simulasi juga menghasilkan surplus ekonomi berupa Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) berkisar antara Rp 300 juta hingga Rp 600 juta dengan *resource rent charge* sebesar 2%. Jumlah tersebut dinilai masih dapat diterima mengingat status keberlanjutan sumber daya udang dan kapasitas usaha para pelaku ekonomi perikanan udang.

Rekomendasi

Pemodelan dan analisis bioekonomi menghasilkan rekomendasi berikut.

1. Jumlah optimal armada yang diizinkan harus dimulai dari jumlah konservatif 70 unit *trawl*, 50 unit untuk armada penangkapan jerbung dan 20 unit untuk armada penangkapan windu. Total armada sebanyak 70 unit merupakan perkiraan konservatif dari hasil simulasi yang menghasilkan usaha penangkapan berkelanjutan. Jumlah armada ini dapat ditingkatkan di masa depan ketika kondisi sumber daya udang membaik dan evaluasi bioekonomi berikutnya menunjukkan bahwa manfaat sosial dapat meningkat dengan lebih banyak armada yang beroperasi.
2. Pajak rente sumber daya (*resource rent charge*) yang direkomendasikan adalah 2%. Angka tersebut menghasilkan nilai PNBP pada nilai tengah Rp 450 juta yang merupakan nilai konservatif. Dalam praktiknya, nilai ini dapat meningkat secara bertahap ketika manfaat ekonomi menunjukkan peningkatan yang signifikan dan tujuan pelestarian terpenuhi.
3. Pengelolaan "*closed season*" harus dipertimbangkan guna memulihkan stok dan meningkatkan rekrutmen, dan memungkinkan udang tumbuh lebih besar dan menghasilkan harga yang lebih tinggi. Misalnya, penutupan musim penangkapan pada periode Januari-Maret memungkinkan untuk menggeser hasil manfaat maksimum pada periode April sampai Desember sehingga memungkinkan hasil tangkapan secara merata pada periode April-Desember (mengurangi fluktuasi tajam pada periode Juli-Agustus).

4. Ada kebutuhan mendesak untuk memperbarui data yang digunakan untuk mengembangkan versi model bioekonomi saat ini. Hasil simulasi cukup sensitif terhadap parameter biologi yang digunakan. Oleh karenanya direkomendasikan untuk secara berkala memperbaharui nilai parameter biologi udang di Arafura, dan membuat basis data udang di Arafura yang akan menjadi acuan pada perikanan udang di wilayah lain.
5. Selain itu, ada kebutuhan mendesak untuk melakukan penilaian stok pada semua spesies udang (terutama udang jerbung, udang windu dan udang dogol). Penelitian baru diperlukan untuk menghasilkan parameter yang dapat diandalkan pada tingkat dan pola rekrutmen udang (terutama perkembangan stok), pertumbuhan dan kematian alami.
6. Disarankan agar data dikumpulkan dari operasi armada tangkap sejak awal penangkapan dibuka kembali dan berlanjut setidaknya selama setahun penuh, jika tidak terus menerus dari waktu ke waktu. Model bioekonomi memaparkan pentingnya laporan penangkapan terkait biaya. Struktur biaya dan parameter sangat penting untuk menentukan ukuran armada yang optimal dan angka PNBP. Oleh karena itu, transparansi pelaporan yang berkesinambungan oleh pelaku usaha perikanan di Laut Arafura didorong untuk mencapai kebijakan pengelolaan yang transparan dan berbasis sains.
7. Data pasar udang juga akan sangat berharga untuk menyesuaikan model dengan perubahan kondisi pasar dan secara proaktif untuk mengelola kegiatan perikanan.
8. Terakhir, mengembangkan dan menyempurnakan model bioekonomi numerik dengan pembaruan berkala, dengan pengumpulan dan analisis data yang sedang berlangsung, dan menyelesaikan pengembangan secara berkelanjutan dari model Vensim. Perbaikan tersebut sangat penting untuk pengembangan model yang memberikan hasil yang dapat diandalkan.

Keterbatasan

Sejak armada pukat udang tidak aktif sejak 2015, ketika larangan pukat udang dijalankan kembali, penelitian ini mengandalkan data sekitar tahun 2014. Sebagai konsekuensinya, versi model ini menghasilkan hasil perkiraan dan berdampak pada kebijakan. Data dan waktu yang lebih panjang diperlukan untuk menentukan model bioekonomi yang lebih akurat, yang menghasilkan dampak yang solid terhadap kebijakan.

Model ini juga tidak melihat alat tangkap lain yang menangkap udang atau spesies lain yang ditangkap oleh pukat udang yang mungkin memiliki dampak signifikan pada hasil pemodelan. Pekerjaan selanjutnya yang memperluas model numerik akan memperhitungkan kekurangan ini.

PENDAHULUAN

Laut Arafura, bagian dari Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718, dianggap sebagai salah satu area perikanan udang terpenting di Indonesia. Pukat udang yang beroperasi di WPP 718 cenderung menargetkan udang jerbung (*P. merguensis*), udang windu (*P. monodon*), dan udang dogol (*Metapenaeus endeavouri*). Pada 2011 sumber daya udang di Laut Arafura dinyatakan 'fully exploited' oleh Keputusan Menteri.¹

Menteri Kelautan dan Perikanan memberlakukan kembali larangan pukat udang pada awal 2015, menutup penangkapan udang dengan pukat udang di Laut Arafura dan kawasan lain. [Menurut Endroyono (2016)] terdapat 97 armada pukat udang yang diizinkan untuk aktif beroperasi selama tahun 2014 di WPP 718, terutama dari tiga pelabuhan (Ambon, Avona dan Sorong).

Larangan penggunaan pukat udang telah diberlakukan selama lima tahun dan kemungkinan akan dicabut pada tahun 2021, bersama dengan pemberlakuan peraturan lain. Larangan saat itu ditujukan untuk mengendalikan dampak pukat udang pada sumber daya dan lingkungan. Selama lima tahun terakhir sumber daya udang di WPP 718 telah mengalami peningkatan dan saat ini ada kesempatan untuk menuai manfaat besar dari sumber daya yang berharga ini.

Para pembuat kebijakan benar-benar memperhatikan bagaimana menuai manfaat secara berkelanjutan dari perikanan udang di Laut Arafura. Pada titik ini terdapat kebutuhan untuk menetapkan peraturan pengelolaan yang dapat melestarikan sumber daya udang dan menghasilkan keuntungan ekonomi yang optimal bagi industri udang dan negara secara luas.

Tujuan Umum

Penelitian ini menyediakan pembuat kebijakan perikanan kerangka kerja dan alat untuk merancang seperangkat peraturan mengenai operasi armada pukat udang untuk memenuhi tujuan pengelolaan perikanan ketika larangan penggunaan pukat udang dicabut. Secara khusus, penelitian ini mengembangkan model bioekonomi numerik untuk memperkirakan kapasitas penangkapan yang optimal, dalam bentuk jumlah armada pukat udang yang diizinkan ketika penangkapan menggunakan pukat kembali dibuka.

Tujuan Khusus

Secara khusus, penelitian ini:

- Mengembangkan dan menerapkan model bioekonomi perikanan berdasarkan data yang tersedia.
- Merancang model untuk menentukan tingkat kapasitas penangkapan yang tepat untuk kegiatan armada pukat udang Laut Aru dan Arafura.
- Menggunakan model untuk memproyeksikan hasil bioekonomi dari berbagai kebijakan dalam hal pelestarian sumber daya udang, manfaat ekonomi kepada produsen armada pukat udang dan pendapatan negara.
- Mengusulkan regulasi dan kebijakan lain untuk dilaksanakan bersamaan dengan dicabutnya larangan penggunaan pukat udang di WPP 718.

Kami menyadari keterbatasan yang dihadapi dalam melakukan penelitian ini bagi pembuat kebijakan dalam rangka pencabutan larangan penggunaan pukat udang. Keterbatasan meliputi tidak banyaknya waktu, sumber daya dan data yang tersedia untuk mengembangkan, menguji dan menerapkan model bioekonomi yang kuat pada perikanan udang di WPP 718. Keterbatasan utama lainnya adalah armada pukat udang sekarang tidak beroperasi; tidak aktif sejak 2015 ketika larangan pukat dijalankan kembali.

Karena penelitian ini tidak memiliki data tambahan, kami mengandalkan data yang tersedia sekitar tahun 2014. Sebagai konsekuensinya, versi model ini menghasilkan hasil perkiraan yang berdampak pada kebijakan. Data dan waktu yang lebih banyak diperlukan untuk menentukan model bioekonomi yang kuat, yang menghasilkan dampak yang *solid* terhadap kebijakan.

¹Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan, No.KEP.45/MEN/2011, sebagaimana dikutip dalam Endroyono (2016).

PERIKANAN PUKAT UDANG LAUT ARAFURA²

Kondisi alami Laut Arafura menjadikan kawasan ini sebagai salah satu kawasan penangkapan udang yang paling produktif di Indonesia, menyumbang 45% produksi udang nasional (Endroyono, 2017, hal. 5-6). Kementerian Kelautan dan Perikanan (2017) memperkirakan *Maximum Sustainable Yield* (MSY) udang di WPP 718 sebesar 62.842 ton/tahun, dengan total tangkapan yang diperbolehkan sebesar 50.274 ton, dan sumber daya udang di kawasan tersebut dinyatakan '*fully exploited*'. Pengaturan perizinan penangkapan menetapkan *mesh size* (> 1,75 inci) dan *head rope length* (< 30 m). Sebelum 2015 jumlah armada pukat udang yang diizinkan tidak terkendali (Sutinen 2013, hal. 7-8), tetapi untuk peraturan baru yang akan datang harus mampu mengendalikan jumlah armada yang diizinkan.

Total produksi udang yang tercatat resmi dari kawasan tersebut pada tahun 2014 berjumlah 15.247 ton, sekitar 24% dari jumlah tangkapan yang diperbolehkan. Namun, statistik produksi resmi tidak termasuk tangkapan IUU yang diyakini berjumlah sangat besar selama bertahun-tahun hingga 2015, sebelum larangan penggunaan pukat udang diberlakukan. Sebagai contoh, Endroyono (2017, hal. 12) mengutip sebuah penelitian dari Purwanto (2013) yang memperkirakan total tangkapan pada tahun 2011 melebihi 48 ribu ton, dengan armada pukat udang tanpa izin menangkap lebih dari 60% dari total perkiraan.

Hasil tangkapan armada pukat udang tahun 2014 adalah 40% udang jerbung (*P. merguensis*), 28% udang windu (*P. monodon*) dan 32% jenis udang lainnya. Armada pukat ikan juga menangkap udang jerbung dan spesies udang lainnya sebagai tangkapan sampingan.

Udang jerbung ditangkap di dekat hutan bakau dan udang windu ditangkap di atas hamparan padang lamun.

Jumlah kapal pukat udang berizin yang beroperasi di WPP 718 bervariasi dari 132 unit pada tahun 2010 menjadi 97 unit pada tahun 2014. Hampir 60% dari kapal pukat udang yang beroperasi pada tahun 2010 berjumlah lebih dari 100 GT dan sebagian besar sisanya antara 60-100 GT. Sebagian besar armada pukat udang beroperasi dari tiga pelabuhan: Ambon (25%), Avona (31%) dan Sorong (29%). Kapal pukat udang beroperasi rata-rata sekitar 225 hari pada tahun 2014, mempekerjakan 20-25 awak kapal pada setiap kapal pukat udang dan, untuk armada secara keseluruhan, antara 1.900 – 2.400 awak kapal.

Sebanyak 55 kapal pukat udang yang dioperasikan oleh tujuh perusahaan yang tergabung dalam Himpunan Pengusaha Penangkapan Udang Indonesia (HPPI), memproduksi udang yang dijual secara lokal dan diekspor ke Jepang, China, Australia, dan negara lain. Sebagian besar produksi perusahaan HPPI pada tahun 2014 telah dijual ke Jepang (50% menurut berat, 46% menurut nilai). Hasil tangkapan perusahaan HPPI didominasi oleh udang windu (44,4%) dan udang jerbung (21,9%) dan dogol (16,4%). Selain itu, terdapat 35 perusahaan lain yang mengolah dan menjual udang hasil produksi 42 kapal non-HPPI yang beroperasi di kawasan tersebut pada tahun 2014. Menurut Endroyono (2017) masing-masing perusahaan mengoperasikan fasilitas pengolahan dengan kapasitas 1.000 ton, mempekerjakan sekitar 250 orang, dengan total 10.500 orang yang bekerja di sektor pengolahan udang.

²Laporan oleh Endroyono (2017) memberikan informasi yang sangat baik tentang perikanan di Laut Aru-Arafura, beberapa di antaranya dirangkum di bawah ini.

Masalah Kebijakan

Menteri Kelautan dan Perikanan kembali menerapkan kebijakan pelarangan pukat pada awal 2015, menutup penggunaan pukat udang untuk udang di Laut Arafura dan kawasan lain. Menurut Endroyono (2016) terdapat 97 armada pukat udang aktif yang diizinkan untuk beroperasi selama tahun 2014 di WPP 718, terutama dari tiga pelabuhan (Ambon, Avona dan Sorong).

Larangan penggunaan pukat udang telah diberlakukan selama lima tahun dan kemungkinan akan dicabut pada tahun 2021, bersama dengan pemberlakuan peraturan lain untuk mengendalikan dampak pukat udang pada sumber daya dan lingkungan. Selama lima tahun terakhir sumber daya udang di WPP 718 telah mengalami peningkatan dan saat ini ada kesempatan untuk menuai manfaat besar dari sumber daya yang berharga ini.

Para pengambil kebijakan benar-benar memperhatikan bagaimana menuai manfaat secara berkelanjutan dari perikanan udang Laut Arafura. Pada titik ini terdapat kebutuhan untuk menetapkan peraturan pengelolaan yang dapat melestarikan sumber daya udang dan menghasilkan keuntungan ekonomi yang optimal bagi industri udang dan negara secara luas.



METODE: DATA

Data yang lengkap, terkini dan representatif untuk mendukung model bioekonomi perikanan belum tersedia. Sub-model dinamika populasi (secara spesifik dalam Lampiran) membutuhkan data tentang rekrutmen perikanan sepanjang tahun, termasuk tingkat rekrutmen untuk setiap periode dan parameter hubungan pertumbuhan populasi (stok-rekrutmen), serta memiliki relevansi secara empiris. Data demikian tidak tersedia, dan pemodelan mengasumsikan bahwa rekrutmen didorong oleh kondisi lingkungan eksogen; dan menggunakan nilai yang mendukung kalibrasi model. Publikasi dalam literatur menjelaskan beberapa nilai parameter dari hubungan pertumbuhan von Bertalanffy dan mortalitas alami untuk tiga spesies udang yang digunakan untuk penelitian ini, dan disesuaikan jika diperlukan dalam proses kalibrasi.³ Sejak armada pukat udang dilarang melaut pada tahun 2015, tidak ada data terbaru tentang operasi armada pukat udang di Laut Arafura.

