

## PENGARUH ASPEK TEKNIS-OPERASIONAL PADA JEJAK KARBON KAPAL PERIKANAN HUHATE INDONESIA

### IMPACT OF TECHNO-OPERATION ASPECTS OF POLE AND LINE FISHERIES TO ITS CARBON FOOTPRINT

Suryanto<sup>\*1</sup>, Sandi Wibowo<sup>1</sup>, Setiya Triharyuni<sup>1</sup>, dan Duto Nugroho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Perikanan, Gedung BRSDM KP II, Jl. Pasir Putih II, Ancol Timur Jakarta Utara, 14430, Indonesia  
Teregistrasi I tanggal: 21 Juni 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal: 09 September 2019;  
Disetujui terbit tanggal: 20 September 2019

#### ABSTRAK

Meningkatnya permintaan pasar dunia terhadap komoditas tuna cakalang tongkol (TCT) mendorong semakin intensifnya penggunaan alat tangkap huhate di perairan timur Indonesia. Sementara proses sertifikasi *Marine Stewardship Council* (MSC) sedang berlangsung, *trade barrier* terkait jejak karbon produk perikanan yang dikenal ramah lingkungan dan memiliki dampak sosial ekonomi yang tinggi ini akan menjadi salah satu faktor yang akan diperhatikan pasar. Dewasa ini data jejak karbon perikanan belum tersedia. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengestimasi jejak karbon kegiatan penangkapan (*cradle to gate*) armada huhate di Sorong, Bitung, Kendari, Ambon dan Lantuka. Penelitian yang mengacu pada *British Standard Institute* PAS 2050-2:2012, dilaksanakan pada Juni-Desember 2015. Data diperoleh melalui kuesioner dan wawancara nakhoda dan kepala kamar mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa armada huhate di Lantuka memiliki jejak karbon terendah (0,59 ton CO<sub>2eq</sub>/ton ikan). Sedangkan armada huhate di Sorong, Bitung dan Kendari menghasilkan jejak karbon yang berkisar antara 0,61-1,14 ton CO<sub>2eq</sub>/ton ikan. Secara umum jejak karbon armada tersebut lebih dipengaruhi oleh aspek operasional dari pada aspek teknis kapal. Perbandingan hasil studi jejak karbon sangat perlu dengan memperhatikan kesetaraan batasan sistem produksi (*system boundary*) yang digunakan.

**Kata Kunci:** Aspek; teknis-operasional; jejak-karbon; perikanan; huhate

#### ABSTRACT

The increase of world market demand for tuna, skipjack, and kawa-kawa commodities has been escalating the use of pole and line vessels in eastern Indonesian waters. Meanwhile the *Marine Stewardship Council* (MSC) certification process is ongoing, *trade barriers* related to carbon footprint of the fisheries that are known to be environmentally friendly and have a high socio-economic impact are massively raised. Nowadays, carbon footprint data of this fishery are not available yet. Therefore research was intended on June-December 2015 to estimate carbon footprint of this fishery, located in main TCT fishing ports such as Sorong, Bitung, Kendari, Ambon, and Lantuka. The research conducted is based on the *British Standard Institute* PAS 2050-2: 2012. Data were obtained through in-depth interviewing the captains and engine officers. The results show that pole and line fleet based in Lantuka had the lowest carbon footprint of 0.59 tons CO<sub>2eq</sub>/ton, while the other fleets have produced carbon footprint ranging from 0.61 to 1.14 tons of CO<sub>2eq</sub>/ton. In general, carbon footprint of this fleet is more likely influenced by the operational aspects rather than the technical ones. Comparisons of the results of carbon footprint studies should be carefully considered the system boundary used by existing fisheries.

**Keywords:** Techno; operational; aspects; pole and line; fisheries; carbon; footprint

Korespondensi penulis:  
suryanto.puslitbangkan@gmail.com

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen tuna terbesar di dunia pada 2014 dengan memasok 15% tuna dunia (Galland *et al.*, 2016). Tren produksi tuna nasional dalam kurun waktu 2010-2017 meningkat dari 905.700 ton menjadi 1.232.268 ton (Pusdatin, 2018). Secara umum perikanan tuna dunia menggunakan alat tangkap rawai tuna dan pukat cincin. Namun alat tangkap tersebut banyak mendapat sorotan negatif terkait isu tangkapan *endangered species* dan *ecological traps* (Davies *et al.*, 2014). Sedangkan alat tangkap huate yang berkontribusi nyata (97%) terhadap pendaratan cakalang dinilai berdampak rendah terhadap habitat dan memiliki dampak sosial ekonomi yang tinggi (Gillett, 2011) dan di area WCPFC masuk dalam katagori sangat baik dan baik (Seafood Watch, 2017). Pada tataran produksi global armada huate hanya memasok 10% (386.000 ton) tangkapan tuna dunia, Indonesia dan Maldives masing-masing memasok 100.000 ton 85.000 ton (Howgate & Leadbitter, 2016).

Perkembangan persyaratan keramahan lingkungan, menimbulkan isu terkait masalah utama yang dihadapi perikanan tuna ini adalah adanya emisi karbon dari kapal yang digunakan (Thrane *et al.*, 2008). Emisi kapal ikan tidak hanya berdampak pada pemanasan global, namun juga mengakibatkan *nutrient enrichment*, *acidification* dan *eco-toxicity* (Madin & Macreadie, 2015). Berdasarkan alasan tersebut, aspek keberlanjutan perikanan diharapkan mendapat perhatian dari dampak lingkungan atmosfer (Parker *et al.*, 2015; Ziegler *et al.*, 2016). Padahal disisi lain sejak 2012 industri perikanan huate nasional tengah melakukan proses sertifikasi (MSC, 2010) dan (CEA, 2016) yang akan dilengkapi oleh *harvest control rule* (MDPI, 2016).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian estimasi jejak karbon armada huate nasional pada berbagai tahapan penangkapan (*cradle to gate*) perikanan huate. Hasil penelitian juga mengidentifikasi *hot spot* sistem produksi tersebut, sehingga dapat ditentukan langkah-langkah pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dan dapat mendorong dilakukannya penelitian sejenis diperoleh informasi jejak karbon *cradle to grave* industri perikanan tuna nasional.