Operasi Pukat Udang

Data perikanan spesifik yang tersedia sangat terbatas untuk sub-model dinamika ekonomi (rincian pada **Lampiran**). Dua perusahaan memberikan data tentang volume pendaratan armada mereka menurut spesies dan berat, biaya tahunan, dan harga menurut spesies dan berat. Tidak jelas apakah data pada kedua perusahaan kapal pukat udang ini cukup mewakili armada penangkapan secara keseluruhan. Data yang tersedia berasal dari dua perusahaan yaitu PT Dwi Bina Utama (DBU) dan PT Tri Kusuma Graha (TKG) yang menyediakan data produksi, biaya dan harga armada pukat udang mereka.

Pada tahun 2014, terdapat 11 kapal pukat udang DBU berbasis di Sorong, Papua Barat. Sembilan dari kapal pukat udang tersebut berukuran 137 GT dan dua lainnya berukuran di atas 200 GT. Kapal pukat udang DBU menangkap sebagian besar udang windu (85%) ditambah udang dogol (15%) dan beberapa udang jerbung (kurang dari 1%).

Tabel 1. Data armada DBU, 2014

2014 - DBU	GT 137 (9)	GT 204 (1)	GT 246 (1)	Rata-rata
Biaya Tetap*	\$194,574	\$196,742	\$198,146	\$195,095
Biaya Variabel*	\$613,197	\$696,589	\$875,754	\$644,647
Harga/ton	\$10,316	\$10,316	\$10,316	\$10,316
Hari Penangkapan	311	295	331	311
Awak kapal	18	20	20	18
	Total (kg)	Total (kg)	Total (kg)	Persentase
Produksi udang windu	516.439	71.777	77.053	84,9%
Produksi udang dogol	86.878	13.344	13.864	14,6%
Produksi udang jerbung	3.296	362	643	0,5%

*Tahun 2014 dengan kurs Rp 11.800 = US\$ 1,00

³ Staf Puriskan KKP baru-baru ini telah mengumpulkan dan menganalisis data biologis dari Laut Arafura tentang dinamika populasi udang jerbung dan udang windu. Staf berharap dapat menyelesaikan analisis pada awal 2021.

Kapal pukat udang DBU beroperasi lebih banyak (311 hari) dari pada armada secara keseluruhan (225 hari) dan memiliki awak kapal yang sedikit lebih kecil (18 vs. 20-25). Tidak jelas apakah tingkat produksi dan biaya armada pukat udang DBU sebanding dengan armada secara keseluruhan.

Sembilan pukat udang TKG berbasis di Merauke, Papua, dan menangkap sebagian besar udang jerbung. Pada tahun 2014 TKG mengoperasikan empat kapal berukuran 151 GT dan lima kapal berukuran 166 GT. Armada tangkap TKG menangkap sebagian besar udang jerbung (73%) ditambah udang dogol (22%) dan udang windu (5%).

Tabel 2. Data armada TKG, 2014

2014 - TKG	GT 151 (4)	GT 166 (5)	Rata-rata
Biaya Tetap*	\$85,642	\$66,981.78	\$76,275
Biaya Variabel*	\$694,595	\$868,397	\$791,152
Harga / ton	\$10,870	\$11,940.87	\$11,465
Hari Penangkapan	193	256	228
Awak Kapal	13	13	13
	Total (kg)	Total (kg)	Persentase
Produksi udang jerbung	303.878	426.752	72,8%
Produksi udang dogol	102.304	123.178	22,4%
Produksi udang windu	33.444	14.978	4,8%

*Tahun 2014 dengan kurs Rp 11.800 = US\$ 1,00

Meskipun armada TKG beroperasi dengan jumlah hari penangkapan yang sama dengan armada secara keseluruhan (225), kapal pukat udang mereka mempekerjakan lebih sedikit awak kapal (13 vs. 20-25). Dan, juga tidak jelas apakah tingkat produksi dan biaya armada DBU sebanding dengan armada secara keseluruhan.

Tidak dipungkiri, data tersebut tidak mencukupi untuk estimasi fungsi produksi (tangkapan) berbasis data, koefisien daya tangkap, dan fungsi biaya. Namun, data ini berguna dalam proses kalibrasi.

Harga *Exvessel*:

Harga yang dibayarkan pembeli kepada pemilik kapal untuk udang yang didaratkan di dermaga disajikan pada **Tabel 3** ini dapat dianggap sebagai harga f.o.b. Pembeli biasanya memindahkan udang langsung ke dalam kontainer yang dikirim ke perusahaan induk di luar negeri.

Tabel 3. Harga udang armada TKG berdasarkan spesies dan ukuran, 2014, US\$.

Jerbung (<i>Head on</i>) Ukuran	2014	Windu (<i>Head on</i>) Ukuran	2014	Dogol (<i>Head on</i>) Ukuran	2014
	Harga		Harga		Harga
	US \$		US \$		US \$
> 76 g	\$23.00	> 76 g	\$20.00	46 g - 54 g	\$9.00
54 g - 76 g	\$20.50	56 g - 76 g	\$19.00	30 g - 46 g	\$7.00
46 g - 54 g	\$14.50	36 g - 56 g	\$14.50	24 g - 30 g	\$6.00
33 g - 133 g	-	30 g - 36 g	\$11.50	18 g - 24 g	\$5.50
30 g - 46 g	\$9.50	24 g - 30 g	\$9.25	20 g - 33 g	-
24 g - 30 g	\$7.75	25 g - 100 g	-	14 g - 18 g	\$5.00
18 g - 24 g	\$7.00	15 g - 25 g	-	<i>Headless</i>	\$7.50
14 g - 18 g	\$6.00	14 g - 18 g	\$7.00		
<i>Headless</i>	\$8.50	<i>Headless</i>	\$9.50		

Tabel 4. Harga udang armada DBU 2014 (*head on dan headless*).

Jerbung (<i>Head on</i>) Ukuran	2014	Windu (<i>Head on</i>) Ukuran	2014	Dogol (<i>Head on</i>) Ukuran	2014
	Harga		Harga		Harga
	US \$		US \$		US \$
33 g - 133 g	\$10.98	25g - 100 g	\$14.26	20 g - 33 g	\$4.75
		15 g - 25 g	\$7.25		
Windu/Jerbung (<i>Headless</i>)	2014	Dogol (<i>Headless</i>)	2014	Kipas/Uchiwa (<i>Headless</i>)	2014
Harga	Harga		Harga		
US \$	US \$		US \$		
80 g - 250 g	\$10.46	50 g - 77 g	\$7/14	29 g - 49 g	\$5.26

Perhatikan bahwa harga armada DBU adalah untuk kelompok kombinasi ukuran spesies udang.

Harga dermaga (*exvessel*) yang diberikan oleh DBU adalah sama untuk semua armada. Ini menunjukkan bahwa perusahaan membayar kepada operator dengan harga tetap per ton, terlepas dari komposisi pendaratan.

METODE: SPESIFIKASI UNTUK MODEL BIOEKONOMI PERIKANAN PUKAT UDANG DI LAUT ARAFURA

Spesifikasi model bioekonomi dimaksudkan untuk menjelaskan bentuk dari pola perikanan. Model ini memiliki jenis dua armada pukat udang, satu yang menargetkan udang windu (*P. monodon*), armada lain yang menargetkan udang jerbung (*P. merguensis*), kedua armada juga menangkap udang dogol (*Metapenaeus endeavouri*). Banyak parameter didasarkan pada perkiraan dari data yang tersedia, literatur dan lainnya disesuaikan dalam proses kalibrasi model.

Karakteristik Siklus Hidup & Populasi

Udang adalah spesies yang tumbuh cepat, berumur pendek, ciri yang tidak dapat dijelaskan secara memadai dengan model parameter yang ada (seperti model Schaefer atau Fox). Pada awal siklus hidupnya, jumlah mereka sangat banyak, berukuran kecil, dan seiring dengan waktu jumlahnya akan menurun seiring bertambahnya ukuran rata-rata. Untuk menangkap ciri ini, model menggunakan sub model dinamika populasi terstruktur umur.

Ketiga spesies tersebut diperlakukan sebagai hasil tangkap tahunan, di mana rekrutmen terjadi tiap periode. Rekrutmen terjadi secara bervariasi menurut periode, dan umur serta berat awal ketika udang pertama kali ditangkap oleh armada. Dengan kata lain, pertumbuhan populasi tersebar sepanjang tahun, tidak hanya dalam satu lonjakan saja, yang menghasilkan beberapa bobot dan ukuran yang tertangkap sepanjang tahun (sebagaimana dibuktikan dalam data). Untuk menyederhanakan analisis, udang mati pada akhir tahun penangkapan, pada periode T dalam versi model saat ini. Dengan kata lain, tidak ada populasi yang terhitung untuk tahun berikutnya. Selain itu, pertumbuhan populasi ditentukan secara eksogen. Tidak ada hubungan antara stok-rekrutmen. Metode ini merupakan cara yang umum untuk menganalisis perikanan udang dan merupakan asumsi yang biasa dilakukan dalam penelitian udang jerbung dan banyak spesies udang lainnya dimana pengaruh lingkungannya menentukan rekrutmen. Sedangkan faktor ini kurang akurat untuk udang windu, namun kondisi lingkungan adalah pengaruh yang utama.

Hal lainnya adalah udang jerbung dapat beruaya di permukaan sepanjang tahun penangkapan dan dapat ditangkap sepanjang tahun. Udang windu, di sisi lain, adalah spesies demersal untuk sebagian besar waktu sepanjang tahun dan naik melalui kolom air di akhir tahun ketika menjadi sasaran untuk ditangkap oleh pukat udang. Model ini mencerminkan variasi musiman dalam ketersediaan dan tangkapan udang windu dalam parameter koefisien daya tangkap.

Model bioekonomi terdiri dari dua sub-model utama, sub-model biologis dan sub-model ekonomi. Sub-model biologis memuat dinamika populasi perikanan yang diatur oleh pertumbuhan individu, rekrutmen dan perubahan jumlah udang. Sub-model ekonomi memuat dinamika produksi yang didorong oleh perubahan ukuran armada dan upaya penangkapan ikan. Kedua sub-model ini dihubungkan dengan jumlah yang ditangkap di setiap periode.

Dinamika Populasi

Tiga komponen sub-model yang menentukan perubahan dari waktu ke waktu pada populasi ketiga spesies udang adalah pertumbuhan individu dalam populasi, rekrutmen ke dalam perikanan⁴ udang pada stadia pasca-larva; dan perubahan jumlah individu dalam populasi. Spesifikasi teknis dan matematis untuk setiap komponen diberikan dalam **Lampiran**.

Pertumbuhan

Pertumbuhan individu udang diasumsikan mengikuti persamaan pertumbuhan von Bertalanffy (1938) di mana berat, W , dari individu udang sebanding dengan volumenya (Sparre dan Venema 1998; hal. 52-53). Panjang udang bertambah dengan laju menurun, sedangkan berat udang awalnya tumbuh dengan laju yang meningkat, mencapai titik *inflexion* dan setelah itu tumbuh dengan kecepatan yang menurun. Panjang dan berat mencapai titik asimtot atas atau nilai maksimum. Persamaan (2) dalam Lampiran digunakan dalam model dan tergantung pada berat maksimum individu, tingkat pertumbuhan dan umur. Parameter yang digunakan dalam model Vensim pertumbuhan von Bertalanffy ditunjukkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Parameter biologis dari fungsi pertumbuhan von Bertalanffy.

Parameter	Tipe Udang			
	Simbol	Jerbung	Dogol	Windu
Berat minimum	W_{min}	10	10	10
Berat maksimum	W_{max}	100	60	110
Tingkat pertumbuhan	kk	0.15	0.25	0.4
Umur berat & panjang nol	tt_0	-1	-1	-1
Umur rekrutmen	$rage$	5	2	0
Kematian alami	N_{mort}	0.2	0.2	0.2

Rekrutmen

Rekrutmen pada perikanan diasumsikan secara eksogen ditentukan oleh kondisi lingkungan. Oleh karena itu, jumlah udang yang direkrut ke perikanan dalam setiap periode bernilai konstan; totalnya adalah rekrutmen tahunan, R . Model menentukan persentase ($0 \leq \alpha \leq 1$) dari total yang direkrut dalam setiap periode. Spesifikasi formal rekrutmen ditampilkan pada persamaan (1a) dan (1b) dalam Lampiran, dan parameter yang digunakan dalam model Vensim numerik ditampilkan dalam **Tabel 6**. Perhatikan bahwa parameter rekrutmen diasumsikan bervariasi dari waktu ke waktu (bulan).

⁴Dengan kata lain ketika udang pertama kali ditangkap oleh armada penangkapan.

Tabel 6. Parameter rekrutmen untuk setiap spesies udang.

Bulan	Jerbung		Dogol		Windu	
	Simbol	Nilai	Simbol	Nilai	Simbol	Nilai
Awal	RBan	5 Miliar	REan	500 Juta	RTan	2 Miliar
Bulan-1	RB01	15%	RE01	10%	RT01	9%
Bulan-2	RB02	10%	RE02	5%	RT02	9%
Bulan-3	RB03	10%	RE03	5%	RT03	8%
Bulan-4	RB04	10%	RE04	4%	RT04	7%
Bulan-5	RB05	5%	RE05	3%	RT05	6%
Bulan-6	RB06	5%	RE06	3%	RT06	8%
Bulan-7	RB07	5%	RE07	5%	RT07	9%
Bulan-8	RB08	5%	RE08	15%	RT08	12%
Bulan-9	RB09	5%	RE09	15%	RT09	10%
Bulan-10	RB10	5%	RE10	15%	RT10	6%
Bulan-11	RB11	10%	RE11	10%	RT11	6%
Bulan-12	RB12	15%	RE12	10%	RT12	9%

Perubahan Jumlah

Pada saat rekrutmen, jumlah udang dalam populasi, N , menurun karena kematian alami dan kematian karena penangkapan. Total kematian, Z , adalah penjumlahan kematian alami, M , dan kematian karena penangkapan, F , yang mewakili sebagian kecil dari jumlah dalam populasi yang mengalami kematian. Dengan kata lain, populasi berkurang berdasarkan jumlah dalam $ZN=(M+F)N$ setiap periode (lihat persamaan (3) di **Lampiran**). Parameter kematian alami yang digunakan ditampilkan dalam **Tabel 1**, di atas.

Biomassa

Seluruh populasi udang dari setiap spesies dalam setiap periode terdiri dari beberapa kohort dengan berbagai ukuran dan umur. Setelah direkrut, jumlah yang baru direkrut dalam kelompok di periode t mengalami kematian alami dan kematian akibat penangkapan dan bertambah besar (berat) seperti dijelaskan di atas. Individu yang masih hidup pindah ke kelompok yang lebih besar dan lebih tua. Oleh karena itu, biomassa adalah jumlah dari semua kelompok di setiap periode (persamaan (4) di **Lampiran**).

Dinamika Ekonomi

Sub-model ekonomi terdiri dari dinamika produksi yang dipengaruhi oleh perubahan ukuran armada dan dilanjutkan dengan upaya penangkapan ikan. Total tangkapan oleh produsen perikanan merupakan *output* ekonomi yang utama, menghubungkan sub-model ekonomi dengan sub-model biologis. Tingkat tangkapan ditentukan oleh sejumlah faktor seperti yang dijelaskan dalam paragraf berikut.

Total Tangkapan

Total tangkapan setiap spesies dalam satu periode ditentukan oleh tiga faktor: tingkat upaya penangkapan ikan, koefisien daya tangkap dalam proses produksi, dan ukuran stok ikan atau populasi yang terdampak oleh alat tangkap (lihat persamaan (5) dalam **Lampiran**). Nilai untuk parameter ini diberikan dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Koefisien daya tangkap, jumlah hari tangkap dan jumlah kapal.

Tipe Udang	Armada Tangkap Jerbung		Armada Tangkap Windu	
	Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Koefisien daya tangkap				
Jerbung	Bcoef	5,0E-06	--	--
Dogol	BEcoef	1,1E-04	TEcoef	8,0E-06
Windu	--	--	Tcoef	1,0E-05
Hari Penangkapan	Bdfish	20	Tdfish	20
Jumlah kapal	#BanFVs	62	#TigFVs	36

Seperti disebutkan di atas, ada dua armada, yang masing-masing menangkap dua spesies. Armada 1, menangkap udang windu dan udang dogol, dan armada 2, menangkap udang jerbung dan udang dogol. Setiap armada menerapkan tingkat upaya penangkapan ikan tertentu di setiap periode dan memiliki koefisien daya tangkap yang unik. Kedua armada menghadapi ukuran stok ikan yang sama dengan yang mereka miliki secara umum (lihat persamaan (6) di **Lampiran**).

Diasumsikan, armada menetapkan tingkat upaya penangkapan mereka sendiri untuk memaksimalkan keuntungan mereka di setiap periode. Perlu diperhatikan bahwa model ini mengasumsikan bahwa produsen memiliki pengetahuan dan pengalaman yang cukup untuk menetapkan keuntungan memaksimalkan tingkat upaya penangkapan ikan di setiap periode.

Total Pendapatan

Total pendapatan untuk setiap armada ditentukan oleh harga setiap ukuran dan spesies udang dikalikan dengan jumlah yang dihasilkan dari setiap ukuran dan spesies. Persamaan (7) dalam **Lampiran** menentukan bagaimana total pendapatan dihitung. **Tabel 8** memperlihatkan persamaan harga dan nilai parameter lain yang digunakan dalam model numerik.

Tabel 8. Parameter untuk persamaan harga udang.

Tipe Udang	Persamaan Harga	Konstanta (AP)		Koefisien (BP)	
		Simbol	Nilai	Simbol	Nilai
Jerbung	$P_{ban} = AP_{ban} + BP_{ban} * W_{ban}$	AP _{Ban}	1.51	BP _{Ban}	0.25
Dogol	$P_{end} = AP_{end} + BP_{end} * W_{end}$	AK	3.03	BP _{End}	0.11
Windu	$P_{tig} = AP_{tig} + BP_{tig} * W_{tig}$	APTig	4.45	BPTig	0.19

Biaya

Biaya operasi dalam setiap periode terdiri dari biaya variabel dalam periode (Persamaan pada **lampiran (8a)**). Biaya variabel diasumsikan memiliki kurva biaya rata-rata berbentuk U dan kurva biaya marginal miring ke atas, ditunjukkan dalam model dengan persamaan kuadrat. Produsen beroperasi ketika pendapatan rata-rata berada tepat atau di atas titik biaya rata-rata minimum di mana biaya rata-rata sama dengan biaya marginal. Di bawah titik tersebut, produsen berhenti beroperasi dengan menetapkan upaya ke nol, tetapi tetap berada pada usaha perikanan.

Produsen diasumsikan meninggalkan usaha perikanan pada akhir kurun waktu tertentu jika semua biaya (variabel ditambah biaya tetap) melebihi pendapatan untuk periode ini (misalnya untuk semua periode). Dengan kata lain, model ini mengasumsikan operator memperhitungkan biaya tetap hanya pada akhir musim penangkapan ikan seperti yang ditunjukkan dalam persamaan **Lampiran (8b)**. **Tabel 9** memperlihatkan parameter untuk persamaan biaya yang digunakan dalam model Vensim.

Tabel 9. Parameter struktur biaya.

Tipe Kapal	Persamaan Biaya	Biaya Tetap FC (\$000)		Konstanta (AP)		Koefisien (BP)	
		Simbol	Nilai	Simbol	Nilai	Simbol	Nilai
Jerbung	$TC_{ban} = fxcstB + (cstaB * Upaya) + (cstbB/2) * Upaya^2$	fxcstB	100	cstaB	2.500	cstbB	3
Tiger	$TC_{tig} = fxcstT + (cstaT * Upaya) + (cstbT/2) * Upaya^2$	fxcstT	200	cstaT	8.300	cstbT	1

Keuntungan

Keuntungan merupakan perbedaan antara pendapatan dan biaya produksi (persamaan (9a) dan (9b) dalam **Lampiran**).

Open Access

Dalam dunia perikanan yang tidak diatur di mana akses terbuka, produsen dapat memasuki area perikanan dan memilih untuk menangkap selama mereka dapat mendapatkan keuntungan dalam periode tersebut untuk menutupi biaya operasional (antara lain biaya perizinan). Di bawah keterbukaan akses untuk masuknya produsen, dan/atau penambahan upaya, berlanjut sampai pendapatan rata-rata dari upaya penangkapan sama dengan biaya operasional minimal dari armada. Efeknya, setiap armada secara keseluruhan memaksimalkan laba setiap periode, yang dilampirkan pada persamaan **Lampiran (12a)**. Jika unit upaya tambahan akan meningkatkan keuntungan lebih besar maka upaya akan dilakukan, dan jika pada akhirnya unit upaya tambahan menghasilkan kerugian, upaya akan dikurangi. Tingkat keseimbangan upaya dilampirkan pada persamaan **Lampiran (12b)**.

Selama ini dilakukan pengaturan untuk armada pukat udang Laut Arafura, tetapi pintu masuknya terbuka atau tidak dibatasi di masa lalu. Ukuran kapal dan peralatan penangkap ikan ditentukan oleh peraturan yang cenderung membatasi efisiensi produksi (yaitu, koefisien daya tangkap yang lebih rendah). Hal ini menurunkan pendapatan rata-rata usaha dan menghasilkan lebih sedikit upaya penangkapan ikan dimana hal ini dapat terjadi karena tidak ada peraturan.

Maximum Economic Yield

Total keuntungan selama seluruh periode 12 bulan tidak maksimal di bawah keterbukaan akses, dikarenakan setiap armada beroperasi untuk memaksimalkan keuntungan mereka di setiap periode. Dengan kata lain, keterbukaan akses tidaklah efisien, tidak memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat. Hasil yang efisien adalah dimana tingkat upaya yang dilakukan di semua periode ditentukan dengan memaksimalkan jumlah keuntungan di semua periode oleh semua armada.

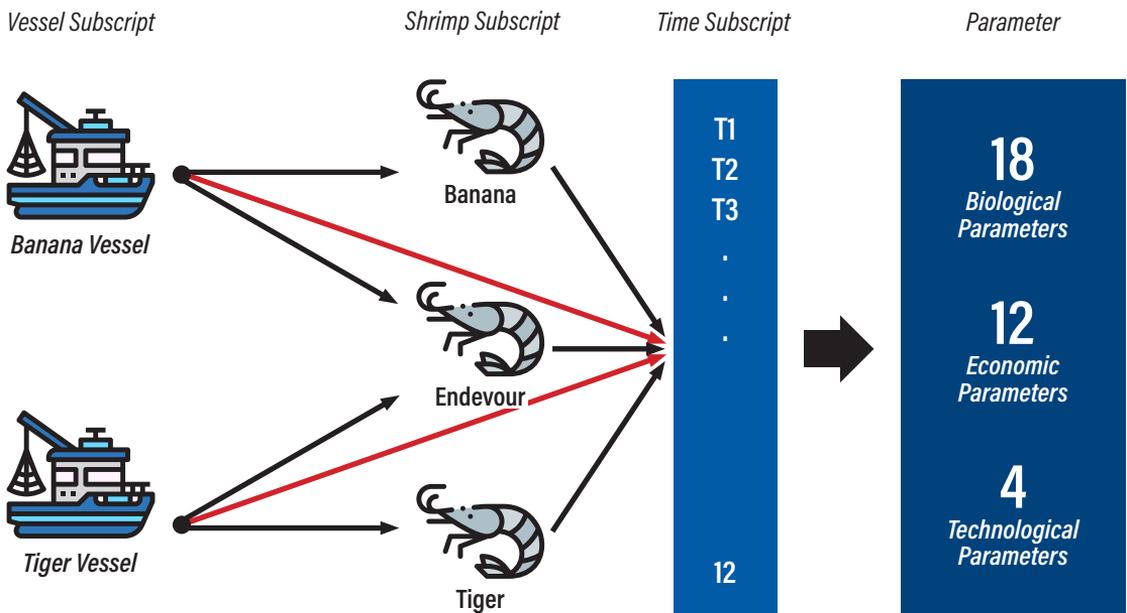
Menghitung solusi *maximum economic yield* (MEY) dalam model bioekonomi yang rumit hanya dapat dilakukan dengan model optimisasi numerik seperti Vensim (rincian lebih lanjut di bawah). Solusi MEY umumnya menghasilkan tingkat usaha penangkapan ikan yang lebih rendah secara keseluruhan dan produksi yang mendukung udang yang tertangkap lebih besar, lebih tua, dan lebih bernilai.

PEMODELAN BIOEKONOMI PERIKANAN PUKAT UDANG LAUT ARAFURA DENGAN VENSIM

Model bioekonomi dari perikanan pukat udang Laut Arafura menggunakan simulasi dan optimisasi perangkat lunak Ventana Simulation (Vensim). Vensim memecahkan model matematika dinamis dengan metode integrasi (waktu kontinu) menggunakan algoritma Euler. Namun, versi model Vensim saat ini menggunakan spesifikasi waktu yang diskrit dari dinamika populasi dan ekonomi. Dalam penelitian selanjutnya, versi diskrit dari model matematika akan diubah menjadi fungsi kontinu menggunakan fitur khusus Vensim seperti "*Delay Fixed*" dan lainnya.

Implementasi Model Bioekonomi di Vensim

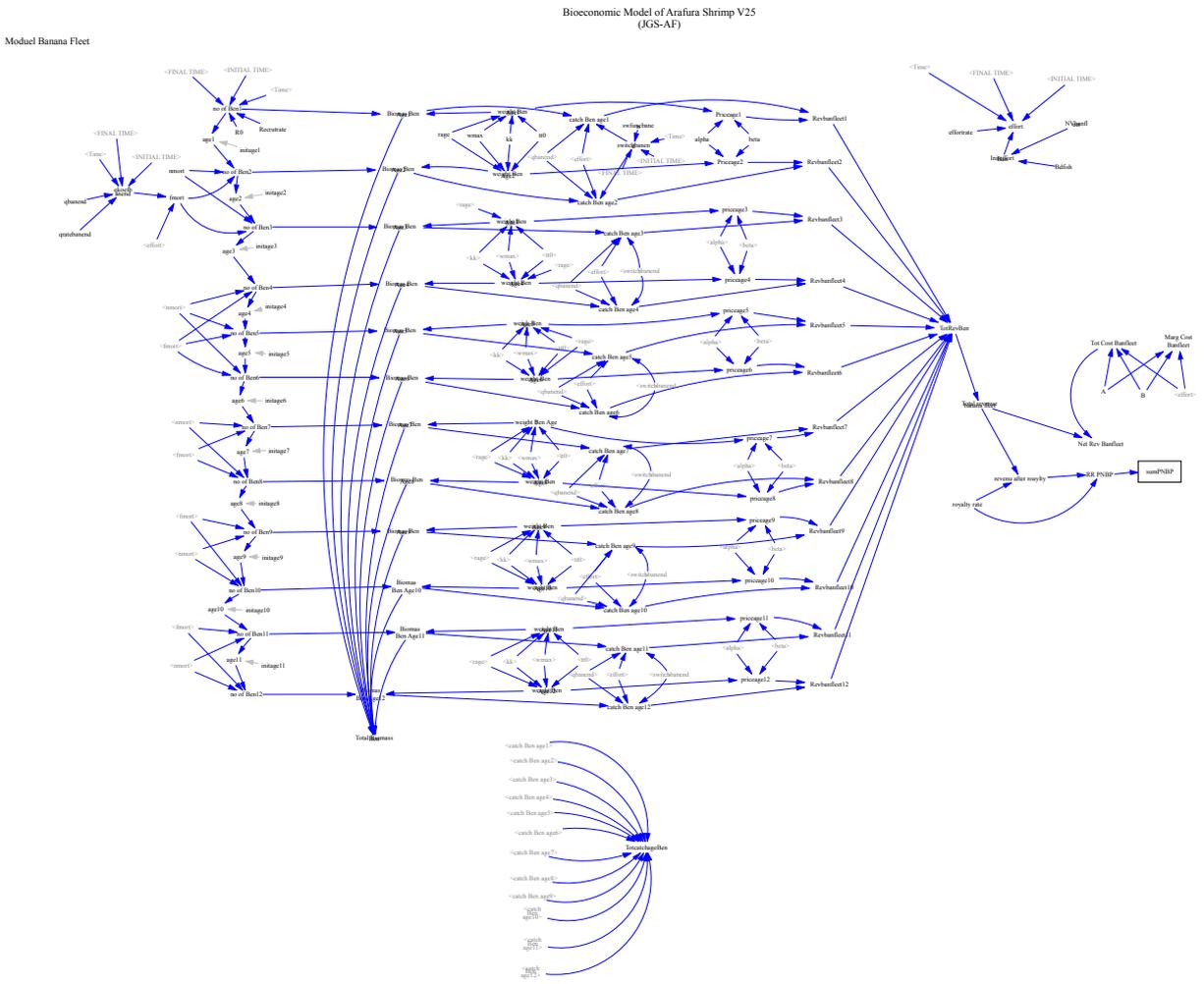
Model konseptual yang telah dibahas di atas diimplementasikan sebagai simulasi menggunakan perangkat lunak Vensim Professional (Vensim Pro 8.1.0). Implementasinya dilakukan dengan menggunakan fitur subskrip (indeks) yang menggambarkan spesies udang, jenis armada pukat udang, dan dimensi waktu. **Gambar 1** menjelaskan subskrip di antara variabel dalam model Vensim.



Gambar 1. Interaksi variabel dalam model Vensim menggunakan subskrip.

Model matematika yang dibahas di atas dan di **Lampiran** diubah menjadi diagram stok-alir oleh perangkat lunak Vensim (**Gambar 2**). Karena kompleksitas model, implementasi di Vensim dilakukan menggunakan sistem modular, satu modul untuk armada jergung menangkap jergung dan dogol, dan modul lain untuk armada windu menangkap udang windu dan dogol. Diagram stok-alir untuk kedua modul pada dasarnya mirip, di mana perbedaannya adalah subskrip dan nilai parameter.

Untuk menyederhanakan kompleksitas interaksi dalam model Vensim stok-alir, variabel bayangan (*shadow variable*) digunakan. Variabel bayangan adalah variabel yang digunakan dalam diagram stok-alir lainnya atau dalam modul lain dan yang dapat digunakan dalam diagram stok-alir lainnya tanpa menggunakan koneksi langsung. Informasi variabel bayangan (persamaan matematika serta parameter) yang digunakan dalam aliran stok baru tanpa kehilangan makna model tersebut. Variabel bayangan ditandai dalam ikon abu-abu dalam model Vensim. **Gambar 2** menggambarkan model Vensim dari perikanan udang Arafura.