## BAHAN DAN METODE

Batasan sistem produksi (*system boundary*) dalam penelitian ini adalah aktifitas penangkapan ikan (*cradle to gate*) yang dimulai dari persiapan operasi kapal huate, aktifitas menuju daerah penangkapan,

operasional penangkapan ikan dan kembali ke pelabuhan serta aktifitas pendaratan hasil tangkapan. Analisa secara umum didasarkan pada ISO 14067:2013 dan secara khusus didasarkan pada *British Standards Institution Publicly Available Specification (BSI PAS 2050-2: 2012)*, *Assessment of life cycle greenhouse gas emissions for seafood and other aquatic food products. Functional unit* yang dipakai ialah total berat hasil tangkapan (ton). Penelitian hanya memperhatikan *single environmental impact* pemanasan global dengan mengestimasi emisi yang ditimbulkan, baik secara langsung maupun tidak langsung dari semua aktifitas yang terjadi dalam sistem produksi. Studi menggunakan *Global Warming Potential (GWP)* periode 100 tahun.

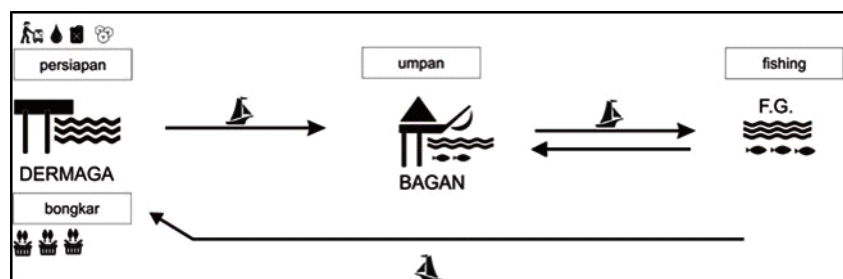
## Lokasi dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lima lokasi utama yaitu: Sorong, Bitung, Kendari, Ambon dan Larantuka pada Juni - Desember 2015. Penentuan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut merupakan sentra pemanfaatan sumber daya ikan tuna cakalang dan tongkol di perairan kepulauan di Indonesia dan rencana pengelolaan perikanan tuna cakalang dan tongkol (Kep Men KP No. 107/2015).

## Jenis Data

### Material Flow

Secara umum *material flow* armada huate terbagi menjadi empat tahap, yaitu persiapan, pengambilan umpan, operasi penangkapan dan pembongkaran ikan di dermaga. Tahap persiapan merupakan tahapan di mana kapal mendapatkan pasokan bahan bakar, air tawar dan es balok. Selanjutnya kapal menuju bagan untuk pengambilan umpan dengan memanaskan mesin induk terlebih dahulu selama 10-20 menit. Umpan yang digunakan merupakan jenis umpan hidup dengan satuan berat ikan per unit wadah penampung dengan berat sekitar 20-30 kg/unit. Tahap selanjutnya adalah operasi penangkapan ikan. Tahapan operasional penangkapan adalah kapal menuju daerah penangkapan, yaitu di sekitar rumpon. Operasi penangkapan ini dilakukan sampai persediaan bahan bakar diperkirakan hanya cukup untuk kembali ke pelabuhan. Pada rentang waktu ini, jika persediaan umpan telah digunakan seluruhnya maka kapal akan kembali mengambil umpan dan kemudian melanjutkan aktivitas penangkapan. Setelah itu kapal kembali ke pelabuhan untuk melakukan pembongkaran hasil tangkapan. Kapal bersandar di pelabuhan untuk membongkar hasil tangkapan secara manual. Bagan alur *material flow* armada huate secara umum terlihat pada Gambar 1.



Gambar. 1. Bagan alir *material* armada huhate.

Figure. 1. The material flow of pole and line fleet.

Data diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh nahkoda dan atau kepala kamar mesin. Jenis data meliputi jenis dan besar daya mesin induk (HP), tonase kapal (GT), konsumsi bahan bakar mesin induk dan mesin bantu, bahan bakar untuk keperluan dapur, jumlah es balok yang dibawa serta hasil tangkapan. Selain itu juga dikumpulkan informasi mengenai lokasi pengambilan umpan hidup dan lokasi penangkapan dengan mengisi peta yang telah dipersiapkan dengan grid (0,5x0,5)° posisi lintang - bujur.

Emisi GRK dari penggunaan es balok untuk pendingin ikan di atas kapal diperoleh melalui survei jumlah produksi es balok dan konsumsi tenaga listrik (Kwh) bulanan pada 2015 dari setiap pabrik es di lokasi penelitian. Faktor emisi GRK sistem interkoneksi listrik Nasional (ESDM, 2014) dipakai untuk menghitung jejak karbon es balok masing-masing lokasi penelitian.