Gambar 2. Diagram stok-alir model Vensim.

Menjalankan simulasi Vensim model bioekonomi memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

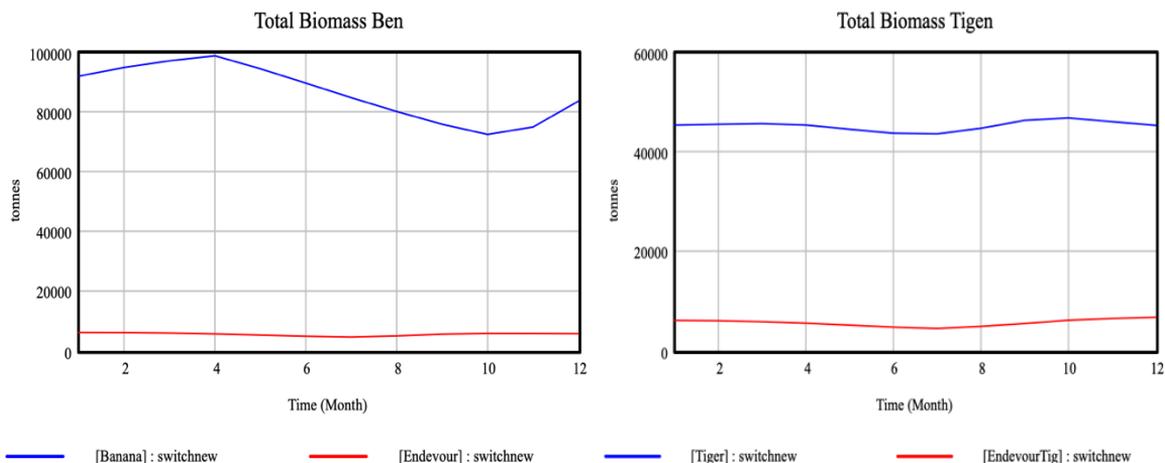
1. Jalankan model dasar menggunakan parameter berdasarkan data 2014.
2. Kalibrasi hasil *baseline* dengan data 2014 untuk menguji keandalan dan validitas model.
3. Dalam langkah terakhir dilakukan simulasi analisis Monte Carlo dalam rangka untuk memeriksa sensitivitas hasil terkait dengan ketidakpastian dalam parameter biologis dan ekonomi. Hasil dari simulasi Monte Carlo menghasilkan batas atas dan bawah *output* serta nilai rata-rata berdasarkan tingkat ketidakpastian dari 50% hingga 100%.
4. Hasil dari langkah butir 3 diikuti dengan optimisasi untuk menentukan jumlah upaya penangkapan ikan yang optimal dengan jumlah pukat udang baik untuk armada jerbung maupun windu.

Hasil Simulasi dan Optimisasi

Hasil simulasi baseline, setelah dikalibrasi dengan data 2014, disajikan dalam sub-bagian berikut. Penting untuk dicatat bahwa nilai-nilai hasil simulasi harus dianggap sebagai indeks, bukan nilai aktual. Namun, hasil model (atau nilai terindeks) dan nilai aktual diharapkan berkorelasi, bergerak bersama, dikarenakan oleh struktur dan spesifikasi model.

Total Biomassa

Gambar 3 menyajikan hasil simulasi untuk jumlah biomassa udang jerbung, udang windu dan udang dogol. Panel kiri menyajikan biomassa untuk udang jerbung dan udang dogol menggunakan modul jerbung-dogol, sementara panel kanan menyajikan hasil biomassa windu dan dogol dari modul windu-dogol.



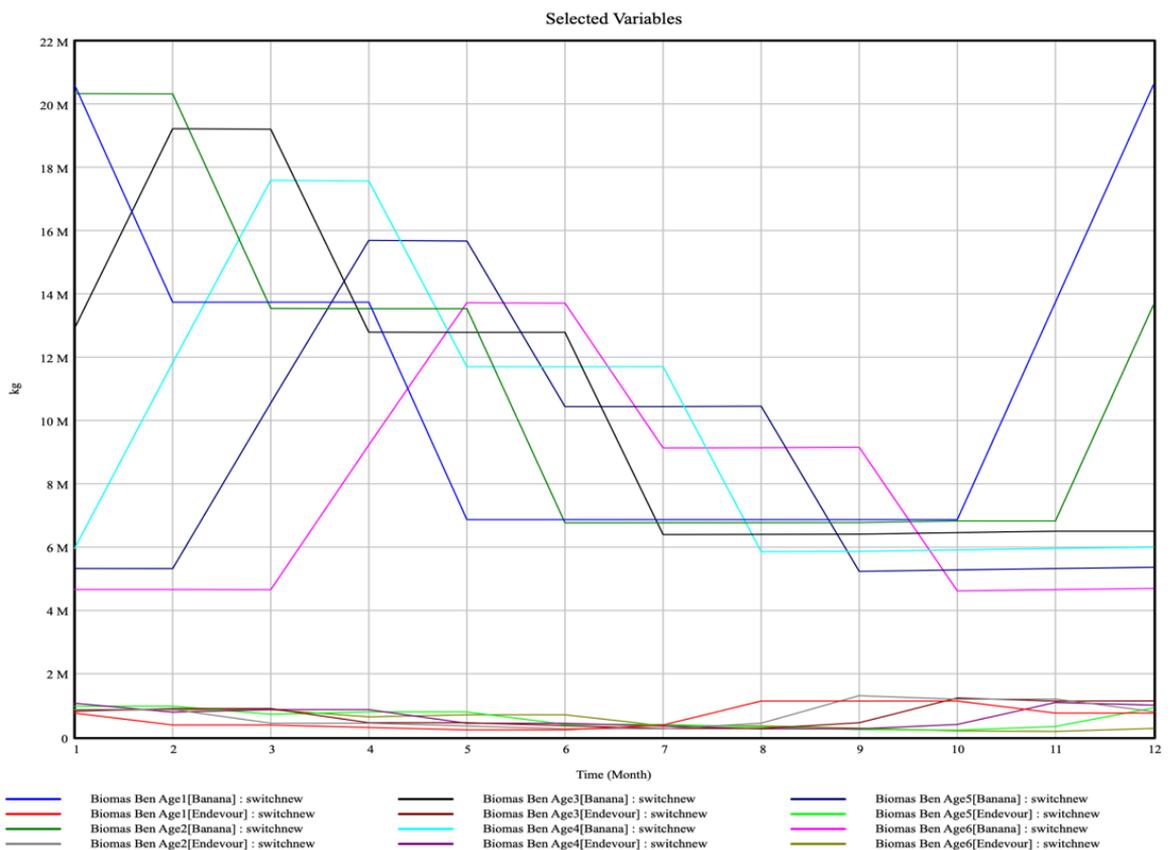
Gambar 3. Total biomassa udang jerbung, dogol dan windu.

Seperti dapat dilihat dari **Gambar 3** total biomassa udang jerbung meningkat selama tiga bulan pertama hingga mencapai puncaknya pada bulan empat (April) mencapai sekitar 100 ribu ton. Biomassa menurun setelahnya hingga Oktober, kemudian meningkat lagi hingga Desember sekitar 83 ribu ton.

Sedangkan untuk udang windu, total biomassa relatif konstan pada rata-rata 45 ribu ton, dengan level tertinggi pada bulan Oktober sebesar 47 ribu ton, dan terendah pada bulan Juli sebesar 43 ribu ton. Sementara untuk udang dogol, biomassa berkisar antara 4 ribu ton hingga yang tertinggi di 6 ribu ton pada Oktober.

Ukuran biomassa untuk setiap spesies udang bervariasi sesuai dengan komposisi usia (kohort). Secara umum, dapat dikatakan bahwa biomassa tertinggi terjadi pada usia 2 bulan hingga usia 4 bulan, menurun setelahnya.

Gambar 4 menunjukkan ukuran biomassa untuk setiap kelompok umur.



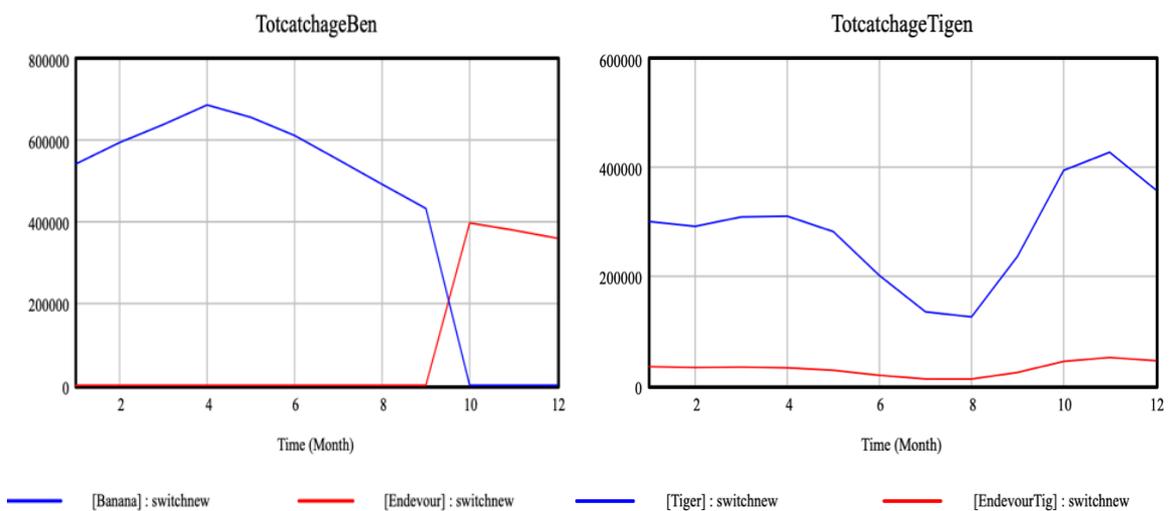
Gambar 4. Distribusi biomassa untuk setiap kelompok umur.

Distribusi biomassa untuk setiap spesies udang umumnya mengikuti pola yang sama. Ukuran biomassa pada usia muda meningkat dan kemudian menurun karena perubahan pada kelompok berikutnya atau karena kematian akibat penangkapan. Peningkatan biomassa selama tiga bulan terakhir disebabkan oleh penambahan jumlah individu pada siklus biologis mereka.

Total Tangkapan

Dalam data aktual tahun 2014, armada jergung beralih menangkap udang jergung menjadi udang dogol pada bulan Oktober hingga akhir tahun, sementara armada windu menangkap udang windu dan udang dogol sepanjang tahun.

Simulasi Vensim menghasilkan pola yang sangat mirip. Seperti yang dapat dilihat **Gambar 5** armada jergung menangkap udang jergung dari Januari hingga September dan beralih ke udang dogol dari Oktober hingga Desember. Hasil tangkapan armada jergung yaitu udang jergung meningkat dari Januari hingga April dengan hasil tangkapan tertinggi pada Bulan April sekitar 700 ton. Hasil tangkapan udang jergung menurun setelahnya menjadi rata-rata 500 ton per bulan hingga September. Pada bulan Oktober armada jergung menangkap udang dogol sekitar 400 ton dan 380 ton per bulan pada akhir tahun.



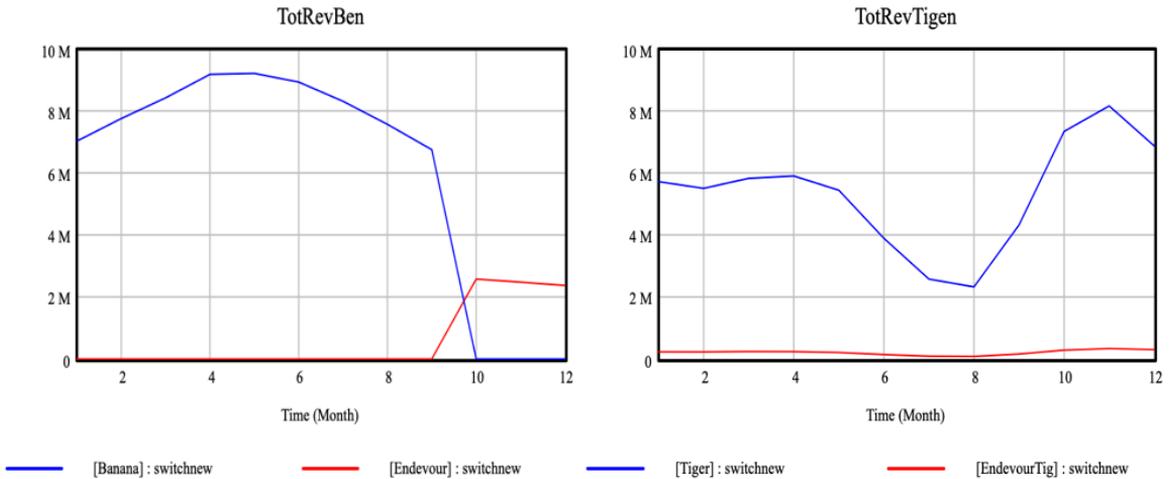
Gambar 5. Jumlah tangkapan armada penangkapan jergung dan armada penangkapan windu.

Dalam hasil simulasi, hasil tangkapan armada windu yaitu udang windu dari Januari hingga April hampir konstan dengan rata-rata 200 ton per bulan. Tangkapan udang windu menurun dari Mei hingga Agustus dengan tangkapan terendah pada Agustus sekitar 100 ton sebelum meningkat lagi dari September hingga November sekitar 350 ton per bulan, memuncak pada November di 400 ton. Produksi udang windu ditutup pada Desember sekitar 370 ton.

Total Pendapatan Armada

Total pendapatan untuk kedua armada mengikuti pola yang sama dengan total tangkapan **Gambar 6**. Untuk armada jergung, yang menangkap udang jergung dan udang dogol, total pendapatan meningkat dari Januari hingga mencapai puncaknya pada bulan April sebesar US\$ 9 juta atau setara dengan Rp 126 miliar. Total pendapatan menurun setelahnya sekitar US\$ 2 juta atau setara Rp 28 miliar. Rata-rata bulanan total pendapatan armada sekitar Rp 95 miliar per bulan untuk sepanjang tahun.