### Analisa Data

- Analisa jejak karbon dilakukan sebagai berikut:
- Penentuan batasan sistem produksi (*system boundary*) dan *material flow* yang merupakan modifikasi dari Gould & Colwill (2014); Schmidt (2014). Sistem produksi yang dipakai adalah penangkapan ikan, sistem produksi pendaratan dan pelelangan hasil tangkapan, pengolahan, penyimpanan serta distribusi dan *packaging* tidak diperhitungkan. *Material flow* sistem produksi penangkapan dimulai dari kapal berlayar setelah pengisian bahan bakar solar, minyak pelumas, es balok, keperluan penunjang logistik (minyak tanah/ LPG), mengambil umpan hidup, menuju daerah penangkapan, melakukan penangkapan dan kembali ke pelabuhan (Gambar.1).
- Penentuan faktor-faktor masukan (*input*) dan luaran (*output*). Faktor masukan secara umum adalah semua logistik yang menghasilkan gas rumah kaca, termasuk pembuatan es balok. Sesuai dengan tujuan penelitian dan BSI PAS 2050-2:2012, emisi dari proses penyediaan bahan dan pembuatan alat tangkap, bahan untuk perawatan

kapal serta kegiatan memproduksi umpan hidup dapat diabaikan. Emisi yang timbul dari aktifitas pengangkutan bahan logistik dikecualikan karena kompleksitas data. Emisi es balok yang dibawa kapal disederhanakan dengan memperhatikan jumlah es balok yang dibawa dan jejak karbon es balok (ton CO<sub>2</sub>eq/ balok) berdasarkan lokasi penelitian.

- Uji validitas dan reliabilitas data kuisisioner. Data yang dikumpulkan merupakan data kuisisioner. Kuisisioner ini dapat digunakan sebagai alat ukur penelitian harus diuji validitas dan reliabilitasnya. Validitas adalah suatu indeks yang menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan merupakan data yang valid/sebenarnya. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan uji korelasi. Selanjutnya adalah reliabilitas, yaitu suatu indeks yang menunjukkan bahwa sejauh mana data yang dikumpulkan dapat dipercaya atau diandalkan. Metode yang digunakan untuk mengukur reliabilitas kuisisioner adalah dengan metode *Cronbach's Alpha* (Uyanto, 2006).
- Penghitungan jejak karbon dilakukan dengan formula (IPCC, 2006 dalam KLH, 2012) sebagai berikut:

$$CFP = \frac{E}{T} \dots\dots\dots (1)$$

$$E = \sum_j \sum_{i=1}^n A_j * FK_j * EF_{j,i} * GWP_i \dots\dots\dots (2)$$

di mana;

- CFP : jejak karbon (ton CO<sub>2</sub>eq/ton total tangkapan)
- E : jumlah emisi (ton CO<sub>2</sub>eq)
- T : berat total hasil tangkapan (ton)
- A : volume sumber emisi (liter)
- FK : faktor konversi (joule/liter)
- EF : *emission fractor* (ton CO<sub>2</sub>/TJ) (IPCC, 2006 dalam KLH, 2012)
- GWP : faktor *Global Warming Potential* (IPCC, 2014)
- i : jenis polutan (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)
- j : sumber emisi

- Jarak antara pelabuhan ke daerah penangkapan (PFG) dan jarak daerah penangkapan ke tempat pengambilan umpan (FGB) dihitung berdasarkan peta daerah penangkapan dan pengambilan umpan (bagan) yang telah diisi oleh responden. Analisa distribusi PFG dan FGB dilakukan dan disimulasikan untuk digunakan pada analisa *general linear model* (GLM).
- Analisa GLM dilakukan untuk mengetahui korelasi hasil tangkapan dan emisi terhadap parameter operasi PFG dan FGB serta parameter teknis kapal GT dan HP. Analisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Statistica* versi 10. *Statistica* merupakan salah satu program analisis dan visualisasi data yang dikembangkan oleh StatSoft. Program ini merupakan program yang umum dioperasikan dan dikembangkan untuk menyelesaikan berbagai masalah, memberikan

yang tercepat, nilai terbaik, analitik, manajemen data dan grafik (Statsoft, 2019).

## HASIL DAN BAHASAN

### Hasil

#### Ukuran Kapal

Kapal huhate pada lima lokasi kajian (Sorong, Bitung, Kendari, Ambon dan Larantuka) memiliki ukuran yang bervariasi. Sejumlah 65 kapal telah dikaji dalam penelitian ini dengan kisaran daya mesin induk antara 105 - 630 HP dan tonase kapal 5 - 94 GT. Kapal dengan tonase dan mesin induk besar terdapat di Bitung, sedangkan yang terkecil pada wilayah Larantuka. Selain Larantuka terlihat juga ukuran rata-rata kapal yang kurang dari 30 GT di wilayah Ambon dan Sorong (Tabel 1).

Tabel 1. Statistik daya mesin induk dan tonase kapal sampel

Table 1. Statistical values of main engine power and tonnage of the fleets sample

LOKASI Location	KODE Code	Mesin Induk (HP) Main engine power (HP)			Tonase (GT) Tonnage (GT)			Jumlah Sampel No. of sample
		Min (Min)	Mak (Max)	Rata2 (Mean)	Min (Min)	Mak (Max)	Rata2 (Mean)	
SORONG	S	105	280	200	5	59	55	7
BITUNG	B	180	630	430	25	94	67	8
KENDARI	K	120	340	210	23	30	28	15
AMBON	A	105	300	170	16	30	26	10
LARANTUKA	L	105	280	160	6	37	19	25

#### Komposisi Hasil Tangkapan

Hasil tangkapan kapal huhate dari kelima lokasi penelitian terdiri atas ikan cakalang (SKJ), madidiang (YFT), tuna mata besar (BET), tongkol kawa

(*Euthynnus affinis*), tongkol (*Auxis spp*) dan juwana tuna. Komposisi hasil tangkapan terbesar dari kelima lokasi penelitian terbesar adalah jenis ikan cakalang (SKJ) dengan proporsi lebih dari 62% (Tabel. 2).