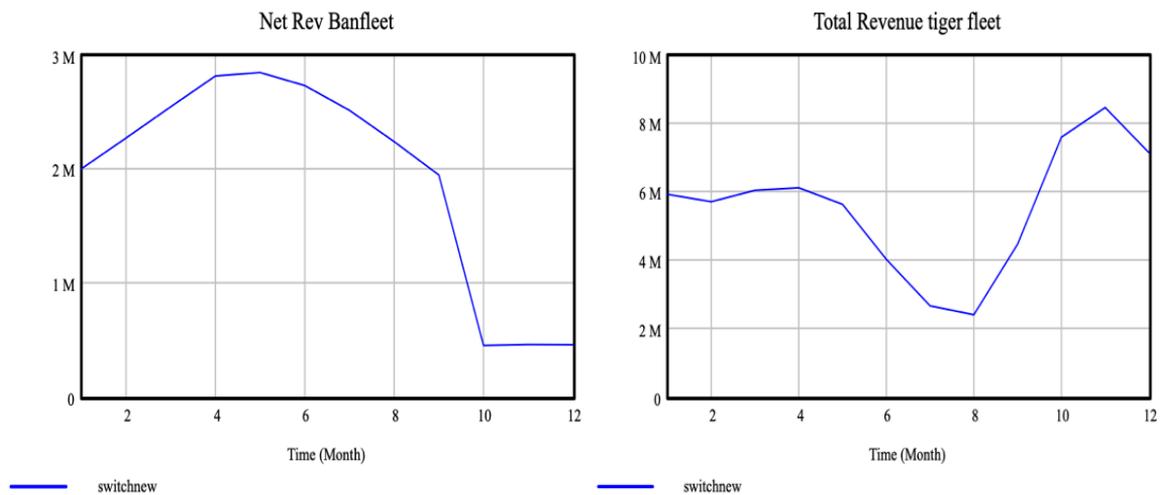
Total pendapatan untuk armada windu juga mengikuti pola tangkapan oleh armada windu. Berbeda dengan armada jergung, pendapatan tertinggi untuk armada windu terjadi pada bulan November dan terendah terjadi pada bulan Agustus. Total pendapatan rata-rata per bulan untuk armada ini sekitar US\$ 5 juta, setara dengan Rp 69,5 milyar.



Gambar 6. Jumlah pendapatan armada penangkapan jerbung dan armada penangkapan windu.

Gambar 7 menyajikan pendapatan bersih untuk kedua armada. Pola pendapatan bersih mirip dengan pola total pendapatan; satu-satunya perbedaan adalah besarnya. Pendapatan bersih tertinggi untuk armada jerbung terjadi pada bulan Mei di sekitar US\$ 2.84 juta atau Rp 39,7 miliar, dan menurun setelahnya menjadi US\$ 450 ribu. Pendapatan bersih tahun tersebut untuk armada jerbung sebesar US\$ 17 juta atau sekitar Rp 240 miliar.

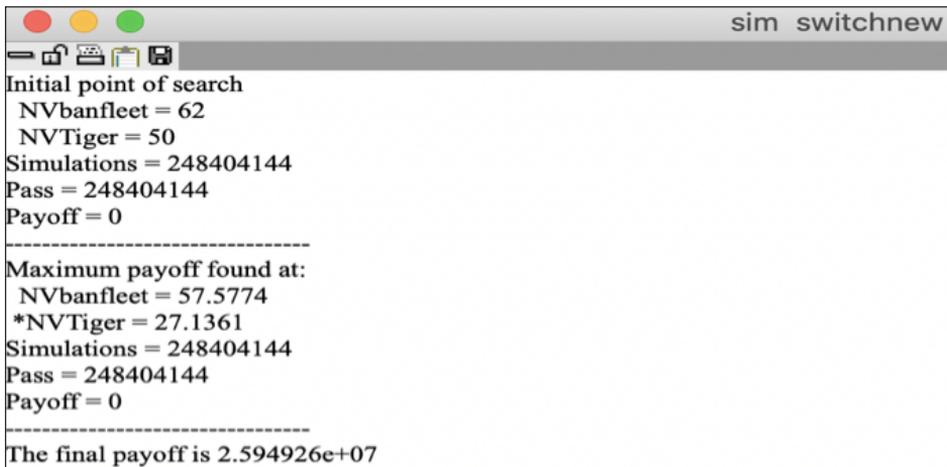
Sedangkan untuk armada windu, pendapatan bersih mencapai level tertinggi pada November sekitar US\$ 280 ribu atau setara Rp 4 miliar. Pendapatan bersih terendah terjadi pada Bulan Agustus sekitar US\$ 8600 atau setara dengan Rp 121 juta. Total pendapatan bersih dalam setahun untuk armada windu diperkirakan sekitar US\$ 360 ribu atau setara dengan Rp 5,1 miliar.



Gambar 7. Pendapatan bersih armada penangkapan jerbung dan armada penangkapan windu.

Optimisasi Jumlah Pukat Udang dan Royalti

Langkah selanjutnya dari analisis bioekonomi dengan Vensim adalah menggunakan fitur optimisasi untuk menentukan jumlah pukat udang yang optimal. Optimisasi dilakukan untuk memaksimalkan manfaat bersih dengan mengendalikan atau mengatur jumlah pukat udang di setiap armada menggunakan algoritma *Powell Optimizer* dengan perulangan maksimum 1.000 kali. Hasil optimisasi disajikan pada **Gambar 10**.



Gambar 8. Hasil optimisasi.

Seperti yang dapat dilihat pada hasil **Gambar 8** menghasilkan jumlah pukat udang yang optimal menjadi 57 unit untuk armada jerbung dan 27 unit untuk armada windu. Hasil ini sebanding dengan perhitungan numerik Excel dari jumlah optimal pukat udang 54 untuk armada jerbung dan 22 untuk armada windu. Jika kita menggabungkan hasil tersebut, perkiraan jumlah armada yang optimal berada di kisaran 54-57 untuk armada jerbung dan 22-27 untuk armada windu, atau kisaran total seluruh armada 76-84 pukat udang.

Perlu diperhatikan mengenai kisaran jumlah total optimal pukat udang. Mengapa? **Pertama**, parameter yang digunakan dalam model dan data di mana model didasarkan sangat lemah, tidak mewakili seluruh armada pukat udang yang beroperasi secara aktual pada tahun 2014. **Kedua**, datanya jauh dari sekarang ini - lima hingga enam tahun. **Ketiga**, model ini adalah penyederhanaan perikanan, dengan tidak mencantumkan hubungan stok-rekrutmen dan penentu kelimpahan udang lainnya. **Keempat**, model mengabaikan eksternalitas negatif, efek berbahaya pada lingkungan seperti kerusakan habitat. **Kelima**, kebutuhan untuk mengikuti pendekatan pencegahan dengan (i) mengurangi probabilitas

peristiwa buruk dalam batas yang dapat diterima; dan (ii) menghindari kerusakan yang tidak dapat diubah dan biaya tinggi terhadap sumber daya (dan masyarakat) dalam kasus ketidakpastian tinggi (menempa ketidaktahuan). Dengan memperhitungkan pertimbangan ini menunjukkan bahwa jumlah optimal pukat udang yang diizinkan harus dimulai dari jumlah konservatif, yang akan menjadi 50 pukat udang untuk armada jerbung dan 20 pukat udang untuk armada windu. Total armada 70 unit merupakan perkiraan konservatif yang memiliki peluang sangat baik untuk memproduksi perikanan secara berkelanjutan.

Hasil optimisasi digunakan untuk memperkirakan jumlah royalti optimal yang diterima oleh negara. Terminologi royalti ini dikenal sebagai PNB (Penerimaan Negara Bukan Pajak) atau pendapatan yang diterima negara selain mekanisme perpajakan. Perhitungan PNB dilakukan dengan menggunakan *royalty rate* dari 2% menjadi 4% dari total pendapatan. Jumlah tersebut dibagi dengan jumlah pukat udang yang optimal untuk menentukan royalti per armada, yang menjadi pertimbangan Kementerian Perikanan dan Kelautan.

Tabel 10 menyajikan estimasi PNBP dalam denominasi Rupiah, baik dari perhitungan Vensim maupun numerik dalam versi Excel terpisah dari model.

Tabel 10. Hasil royalti optimal (PNBP per armada).

Tarif Pajak	Excel		Simulasi Vensim	
	Armada Penangkapan Jerbung	Armada Penangkapan Windu	Armada Penangkapan Jerbung	Armada Penangkapan Windu
	(54)	(22)	(57)	(27)
2%	Rp 410.234.689	Rp 605.652.938	Rp 376.462.456	Rp 601.994.815
3%	Rp 615.352.034	Rp 908.479.407	Rp 558.931.579	Rp 893.775.556
4%	Rp 820.469.379	Rp 1.211.305.877	Rp 737.559.298	Rp 1.179.417.037

Catatan: Angka dalam tanda kurung menunjukkan jumlah armada yang optimal

Dari **Tabel 10** *royalty rate* 2%, PNBP per armada akan berada di kisaran Rp 300 juta hingga Rp 600 juta. Jika tarif pajak (*royalty rate*) ditingkatkan sebesar 3% PNBP per armada akan berada di kisaran Rp 560 juta hingga Rp 890 juta. Tarif pajak sebesar 4% pada akhirnya akan meningkatkan PNBP yang diterima negara terhadap tarif sebesar Rp 200-400 juta.

Analisis Sensitivitas

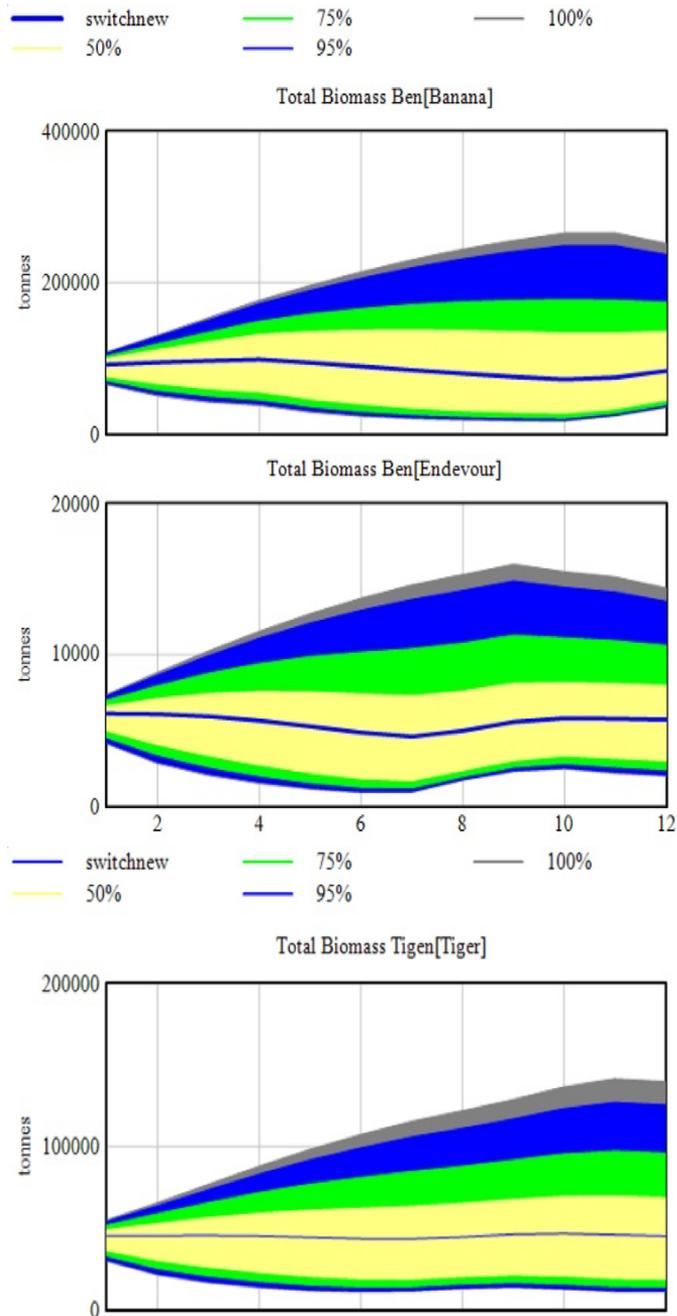
Model bioekonomi perikanan Laut Arafura (WPP 718) didasarkan pada data yang saat ini tersedia (data 2014). Beberapa parameter biologis dan ekonomi berasal dari berbagai sumber. Parameter ini dipengaruhi pada beberapa faktor seperti faktor lingkungan untuk parameter biologis (daya dukung, salinitas, dan faktor terkait ekosistem lainnya), dan faktor pasar untuk parameter ekonomi (permintaan udang, biaya penangkapan ikan, dll). Untuk menguji bagaimana perubahan parameter ini mempengaruhi hasil simulasi dan pengoptimalan, analisis sensitivitas menggunakan simulasi Monte Carlo dilakukan.⁵

Hasil simulasi Monte Carlo dengan perubahan simultan parameter biologis dan ekonomi pada biomassa disajikan pada **Gambar 9** ketidakpastian 50% hingga 100%.⁶ Di batas luar ketidakpastian (100%), total biomassa udang jerbung diperkirakan sekitar 220 ribu ton maksimal, dan minimal 5 ribu ton. Untuk udang dogol, batas atas dan ketidakpastian 100% diperkirakan sekitar 15 ribu ton dan minimal 2 ribu ton, sedangkan untuk udang windu batas atas pada 100% ketidakpastian sekitar 130 ribu ton dan batas bawah berada di 5 ribu ton.

Setiap saat, setengah dari simulasi telah menghasilkan nilai dalam wilayah 50%, tiga perempat dalam wilayah 75% dan sebagainya.

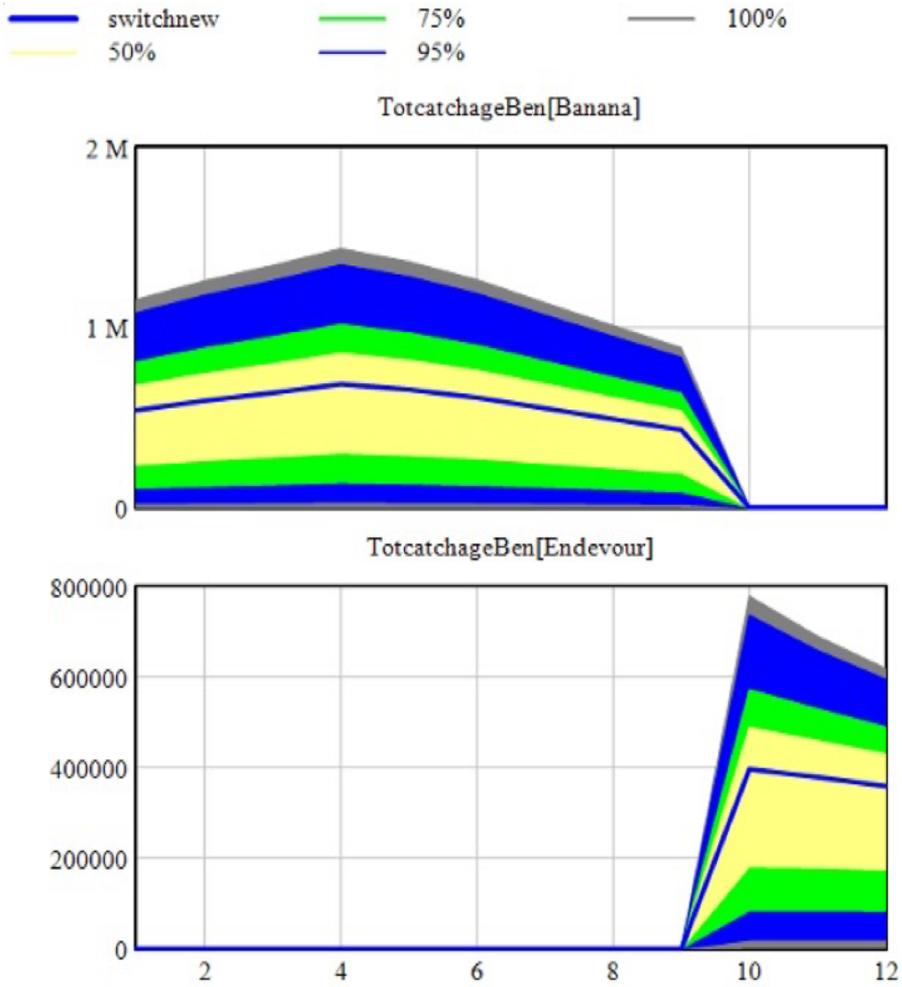
⁵ Analisis Monte Carlo melibatkan ratusan atau bahkan ribuan simulasi dengan parameter yang diambil dari berbagai nilai, menghasilkan berbagai hasil.