Tabel 2. Komposisi hasil tangkapan (% berat) armada

Table 2. Catches composition (% in weight) of pole and line

SPECIES	LOKASI (location)				
	SORONG	BITUNG	KENDARI	AMBON	LARANTUKA
SKJ	78,4 <sup>1)</sup>	78,3 <sup>1)</sup>	80,9 <sup>1)</sup>	62,5 <sup>3)</sup>	82,0 <sup>2)</sup>
YFT	19,7 <sup>1)</sup>	19,9 <sup>1)</sup>	16,5 <sup>1)</sup>	27,1 <sup>3)</sup>	
BET	1,9 <sup>1)</sup>	1,8 <sup>1)</sup>	2,6 <sup>1)</sup>	0,4 <sup>3)</sup>	
KAW				9,4 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>2)</sup>
BABY					17,0 <sup>2)</sup>

#### Uji Validasi dan Realibilitas data kuisioner

Hasil uji validitas dan realibilitas kuisioner menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,613. Hair *et al.* (2010) menyatakan bahwa derajat reliabilitas *Cronbach's Alpha* berkisar antara 0,6 sampai 0,7. Hasil uji reliabilitas ini menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0,6 sehingga data kuisioner yang digunakan

dianggap sah dan memberikan hasil ukur yang dapat dipercaya.

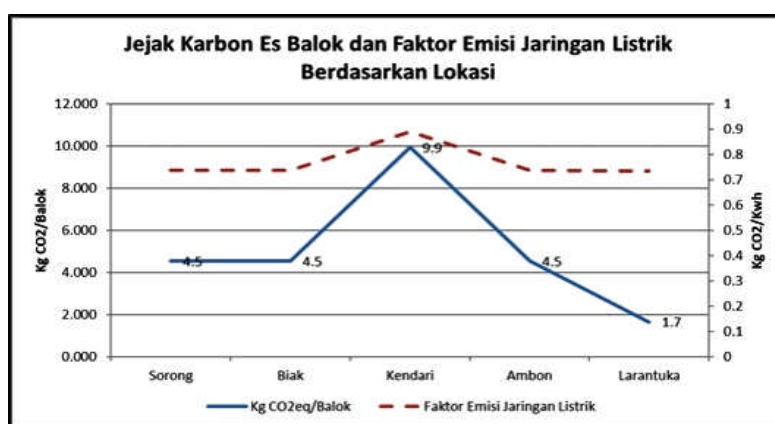
#### Emisi

Selama observasi telah diidentifikasi bahwa sumber-sumber emisi kapal huhate berasal dari bahan bakar solar, minyak pelumas tambahan, es balok,

listrik dan kerosene serta LPG. Bahan bakar solar digunakan untuk menggerakkan mesin induk, minyak pelumas tambahan digunakan jika terjadi kebocoran pada sistim pelumas mesin, es balok digunakan untuk mendinginkan hasil tangkapan, kerosene dipakai pada mesin bantu (penggerak pompa air selama dan setelah pemancingan) dan LPG untuk keperluan logistik harian.

Jejak karbon es balok merupakan jejak karbon dari produksi es balok dan konsumsi tenaga listrik (Kwh) pabrik es. Berat es balok yang umum dipakai dalam melakukan penangkapan dengan menggunakan sekitar 40-50 kg/balok. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jejak karbon es balok tertinggi

didapatkan di Kendari (9,9 kg CO<sub>2eq</sub>/balok) dan terendah di Larantuka (1,7 kg CO<sub>2eq</sub>/balok). Secara umum jejak karbon es balok berkorelasi dengan faktor emisi jaringan listrik lokasi penelitian seperti terlihat pada Gambar 2. Sebagai pembandingan beberapa inovasi penurunan jejak carbon sumber tenaga listrik bagi refrigerator telah dilakukan di negara eropa. Beberapa opsi antara lain kisaran jejak karbon sumber tenaga listrik yang berasal dari tumbuhan dalam bentuk *direct combustion of wood chip* (25 gCO<sub>2eq</sub>/kWh) sampai dengan *gasification of straw* (237 gCO<sub>2eq</sub>/kWh); *Photovoltaics* yang terbuat dari *high grade silicon* (35-58 gCO<sub>2eq</sub>/kWh); Tenaga air (3-10) gCO<sub>2eq</sub>; Tenaga angin (4.64 – 5.25) gCO<sub>2eq</sub>/kWh (Baldwin, 2006).

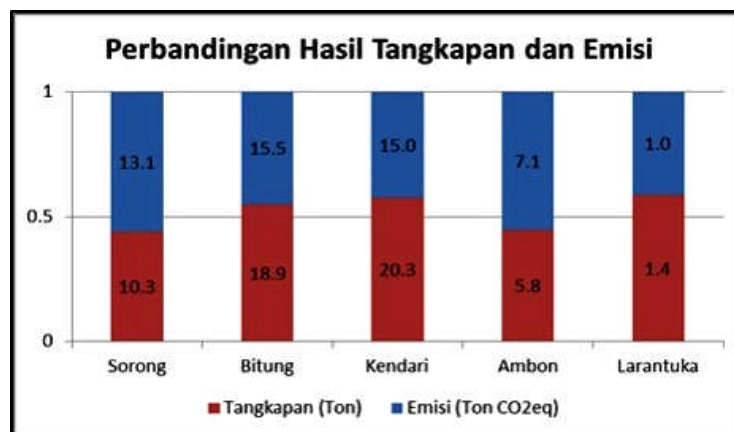


Gambar 2. Jejak karbon es balok dan faktor emisi jaringan listrik.

Figure 2. The carbon footprint of the ice block and emission factors of the electrical network.

Emisi terendah dihasilkan armada di Larantuka dengan rata-rata 1,0 ton CO<sub>2eq</sub>/trip diikuti armada di Ambon, Sorong, Kendari dan Bitung dengan emisi antara 7,1 - 15,5 ton CO<sub>2eq</sub>/trip. Sedangkan hasil tangkapan rata-rata per trip tertinggi dihasilkan oleh armada di Kendari (20,3 ton/trip), disusul armada Bitung, Sorong, Ambon dan Larantuka dengan hasil tangkapan rata-rata 18,9 – 1,4 ton/trip (Gambar 3).

Berdasarkan nilai emisi dan hasil tangkapan tersebut, maka diperoleh nilai jejak karbon antara 0,7-1,27 ton CO<sub>2eq</sub>/ton tangkapan. Nilai jejak karbon per ton tangkapan terendah dihasilkan oleh armada di Larantuka (0,7 ton CO<sub>2eq</sub>), disusul armada di Kendari (0,74 ton CO<sub>2eq</sub>) dan Bitung, Ambon serta Sorong masing-masing sebesar 0,82; 1,23 dan 1,27 ton CO<sub>2eq</sub>.



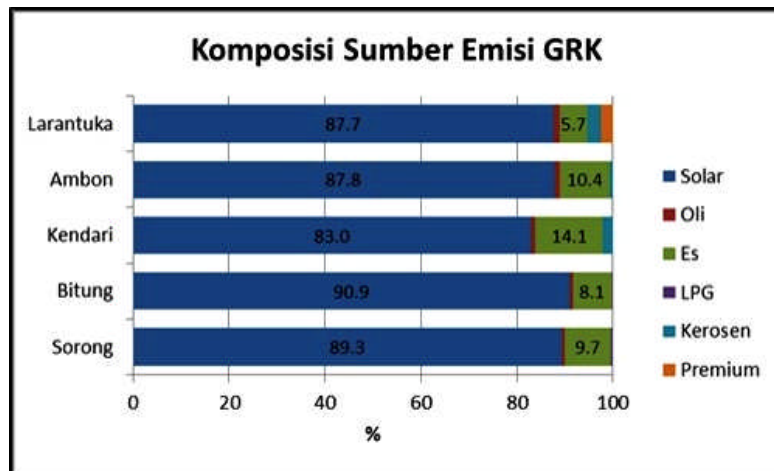
Gambar 3. Rata-rata hasil tangkapan dan emisi armada huhate dilokasi penelitian.

Figure 3. The average of catches and emission per trip based on research sites.



Berdasarkan jenis sumber emisi kapal huate, sumber emisi didominasi dari hasil pembakaran solar yang dikonsumsi mesin induk (83,0 – 90,9)% atau rata-rata 87,7%. Pembakaran solar tertinggi berada pada armada huate di Bitung, sekitar 90,9%, sedangkan terendah pada armada Kendari dengan emisi sekitar 83,0%. Sumber emisi terbesar kedua

berasal dari es balok yang dibawa kapal (5,7 – 14,1)% atau rata-rata 9,6%, emisi dari es ini terbesar dari armada Kendari dan terendah pada armada di Larantuka. Sedangkan sumber emisi lainnya, yaitu penambahan minyak pelumas mesin, LPG dan kerosen sebagai bahan bakar dapur serta premium untuk penggerak pompa hanya sekitar 1,0-6,6% (Gambar 4).



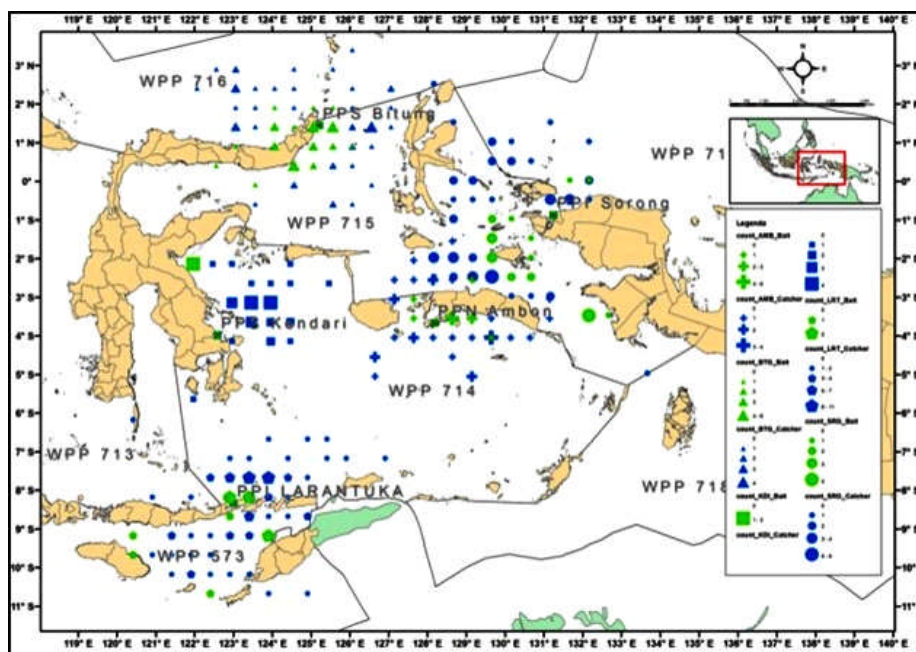
Gambar. 4. Komposisi sumber emisi berdasarkan lokasi penelitian.