⁶ Tingkat ketidakpastian menunjukkan persentase simulasi yang terletak dalam rentang. Band 50% menunjukkan kisaran hasil untuk setengah dari simulasi dan 100% kisaran untuk semua hasil (*outcome*).



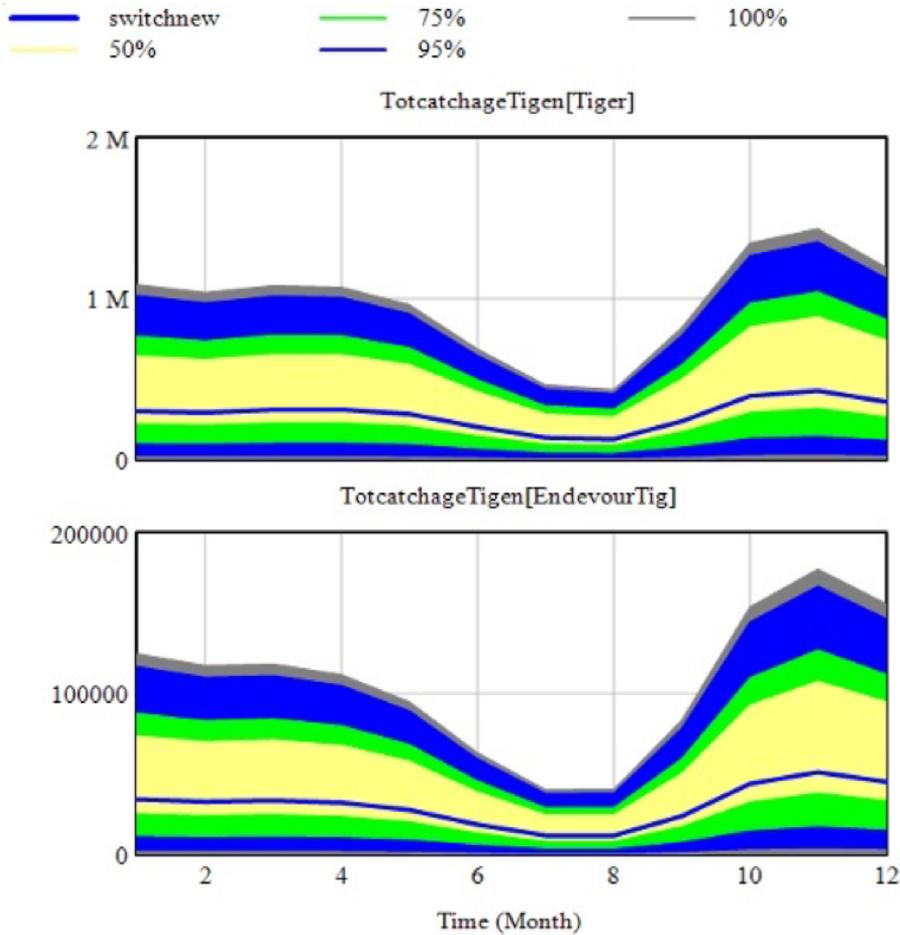
Gambar 9. Hasil simulasi Monte Carlo terhadap biomassa udang jerbung, dogol, dan windu.

Gambar 9 menyajikan hasil Monte Carlo pada total jumlah tangkapan untuk armada jerbung dan windu. Seperti dapat dilihat dari angka, pada 100% ketidakpastian batas atas untuk tangkapan adalah sekitar 1.200 ton dan dengan batas bawah sekitar 1 ton. Untuk udang dogol yang ditangkap oleh armada jerbung, analisis Monte Carlo menunjukkan bahwa batas atas untuk ketidakpastian 100% berada di 800 ton sementara batas bawah sekitar 1 ton. Simulasi Monte Carlo untuk udang dogol yang ditangkap oleh armada jerbung mengikuti pola tangkapan armada ini, beralih pada bulan Oktober dari menangkap udang jerbung menjadi udang dogol.



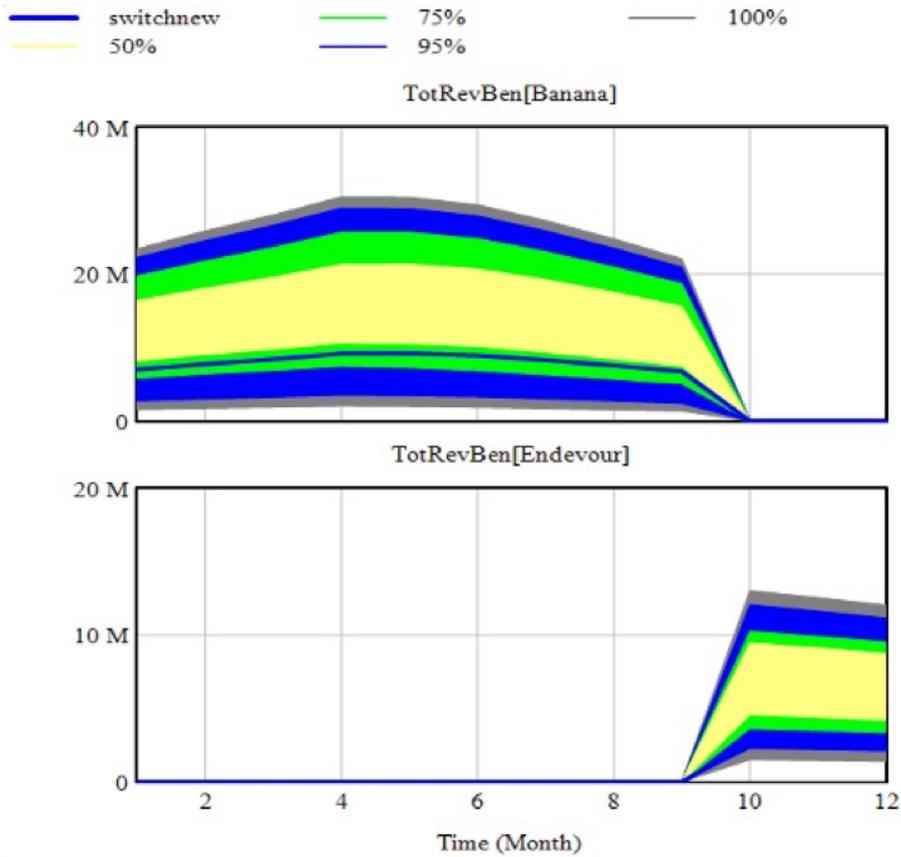
Gambar 10. Simulasi Monte Carlo hasil tangkapan armada penangkapan jebung.

Simulasi Monte Carlo terkait dengan total tangkapan oleh armada windu disajikan dalam Gambar 11. Pada ketidakpastian 100%, batas atas tangkapan untuk armada windu sekitar 1.200 ton dengan batas bawah sekitar 1 ton. Udang dogol yang ditangkap oleh armada ini pada ketidakpastian 100% adalah 150 ton (batas atas) dan 1 ton (batas bawah).



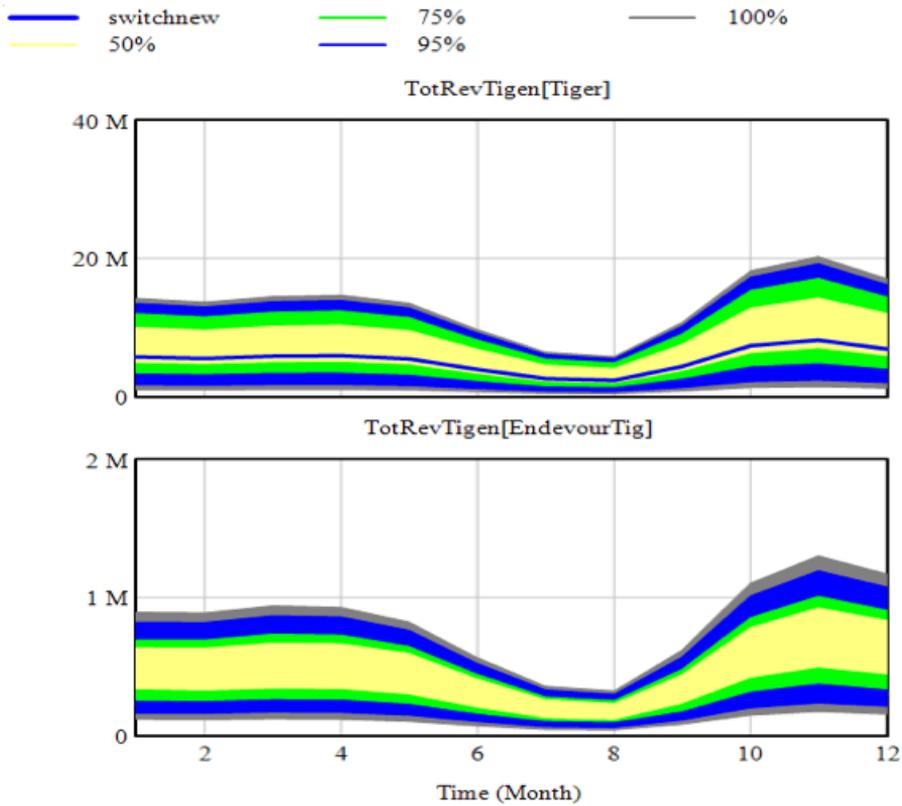
Gambar 11. Hasil Monte Carlo tangkapan armada penangkapan windu.

Gambar 12 menyajikan hasil analisis Monte Carlo sehubungan dengan total pendapatan untuk armada jerbung. Pada 100% ketidakpastian batas atas untuk total pendapatan armada jerbung diperkirakan sebesar US\$ 28 juta dan batas bawah sebesar US\$ 1 juta. Hasil analisis Monte Carlo untuk total pendapatan mengikuti pola total pendapatan dan total tangkapan oleh armada jerbung di mana pendapatan beralih dari udang jerbung ke udang dogol pada bulan 10. Mulai Oktober, batas atas udang dogol diperkirakan sekitar US\$ 12 juta dan batas bawah sebesar US\$ 1 juta untuk ketidakpastian 100%.



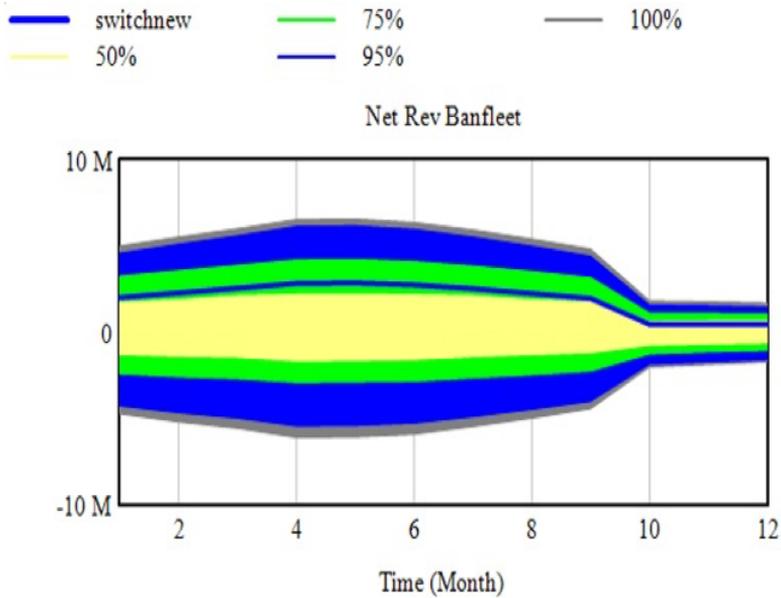
Gambar 12. Hasil Monte Carlo terhadap penerimaan total armada penangkapan jerbung.

Sedangkan untuk armada windu, analisis Monte Carlo menunjukkan bahwa pada 100% ketidakpastian batas atas total pendapatan diperkirakan sekitar US\$ 20 juta dengan batas bawah US\$ 1 juta untuk udang windu, sementara untuk udang dogol diperkirakan batas atas berada di US \$ 1.1 juta dan batas bawah sebesar US\$ 0.5 juta (Gambar 13).

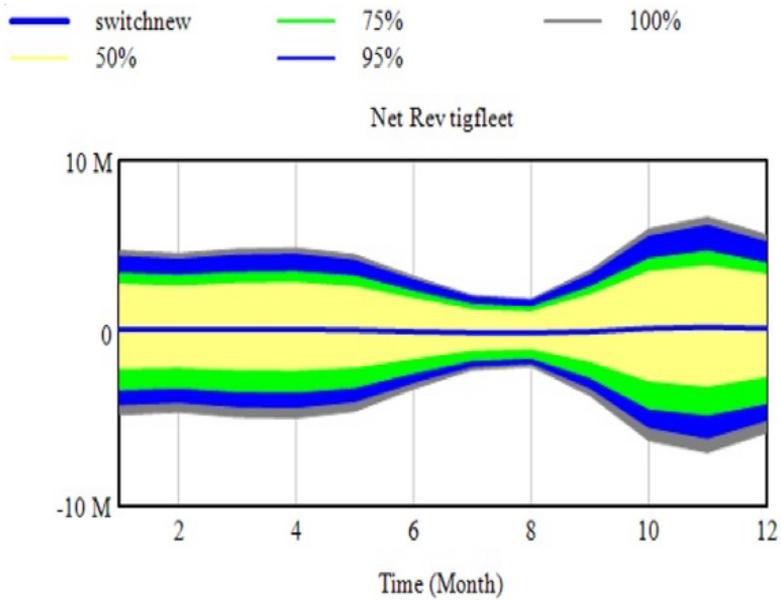


Gambar 13. Hasil Monte Carlo terhadap penerimaan total armada penangkapan windu.

Analisis terakhir Monte Carlo dilakukan untuk pendapatan bersih untuk armada jerbung dan windu. Gambar 14 menyajikan hasil Monte Carlo untuk pendapatan bersih armada jerbung. Pada 100% ketidakpastian batas atas pendapatan bersih diperkirakan sebesar US\$ 5 juta pada bulan April dengan batas bawah sekitar US\$ 2 juta.



Gambar 14. Hasil Monte Carlo penerimaan bersih armada penangkapan jerbung.



Gambar 15. Hasil Monte Carlo penerimaan bersih armada penangkapan windu.

Sementara untuk armada windu (Gambar 15), batas atas pendapatan bersih diperkirakan sebesar US\$ 4 yang terjadi pada bulan November, dan batas bawah diperkirakan sekitar minus US\$ 5 juta.

Semua simulasi Monte Carlo yang dibahas sebelumnya memiliki titik referensi atau tolok ukur, menuju garis dasar atau ketidakpastian 0% yang ditandai sebagai garis biru solid, dan dilabeli sebagai "switchnew". Garis-garis ini memiliki nilai yang sama seperti yang dibahas dalam hasil dasar.