Figure 4. Composition of emission sources based on research locations.

### Daerah Penangkapan

Berdasarkan data kuesioner PFG dan FGB diperoleh peta daerah penangkapan dan lokasi bagan, seperti terlihat pada Gambar 5. Distribusi PFG dan FGB seperti disajikan pada Lampiran I, menunjukkan rata-rata PFG armada di Larantuka, Kendari dan

Ambon bervariasi dengan jarak tempuh antara 89-103 mil laut. Rata-rata FGB armada tersebut antara 48-152 mil laut. FGB armada Kendari lebih jauh dibandingkan PFG. Sedangkan rata-rata PFG armada Sorong dan Bitung 117-147 mil laut dengan rata-rata FGB 51-58 mil laut.



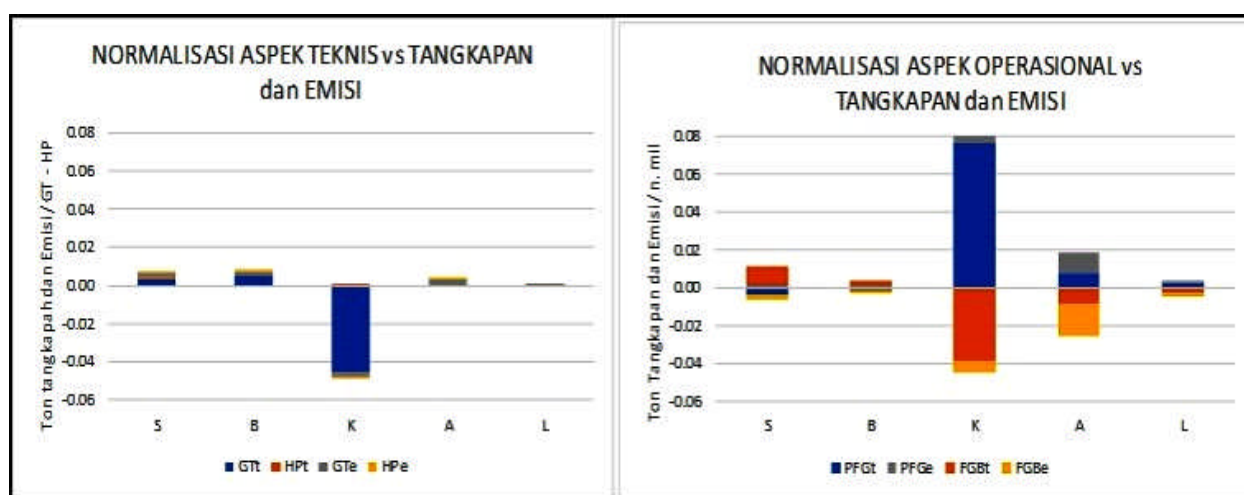
Gambar 5. Daerah penangkapan (biru) dan tempat pengambilan umpan (hijau) armada huate.

Figure 5. Fishing ground for tuna (blue) and line bait (green) of pole and line fleet.

## Hubungan Aspek Teknis dan Operasional Kapal terhadap Hasil Tangkapan dan Emisi

Hasil analisa GLM menunjukkan tingkat korelasi aspek teknis (GT dan HP) serta parameter aspek operasional (PFG dan FGB) terhadap hasil tangkapan dan emisi (Gambar 6). Secara umum terlihat bahwa aspek operasional lebih dominan pengaruhnya dibandingkan aspek teknis, baik terhadap hasil tangkapan maupun emisi. Diantara kedua aspek teknis tersebut, GT lebih dominan pengaruhnya terhadap hasil tangkapan dan emisi, hasil wawancara menunjukkan bahwa pemilihan daya mesin induk lebih didasarkan pada ketersediaan pasar daripada kesesuaian persyaratan teknis.

Sementara berdasarkan lokasi, aspek operasional dan GT armada Kendari berpengaruh lebih signifikan terhadap hasil tangkapan dan emisi dibandingkan dengan armada di daerah lain. Orientasi pada peningkatan hasil tangkapan, strategi penurunan jejak karbon dapat dilakukan dengan (1) di Kendari dilakukan penangkapan lebih jauh dengan menggunakan armada bertonase lebih kecil; (2) di Biak dan Sorong dilakukan pencarian umpan lebih jauh dengan kapal bertonase lebih besar, namun hal tersebut harus pula memperhitungkan penambahan jumlah es balok yang diperlukan; (3) di Ambon seperti di Biak dan Sorong namun menggunakan armada bertonase lebih kecil. Sementara di Larantuka armada telah beroperasi optimal secara teknis dan operasional.



Keterangan:

- GT : Tonase kapal (*Gross tonnage* - GT)
- HP : Daya mesin induk (*Main engine power* - HP)
- PFG : Jarak antara pelabuhan ke daerah penangkapan – mil laut (*distance between fishing port to fishing ground – n. mile*)
- FGB : Jarak antara daerah penangkapan ke tempat pengambilan umpan – mil laut (*distance between fishing ground to life bait collector – n. mile*)
- Tangkapan : *Catches* (ton)
- Emisi : *Emission* (ton)

Gambar 6. Pengaruh aspek operasional dan aspek teknis terhadap perubahan hasil tangkapan dan emisi berdasarkan lokasi penelitian.

Figure 6. The effects of operational (left) and technical (right) aspects of the changes of catch (red) and emission (grey), based on the locations of the study.