REKOMENDASI KEBIJAKAN & PERINGATAN

Ada dua rekomendasi yang berasal dari pekerjaan untuk mengembangkan dan menerapkan model bioekonomi untuk pengelolaan perikanan pukat udang Laut Arafura: rekomendasi pertama adalah rekomendasi kebijakan untuk memenuhi tujuan pengelolaan perikanan ketika larangan pukat udang dicabut. Rekomendasi kedua, yang disajikan di bagian berikut ini, melibatkan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kemampuan model bioekonomi untuk memandu pengambilan keputusan kebijakan di masa depan.

Rekomendasi Kebijakan

Pemodelan bioekonomi menghasilkan rekomendasi kebijakan sebagai berikut:

1. Jumlah optimal pukat udang yang diizinkan harus dimulai dari tingkat jumlah konservatif 70 pukat udang, di antaranya 50 pukat udang untuk armada jerbung dan 20 pukat udang untuk armada windu. Jumlah armada sebanyak 70 unit merupakan perkiraan konservatif dari hasil simulasi yang menghasilkan usaha penangkapan yang berkelanjutan. Jumlah pukat udang dapat ditingkatkan di masa depan ketika bukti penelitian menunjukkan bahwa kondisi sumber daya udang membaik dan evaluasi bioekonomi berikutnya menunjukkan bahwa manfaat sosial bersih dapat ditingkatkan dengan lebih banyak pukat udang yang beroperasi.
2. Tingkat pungutan rente sumber daya yang direkomendasikan adalah 2%. Hal ini menghasilkan nilai PNBP wajar sebesar Rp 450 juta per kapal. Dalam praktiknya, nilai ini dapat meningkat secara bertahap ketika perolehan ekonomi menunjukkan peningkatan yang signifikan dan tujuan konservasi terpenuhi.
3. Pengelolaan *closed season* harus dipertimbangkan untuk memulihkan stok dan meningkatkan perkembangan populasi, dan memungkinkan udang tumbuh lebih besar dan menghasilkan harga yang lebih tinggi. Misalnya, penutupan musim penangkapan pada periode Januari-Maret memungkinkan untuk menggeser hasil manfaat maksimum pada periode April sampai Desember sehingga memungkinkan hasil tangkapan secara merata pada periode April-Desember (mengurangi fluktuasi tajam pada periode Juli-Agustus).

Peringatan

Versi model saat ini yang digunakan banyak memiliki keterbatasan. Pertama dan terpenting, hanya diperoleh berdasarkan data yang minim dari dua perusahaan pada tahun 2014. Sejak perikanan pukat udang tidak aktif sejak 2015, ketika larangan pukat udang dijalankan kembali, penelitian ini harus mengandalkan data dari hanya dua perusahaan yang mengoperasikan 20 pukat udang yang tidak mewakili seluruh armada 2014 dan juga tidak mewakili armada baru pada tahun 2021.

Model ini juga tidak termasuk alat tangkap lain yang menangkap udang atau spesies lain yang ditangkap oleh pukat udang. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk memperluas model numerik yang akan memperhitungkan kekurangan ini.

Sebagai konsekuensinya, versi model ini menghasilkan perkiraan hasil kasar dan implikasi kebijakan. Data dan waktu yang lebih panjang diperlukan untuk menentukan model bioekonomi yang lebih akurat, yang menghasilkan dampak yang solid terhadap kebijakan.

REKOMENDASI PENELITIAN SELANJUTNYA

Pengumpulan Data

Diperlukan upaya mendesak untuk memperbaiki data yang digunakan untuk mengembangkan versi model bioekonomi saat ini. Seperti dijelaskan di atas, versi model saat ini memiliki keterbatasan serius karena parameter yang didasarkan pada data yang cukup lama, bahkan beberapa data tidak tersedia. Hasil simulasi cukup sensitif terhadap parameter biologis. Oleh karena itu, disarankan untuk secara berkala memperbaiki nilai parameter biologis udang di Laut Arafura dan mendirikan basis data perikanan udang yang dapat berfungsi sebagai referensi database udang di wilayah lain.

Selain itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk melakukan penilaian stok pada semua spesies udang (terutama udang jerbung, udang windu dan udang dogol). Studi baru diperlukan untuk menghasilkan parameter yang dapat diandalkan pada tingkat dan pola rekrutmen udang (terutama rekrutmen stok), pertumbuhan dan kematian alami.

Disarankan agar data dikumpulkan pada operasi armada pukat udang sejak awal dan berlanjut setidaknya selama setahun penuh, jika tidak dapat dilakukan terus menerus dari waktu ke waktu. Model bioekonomi memaparkan pentingnya pelaporan perikanan untuk Menyusun struktur biaya produksi. Struktur dan parameter biaya sangat penting untuk menentukan ukuran armada yang optimal dan besaran PNPB. Oleh karena itu, transparansi pelaporan yang berkesinambungan oleh pelaku usaha perikanan di Laut Arafura harus didorong untuk mencapai kebijakan pengelolaan yang transparan dan berbasis sains.

Model bioekonomi saat ini tidak termasuk alat tangkap lain yang menangkap udang atau spesies lain yang ditangkap oleh pukat udang. Data produksi oleh alat tangkap lain dan data spesies lain harus dikumpulkan untuk mendukung keberlanjutan studi dengan menggunakan model dengan data produksi yang lengkap dapat mempengaruhi populasi dan dinamika ekonomi dalam model dan analisis kebijakan berikutnya secara lebih tepat.

Data pasar udang juga akan sangat berharga untuk menyesuaikan model dengan perubahan kondisi pasar dan dapat mengelola perikanan secara proaktif.

Pemodelan Vensim

Sangat penting untuk mengembangkan dan menyempurnakan model bioekonomi numerik dengan pengumpulan dan analisis data secara terus menerus yang diperbaharui secara berkala, serta pemrograman tambahan dari versi waktu berkesinambungan (continuous time version) dari model Vensim. Hal ini membutuhkan pengumpulan data bioekonomi dan ekonomi secara berkala untuk mendukung perbaikan model dan saran kebijakan.

Spesifikasi model bioekonomi numerik perlu diperluas menjadi kurun waktu berkesinambungan (continuous time). Penelitian ini harus dilakukan bersamaan dengan upaya pengumpulan dan analisis data baru tentang perikanan. Versi model Vensim saat ini menggunakan spesifikasi waktu diskrit dari dinamika populasi dan ekonomi. Upaya untuk mengembangkan versi waktu yang berkesinambungan dari model terbatas selama waktu dan sumber daya yang dialokasikan untuk penelitian ini.

Model ini juga harus diperpanjang lebih dari satu tahun dan memungkinkan untuk membawa udang yang direkrut ke perikanan pada periode terakhir setiap tahun. Jika hubungan stok-rekrutmen terdeteksi dalam data untuk salah satu spesies udang, model juga harus menggabungkan hubungan tersebut.

Pekerjaan ini sangat penting untuk model bioekonomi yang kuat dan dapat diandalkan untuk digunakan dalam mengelola perikanan, dan berfungsi sebagai prototipe untuk perikanan udang lainnya di Indonesia. Ini juga akan membantu para peneliti mengembangkan model bioekonomi untuk sumber daya laut terbarukan lainnya, termasuk ikan demersal, ikan pelagis, lobster, kepiting dan krustasea lainnya.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) harus berinvestasi dalam membangun kapasitas untuk mengembangkan dan memelihara model bioekonomi numerik untuk semua perikanan yang dikelola di negara ini. Kapasitas tersebut membutuhkan keahlian dalam ekonomi sumber daya, ilmu perikanan dan metode matematika numerik, dan kemampuan untuk menggunakan berbagai perangkat lunak dinamika sistem.

REFERENSI

- Endroyono. 2017. Overview of the trawl fisheries socio-economic conditions in Indonesia after the second trawl ban. In Siar, S. V., Suuronen, P and Gregory, R., eds. Socio-economics of trawl fisheries in Southeast Asia and Papua New Guinea. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 50. Rome, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7812e.pdf>
- Gillett, R. 2008. Global study of shrimp fisheries. FAO Document technique sur les pêches. No. 475. Rome, FAO. 2008. 331p.
- MMAF. 2017. Minister of Marine Affairs and Fisheries of the Republic of Indonesia, Number 50/KEPMEN-KP/2017; Estimated Potential, Number of Catches Allowed, and Level of Fish Resources Utilization in the Management Area State Fisheries of the Republic of Indonesia. <http://eafm-indonesia.net/en/download/51-keputusan-menteri-kelautan-dan-perikanan-republik-indonesia-nomor-50kepmen-kp2017>
- Purwanto. 2012. Performance of a fishery harvesting different minimum shrimp sizes in the Arafura Sea. Ind. Fish. Res. J. Vol. 18 No. 2. December: 79-89. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ifrj/article/download/783/768>
- Siar, S. V., Suuronen, P and Gregory, R., eds. 2017. Socio-economics of trawl fisheries in Southeast Asia and Papua New Guinea. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 50. Rome, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7812e.pdf>
- Sparre, P., & Venema, S.C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part I Manual. FAO Fish. Tech Pap.No. 306.1, Rev. 2. Rome, FAO. 407p. Available at <https://iwlearn.net/resolveuid/bae3ae95-2b5c-4969-ae69-cc627d4a5c89>
- Sutinen, J. G. 2013. Advice to the Ministry of Marine Affairs and Fisheries on fisheries management planning and implementation. Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Kingston, RI USA. https://www.crc.uri.edu/download/IMC_DelivAdvicetoMMAF_11.13.pdf
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10(2): 181-213.

LAMPIRAN

Tabel di bawah ini menetapkan spesifikasi teknis model bioekonomi perikanan pukat udang Laut Arafura.

Dinamika Populasi				
RECRUITMENT		Black tiger prawn (<i>P. monodon</i>)	Endeavour prawn (<i>Metapenaeus endeavouri</i>)	Banana prawn (<i>P. merguensis</i>)
Total	(1a)	$\overline{R}_T = 2 \times 10^9$	$\overline{R}_E = 5 \times 10^8$	$\overline{R}_B = 5 \times 10^9$
Periodic	(1b)	$R_T(t, \text{age}01)$ $= \alpha_T(t) \overline{R}_T$ $\text{rage}_T = 0$	$R_E(t, \text{age}01) = \alpha_E(t) \overline{R}_E$ $\text{rage}_E = 2$	$R_B(t, \text{age}01)$ $= \alpha_B(t) \overline{R}_B$ $\text{rage}_B = 5$
		$\alpha_T(t) = \beta + \gamma t + \varepsilon t^2 + \mu t^3$	$\alpha_E(t) = \beta + \gamma t + \varepsilon t^2 + \mu t^3$	$\alpha_B(t) = \beta + \gamma t + \varepsilon t^2$
		$\beta = 0.1077$	$\beta = 0.1953$	$\beta = 0.1932$
		$\gamma = -0.0192$	$\gamma = -0.1061$	$\gamma = -0.0433$
		$\varepsilon = 0.0036$	$\varepsilon = 0.0197$	$\varepsilon = 0.0032$
		$\mu = -0.0002$	$\mu = -0.001$	
		Where $j=T, E, B$.		
Weight at time t	(2)	$w_j(t) = \overline{w}_j \left[1 - \exp(-k_j(t + \text{rage}_j - \bar{t}_j)) \right]^3$, Von Bertalanffy growth curve, where $j=T, E, B$.		
Weight parameters		<i>Black Tiger</i>	<i>Endeavour</i>	<i>Banana</i>
Maximum weight		$\overline{w}_T = 110 \text{ g}$	$\overline{w}_E = 60 \text{ g}$	$\overline{w}_B = 100 \text{ g}$
Growth rate		$k_T = 0.37$	$k_T = 0.29$	$k_B = 0.34$
Age at zero weight		$\bar{t}_T = -1$	$\bar{t}_T = -3$	$\bar{t}_B = -6$
Initial recruitment age		$\text{rage}_T = 0$	$\text{rage}_E = 2$	$\text{rage}_B = 5$
Change in numbers	(3)	$\frac{dn_j(t)}{dt} = -[(F_j(t) + M_j)]n_j(t)$		
Fishing mortality		$F_j(t) = q_1^1 E_j^1(t) + q_2^2 E_j^2(t)$ is the fishing mortality rate; q_j the catchability rate; and $E_j^p(t)$ the fleet fishing effort where $j=T, E$ or B . NB: The superscripts 1 and 2 denote the two fleets, where 1 denotes the tiger targeting fleet and 2 the banana targeting fleet.		
Natural mortality		$M_T = 0.037/t$	$M_E = 0.29/t$	$M_B = 0.34/t$
		M_j : the instantaneous natural mortality rate.		
Biomass at t	(4)	$B_j(t) = n_j(t) \cdot w_j(t)$		
		Where $n_j(t)$ is a scalar of the numbers of prawns of all ages at t , and $w_j(t)$ a scalar of the weight of prawn of all ages at t where $j=T, E, B$. $B_j(t) = n_j(t) \cdot w_j(t)$ is the scalar or dot product of the two scalars.		

Dinamika Ekonomi

Name	Equation	Parameter values & Notes									
Total catch of each species at T	(5) $Q_j(t) = F_j(t)n_j(t)w_j(t)$	$F_j(t) = q_j^1 E_j^1 + q_j^2 E_j^2$ is the fishing mortality rate for species j ; q_j^1 and q_j^2 the catchability rates and E_j^1 and E_j^2 fishing effort for fleet 1 (which catches tiger and endeavour prawns) and fleet 2 (which catches banana and endeavour prawns), respectively. As above, $j=T, E$ or B .									
Catchability Coefficients	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Black tiger prawn</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Endeavour prawn</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Banana prawn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Fleet 1</td> <td style="padding: 2px;">$q_T^1 = 0.00001$</td> <td style="padding: 2px;">$q_E^1 = 0.0000075$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fleet 2</td> <td style="padding: 2px;">$q_T^2 = 0.0$</td> <td style="padding: 2px;">$q_E^2 = 0.00011$</td> </tr> </tbody> </table>	Black tiger prawn	Endeavour prawn	Banana prawn	Fleet 1	$q_T^1 = 0.00001$	$q_E^1 = 0.0000075$	Fleet 2	$q_T^2 = 0.0$	$q_E^2 = 0.00011$	$q_B^1 = 0.0$ $q_B^2 = 0.000005$ The availability and catchability of each species, which depends on the efficacy of the gear and availability of prawns to be captured by the gear.
Black tiger prawn	Endeavour prawn	Banana prawn									
Fleet 1	$q_T^1 = 0.00001$	$q_E^1 = 0.0000075$									
Fleet 2	$q_T^2 = 0.0$	$q_E^2 = 0.00011$									
Total catch by each fleet	(6) $Q^v = \sum_j q_j^v(t)E_j^v(t)n_j(t)w_j(t)$	where, $j=T, E, B$ and $v=1,2$, fleets 1 and 2. Fleet 1 catches tiger and endeavour prawns, and fleet 2 catches banana and endeavour prawns.									
Total revenue of each fleet	(7) $TR^v(E^v(t)) = \sum_j P_j(t)q_j^v(t)E_j^v(t)n_j(t)w_j(t)$										
Fleets' Cost functions											
Variable costs per period	(8a) $VC^v(E^v(t)) = a^v E^v(t) + b^v (E^v(t))^2$	$FC^1 =$ \$50,000; $FC^2 =$ \$100,000 $a^1=8,300,$ $b^1=1.0$ $a^2=2,500,$ $b^2=3.0$									
Total cost over all periods	(8b) $TC^v = FC^v + \int_0^T a^v E^v(t) + b^v (E^v(t))^2 dt$										
Fleet Profits											
Profits per period	(9a) $\pi^v(t) = \sum_j P_j(t)q_j^v(t)E_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - [a^v E^v(t) + b^v (E^v(t))^2]$										
Profits over all periods	(9b) $\pi^v = \int_0^T \left\{ \sum_j P_j(t)q_j^v(t)E_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - [a^v E^v(t) + b^v (E^v(t))^2] \right\} dt - FC^v$										
Profit maximizing condition	(10) $\frac{\partial \pi^v(t)}{\partial E_j^v} = \sum_j P_j(t)q_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - [a^v + 2 \cdot b^v E^v(t)] = 0$										
Price functions	(11) $P_j(t) = \alpha_j + \beta_j w_j(t)$	$\alpha_T = 4.45; \beta_T=0.19$ $\alpha_E = 3.03; \beta_E=0.11$ $\alpha_B=1.51, \beta_B=0.25$									

Kondisi Keseimbangan *Open Access* yang Tidak Diatur:

Name	Equation
OA equilibrium condition	(12a) $\sum_j P_j(t)q_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - a^v - 2b^v E^v(t) = 0$
Equilibrium effort	(12b) $E^v(t) = \left\{ \sum_j P_j(t)q_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - a^v \right\} / 2 \cdot b^v$

Di bawah rezim keterbukaan akses yang tidak diatur, tingkat upaya keseimbangan untuk setiap armada ditentukan oleh kondisi standar pendapatan rata-rata upaya yang sama dengan biaya usaha marginal. Dalam istilah formal: untuk setiap armada ($v = 1,2$) pada setiap t , dengan kondisi awal dan sebagai berat udang dan angka berubah sesuai dengan rumus di $n_j(0) = R_j$ atas.