Secara umum aspek teknis tidak berpengaruh dominan terhadap hasil tangkap maupun emisi dari pada aspek operasional. Aspek teknis GT lebih berpengaruh terhadap hasil tangkapan maupun emisi dari pada aspek teknis HP. Berdasarkan wawancara diperoleh informasi bahwa pada umumnya pemilihan daya mesin induk kapal tidak didasarkan pada kebutuhan (ukuran dan kecepatan yang dikehendaki), namun lebih didasarkan pada ketersediaan mesin induk di pasar. Berdasarkan aspek tersebut, dapat

dikatakan bahwa konfigurasi antara GT dan HP telah optimum, terutama armada di Larantuka, disusul Sorong dan Bitung. Pada armada di Kendari aspek teknis GT berpengaruh dominan negatif terhadap hasil tangkapan armada di Kendari.

Berdasarkan lokasi armada, pengaruh aspek operasional PFG dan FGB terhadap hasil tangkapan dan emisi dapat dikelompokkan menjadi 2. Pada armada di Kendari, Ambon dan Larantuka, peningkatan

aspek operasi PFG berdampak positif terhadap hasil tangkapan dan emisi. Sebaliknya pada armada Sorong dan Bitung aspek operasi FGB lebih dominan.

## Bahasan

Marcille *et al.* (1984) mengklasifikasikan armada dengan hasil tangkapan 2,4-5,6 ton/trip merupakan armada artisanal. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh gambaran bahwa armada huhate di Larantuka dan Ambon adalah tergolong armada artisanal yang memiliki daya mesin induk kurang dari 300 HP dan tonase lebih kecil dari 30 GT.

Sumber emisi pada kapal huhate berasal dari bahan bakar solar untuk mesin induk, minyak pelumas tambahan, es balok dan kerosene/ LPG. Emisi ini terjadi ketika kapal melakukan operasi kecuali emisi untuk es balok diperoleh melalui jumlah produksi es balok dan konsumsi tenaga listrik (Kwh) pada setiap pabrik es. Sumber emisi yang terbesar dari kapal huhate ini adalah berasal dari hasil pembakaran solar. Emisi solar terbesar berasal dari kapal huhate Bitung dan terendah di Kendari. Perbedaan emisi solar ini terjadi karena adanya perbedaan ukuran kapal (GT), daerah penangkapan dan lokasi pengambilan umpan. Ukuran kapal di Bitung lebih besar dibandingkan dengan kapal di Kendari, rata-rata kapal Bitung adalah 67 GT dan Kendari 28 GT, sehingga kebutuhan BBM/ solar kapal Bitung lebih besar dibandingkan dengan kapal Kendari. Rata-rata jarak daerah penangkapan kapal Bitung lebih jauh dibandingkan kapal Kendari (Lampiran 1).

Sumber emisi terbesar kedua adalah emisi es balok yang berkisar antara 1,7-9,9 kg CO<sub>2eq</sub>/balok. Emisi es balok terendah berada pada Larantuka dan emisi tertinggi di Kendari. Tinggi rendahnya emisi es balok ini berhubungan dengan besar kecilnya kapal yang digunakan. Ukuran kapal atau GT (*Gross Tonnage*) berhubungan langsung dengan kapasitas muat kapal dalam menampung hasil tangkapan, semakin besar GT kapal maka akan semakin besar kapasitas muat kapal dalam menampung hasil tangkapan. Semakin besar kapasitas kapal dalam menampung hasil tangkapan maka akan semakin banyak pula kebutuhan es balok. Ukuran rata-rata kapal huhate di Kendari lebih besar dibandingkan dengan kapal huhate di Larantuka sehingga semakin banyak pula es balok yang dibutuhkan. Kebutuhan es balok rata-rata di Kendari mencapai sekitar 200–300 balok/kapal sedangkan untuk kapal huhate Larantuka membutuhkan es balok yang lebih sedikit karena rata-rata ukuran kapalnya hanya 19 GT. Kapal huhate dengan ukuran 6-30 GT memiliki daya tampung tangkapan 1,5-6 ton dengan membutuhkan es balok sekitar 25-120 balok/kapal.

Hasil analisis GLM menunjukkan bahwa aspek operasional (PFG dan FGB) lebih dominan berpengaruh pada hasil tangkapan maupun emisi dibandingkan aspek teknis (GT dan HP). Hasil ini ditunjukkan juga dari hasil penelitian Sutrisno *et al.* (2017) bahwa faktor teknis kapal huhate Bitung tidak menunjukkan adanya pengaruh yang nyata pada hasil tangkapan yang diperoleh. Secara umum, terdapat korelasi positif antara PFG dan FGB terhadap emisi, namun PFG dan FGB berkorelasi negatif terhadap hasil tangkapan. Seperti diketahui, PFG merupakan jarak dari pelabuhan ke lokasi penangkapan, sedangkan FGB merupakan jarak lokasi penangkapan ke tempat pengambilan umpan. Hal ini memiliki arti bahwa semakin jauh lokasi penangkapan dan lokasi pengambilan umpan maka emisi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Selanjutnya jarak daerah penangkapan dan lokasi umpan berbanding terbalik dengan hasil tangkapan, artinya adalah semakin tinggi nilai FGB maka usaha mencari umpan tinggi dikarenakan kesediaan umpan yang terbatas sehingga berupaya untuk mendapatkan umpan ke lokasi lain. Keterbatasan umpan ini akan berpengaruh pada penurunan hasil tangkapan yang diperoleh. Namun demikian, jumlah dan jenis umpan serta tingkat keterampilan dan posisi nelayan pada saat melakukan pemancingan berpengaruh terhadap produktivitas perikanan huhate (Hutama *et al.*, 2017; Sutrisno *et al.*, 2017). PFG yang tinggi berarti nelayan memilih daerah penangkapan jauh dari pelabuhan asal yang berdampak pada konsumsi BBM yang lebih banyak dibandingkan kapal dengan daya mesin yang setara namun melakukan penangkapan lebih dekat. Lamanya trip penangkapan ini akan berpengaruh terhadap hasil tangkapan yang diperoleh.