Dengan spesifikasi ini, upaya keseimbangan armada adalah fungsi dari berat masing-masing spesies, diberikan oleh (2), dan jumlah setiap spesies, yang diberikan oleh (4), harga, yang merupakan fungsi berat, dan parameter untuk koefisien tangkapan dan fungsi biaya. Tingkat upaya untuk minggu ini masuk ke dalam persamaan untuk kematian penangkapan ikan, yang mempengaruhi biomassa pada periode berikutnya dan menentukan tingkat tangkapan untuk minggu t . Perhatikan bahwa upaya dihitung dengan cara yang sama seperti total tangkapan (5) dihitung.

Kondisi MEY

Solusi ekonomi maksimum untuk upaya penangkapan ikan dan variabel lainnya ditemukan dengan secara numerik memecahkan masalah pengoptimalan berikut:

Name	Equation
(13)	$\underset{E^v}{\text{maximize}} \int_0^T \sum_v \sum_j P_j(t)q_j^v(t)E_j^v(t)n_j(t)w_j(t) - [a^v E^v(t) + b^v (E^v(t))^2] dt$
	Subject to: $\frac{dn_j(t)}{dt} = -[(F_j(t) + M_j)]n_j(t)$ $n_j(0) = R_j$ $E_j^v \geq 0, \text{ for all } v \text{ and } j$

**Ucapan Terima Kasih atas kerja sama dalam penyusunan
Laporan Penelitian Bioekonomi Penangkapan Udang di
Perairan Laut Aru-Arafura (WPP-718) disampaikan kepada:**

1. **Profesor Emeritus Jon Sutinen**
University of Rhode Island
2. **Profesor Akhmad Fauzi**
Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB
3. **Gellwynn Jusuf, PhD**
Perencana Utama BAPPENAS
4. **Tonny Wagey, Ph.D**
Executive Director Indonesia Climate Change
Trust Fund
5. **Dr. Wijopriono**
Peneliti Senior Pusat Riset Perikanan Kementerian
Kelautan dan Perikanan
6. **Ir. Endroyono SE MS**
Ahli Penangkapan Direktorat Jenderal Perikanan
Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan
7. **Dr. Augy Syahailatua**
Kepala Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI
8. **I Gusti Ngurah Merthawibawa**
HPPI
9. **Tri Antoro, Endang Roesbandi**
HPPI
10. **Nobuyuki Sasaki**
HPPI
11. **August Edison Manurung**
HPPI
12. **Tanto Hermawan**
HPPI
13. **Achmad Baiquni**
KM. BINAMA dari Sorong beserta
14. **Nakhoda Effendi Jaya beserta crew**
15. **Andri Fredyanto**
yang mengoperasikan KM. SINAR PESONA LAUT
16. **Nakhoda Abram Fure dan crew**
17. **Endang Gunaisan, M.Si**
Direktur Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong
18. **Koordinator Observer**
19. **Abu Darda Razak, MP**
Koordinator Observer Politeknik Sorong
20. **Muhammad Ali Ulat, M.Si**
Koordinator Observer Politeknik Sorong
21. **Vicky Rizky Affandi Katili, M.Si**
Peneliti
22. **Rohyadi, S.Tr.Pi**
Peneliti
23. **Kamaluddin Kasim, S.Pi, M.Sc**
Peneliti Pusat Riset Perikanan, Badan Riset
dan Sumber Daya Manusia
24. **Dian Novianto**
Peneliti Pusat Riset Perikanan, Badan Riset
dan Sumber Daya Manusia
25. **Heri Harifin Latif**
Peneliti Pusat Riset Perikanan, Badan Riset
dan Sumber Daya Manusia
26. **Putranta Duta Hurip, S.Pi**
Perekayasa dari Balai Besar Penangkapan
Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap
27. **Ahmad Hadi Prayogo**
Perekayasa dari Balai Besar Penangkapan
Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap
28. **Dwi Rudy Setiawan**
Perekayasa dari Balai Besar Penangkapan
Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap
29. **Beny Salafudin**
Perekayasa dari Balai Besar Penangkapan
Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap
30. **Observer diatas kapal selama penelitian**
antara lain Zulfikar Umlati, Thomas Demena,
La Ode Faden Bilfar, Febriansyah Ramadhan,
Andro Soplera, Roksi Yansen M. Werluka,
Julianto Stefanus Situmeang, Yakub Warkor,
Yoga Pratama Triadi, Anugrah Reindra
Lamma, Haruna Matdoan, Muhammad Syukur
Mahu, Adianto, Khairil Anwar dan Najamudin.



Jon G. Sutinen Memperoleh gelar PhD pada bidang ekonomi dari University of Washington dan merupakan Professor Emeritus bidang Lingkungan dan Ekonomi Sumber Daya Alam di University of Rhode Island, USA dengan bidang keahlian ekonomi perikanan (*bioeconomic*) di ekosistem pesisir dan laut, serta memiliki minat yang besar pada penelitian bidang pengelolaan perikanan dan regulasi. Selama 37 tahun terakhir banyak melakukan penelitian pengelolaan sumberdaya udang dengan kapal pukat udang, diantaranya di Teluk Mexico, perairan New England dll. Pada tahun 2013 menyusun *Advice to the Ministry of Marine Affairs and Fisheries on fisheries management planning and implementation in Indonesia*, USAID, sebagai panduan pengelolaan perikanan di Indonesia.



Akhmad Fauzi Meraih gelar PhD pada bidang ekonomi sumber daya dari Department of Economics, Simon Fraser University, British Columbia Canada pada tahun 1998. Memiliki pengalaman lebih dari 35 tahun bekerja dengan Lembaga Internasional, Donor, NGO dan pemerintahan dengan keahlian di bidang *resource modeling*, pemodelan bioekonomi, *resource valuation* dan *sustainability analysis*. Ia juga menjadi dosen di program internasional Marine Resource Economics di Nha Trang University, Vietnam sejak tahun 2016 sampai sekarang. Pada tahun 2019 menjadi *Bioeconomic Model Expert* pada proyek *Bioeconomic Model of Shrimp Resource Management* di Laut Arafura yang merupakan program dari Kementerian Kelautan dan Perikanan.



Gellwynn Jusuf Berkarir di BAPPENAS dan Kementerian Kelautan dan Perikanan. Perencana Ahli Utama di BAPPENAS sejak 2019. Lulus sebagai Sarjana Perikanan IPB (1983) dengan jurusan teknologi penangkapan. PhD di bidang *bioeconomic* dari Environmental and Natural Resource Economics, University of Rhode Island (1997). Pada tahun 1994 menganalisa *The Policy Implication on Shrimp Industry in Arafura Sea* – URI. Pada tahun 2014 pengarah penyusunan Rencana Pengelolaan Perikanan (RPP) di WPP 718, yang meliputi perairan Laut Aru, Laut Arafuru dan Laut Timor bagian timur yang merupakan daerah penangkapan udang dan ikan di Indonesia.



Tonny Wagey Meraih gelar PhD di bidang Perikanan dan Oseanografi dari University of British Columbia, Canada dan telah berkontribusi dalam berbagai proyek pengelolaan pesisir dan laut di kawasan Asia Pasifik. Executive Director di ICCTF sejak 2017. Sebelumnya sebagai Manajer Proyek Regional dari Aksi Ekosistem Laut Arafura dan Timor (ATSEA)–UNDP selama lebih dari 8 tahun. Beberapa hasil kajian dan penelitian sebelumnya adalah *Status of Resources in Arafura and Timor Sea*, *Status of Development in Arafura and Timor Sea*, *Marine Biodiversity Review of The Arafura and Timor Sea*, and *A Study of Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing in the Arafura Sea – Indonesia*.

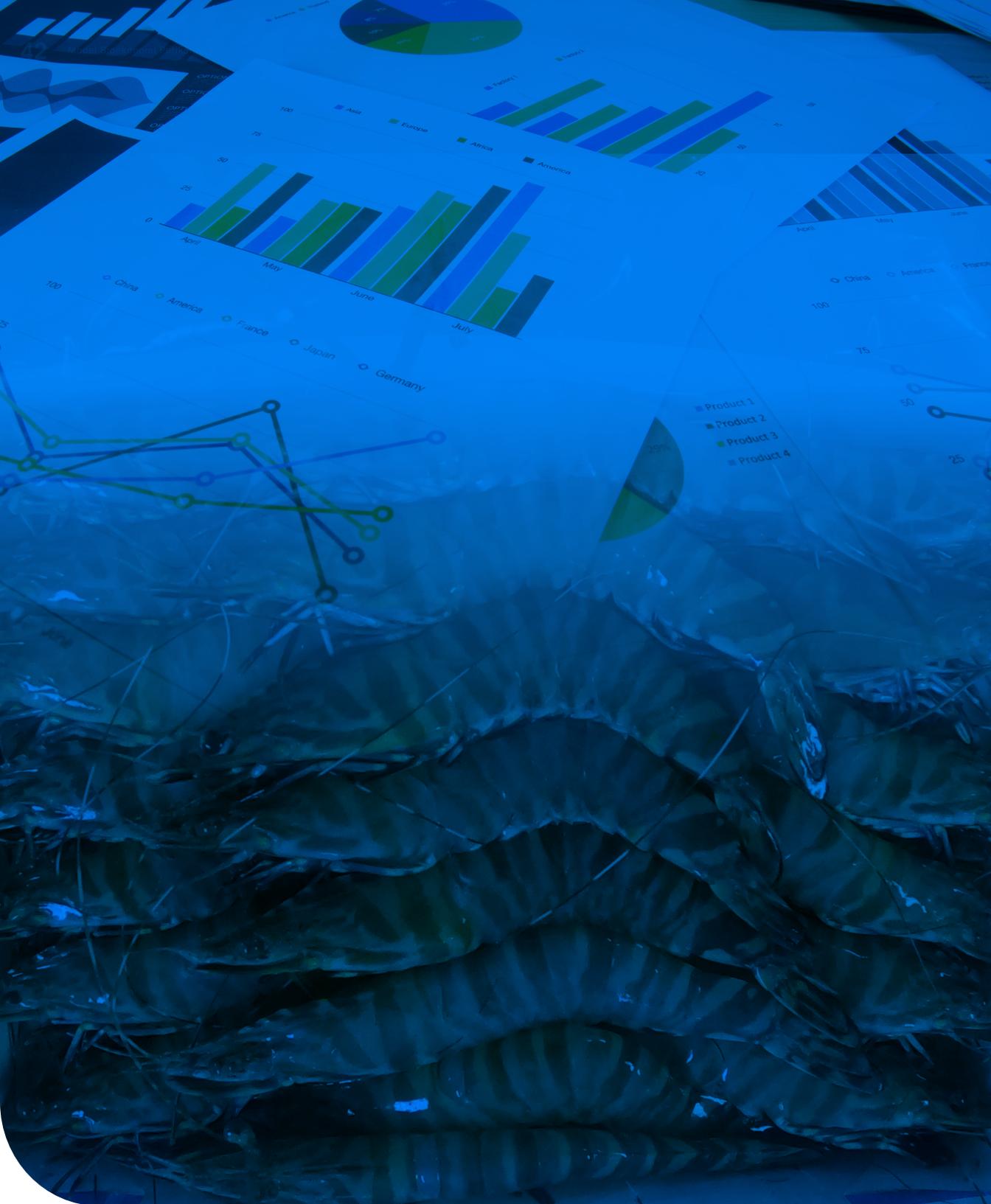


Wijopriono Sebagai peneliti di bidang perikanan laut sejak tahun 1984 dalam berbagai riset sumberdaya ikan. Sarjana Muda Akademi Usaha Perikanan (1983), Doktor di bidang *Remote Sensing* dari Universiti Putra Malaysia (2006). Pengalaman diantaranya sebagai ketua peneliti pada penelitian Biodiversitas sistem perikanan dan stok sumberdaya ikan di Laut Arafura (2006–2007), Ketua Peneliti pada penelitian Dampak Moratorium terhadap Sistem Perikanan Demersal dan Udang di WPP-NRI 718 (2019), ketua peneliti pada kegiatan Kajian Perikanan Cumi di WPP 718 (2020).



Endroyono Sarjana perikanan IPB tahun 1983 dengan jurusan teknologi penangkapan. Pemahaman lebih dalam mengenai perikanan udang dan trawl diperoleh melalui *Project on Reduction of Environmental Impact from Tropical Shrimp Trawling through the Introduction of By-catch Reduction Technologies and Change of Management* (REBYC) FAO-GEF-UNEP tahun 2002–2008 dan sebagai National Coordinator di Indonesia pada *Project on Strategies for Trawl Fisheries By-catch Management* (REBYC-II CTI Project) 2012–2016. Kajian penelitian ini digunakan oleh FAO menjadi *International Guidelines on Bycatch Management and Reduction of Discards*.





INDONESIA CLIMATE CHANGE TRUST FUND

Lippo Kuningan Building, 15th Floor, Jl. H.R. Rasuna Said Kav. B-12, Jakarta
(+62)21 8067 9386 | sekretariat@icctf.or.id



www.icctf.or.id



[ICCTF_ID](#)



[icctfofficial](#)



[ICCTF](#)



[Indonesia Climate Change Trust Fund](#)