Jejak karbon armada huhate berkisar antara 0,7-1,27 ton CO<sub>2eq</sub>/ton tangkapan atau dengan rata-rata sekitar 0,95 CO<sub>2eq</sub>/ton tangkapan. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai jejak karbon armada pukat cincin, akan tetapi lebih rendah dari jejak karbon armada rawai tuna. Tyedmers & Parker, (2012); setelah dikoreksi sesuai Hospido & Tyedmers (2005) untuk mendapatkan *system boundary* yang sama dengan studi ini, mendapatkan jejak karbon rawai tuna 2,56 ton CO<sub>2eq</sub>/ton tangkapan. Sementara Parker *et al.* (2014) mendapatkan jejak karbon armada pukat cincin; setelah dikoreksi sesuai (Hospido & Tyedmers, 2005); bervariasi antara 0,72-0,95 ton CO<sub>2eq</sub>/ton tangkapan. Tingginya jejak karbon armada rawai tuna ini salah satu sebabnya adalah lokasi penangkapan cenderung berada di laut lepas sehingga konsumsi BBM rawai tuna selama beroperasi lebih besar dari pada huhate. Suryanto & Wudianto (2017) menunjukkan konsumsi BBM armada huhate Indonesia berkisar 0,121-0,160 kg/HP/jam sedangkan



armada rawai tuna 0,136-0,180 kg/HP.jam.

Jejak karbon walaupun diupayakan menjadi parameter baru dalam penentuan kriteria keberlanjutan usaha perikanan tangkap (Parker *et al.*, 2015; Ziegler *et al.*, 2016), namun pemahaman parameter tersebut masih menjadi kendala dalam skala operasional. Hal ini diidentifikasi berdasarkan hasil diskusi kelompok terpadu yang telah dilakukan di beberapa pelabuhan perikanan pada tahun 2016-2017, parameter satuan jejak karbon relatif sulit dipahami baik oleh pelaku usaha maupun pengelola perikanan.

*Fuel used intensity* (FUI) yang didefinisikan sebagai volume bahan bakar yang dibakar (liter) untuk mendapatkan satu satuan berat ikan basah yang didaratkan (ton) (Tyedmers 2004) mungkin lebih mudah dipahami oleh pelaku usaha perikanan tangkap. Nomura (1980) dan Watanabe & Okubo (1989) dalam Tyedmers & Parker (2012) menunjukkan FUI armada huhate di Pasifik pada 1975 dan 1980 adalah 1.163 dan 1.483 liter/ton. Sedangkan Monintja & Mathews (1999) mendapatkan FUI armada huhate di Halmahera yang memanfaatkan rumpon adalah 535 liter/ton. Sementara hasil studi ini, jika hanya memperhitungkan konsumsi bahan bakar mesin induk dan mesin bantu, mendapatkan FUI setara 176-724 liter/ton atau rata-rata 501 liter/ton; yang mana armada Larantuka dan Kendari adalah dua armada paling efisien bakar bakar dengan FUI 176 dan 187 liter/ton.

Miller *et al.* (2017) mengemukakan bahwa FUI armada huhate Maldives adalah 197-328 liter/ton. Memperhatikan perubahan FUI di atas, dapat disimpulkan bahwa terjadi tren penurunan FUI armada huhate dunia. Jika membandingkan hasil penelitian Monintja & Mathew (1999) dengan hasil penelitian ini, maka FUI armada huhate nasional juga mengalami penurunan (6%). Rata-rata FUI armada huhate nasional 35% lebih tinggi dibandingkan rata-rata armada sejenis di Maldives. Namun demikian, FUI armada yang berpangkalan di Larantuka 43% lebih efisien dibandingkan dengan rata-rata armada Maldives. Rata-rata FUI armada huhate nasional tersebut 72% lebih rendah dibandingkan dengan rawai tuna, namun 22% lebih tinggi dari armada pukat cincin yang beroperasi di Samudera Pasifik (Wilson & Mc Coy, 2009) dalam Gillet (2009).

Strategi penurunan jejak karbon armada huhate dapat dilakukan dengan merubah aspek teknis dan operasional armada sesuai dengan tipologi perikanan pada masing-masing lokasi. Armada Larantuka dicirikan dengan *one day trip* memiliki rata-rata aspek teknis (160 HP, 22 GT) dan operasional (89 n.mil PFG

dan 48 n.mil BFG) terendah dibandingkan dengan armada daerah lainnya. Selain didukung oleh aspek tersebut, armada di Larantuka juga didukung oleh jejak karbon es balok yang terendah dibandingkan daerah lain (2,3 kg CO<sub>2</sub>/balok). Berdasarkan kondisi tersebut armada Larantuka menghasilkan rata-rata emisi (1,01 ton CO<sub>2</sub>eq) dan tangkapan terendah (1,90 ton tangkapan), sehingga armada Larantuka memiliki jejak karbon terendah dibandingkan daerah lain yaitu 0,53 ton CO<sub>2</sub>eq/ton tangkapan. Akbar *et al.* (2016) menambahkan efisiensi tersebut didukung oleh perbandingan antara panjang terhadap lebar kapal dan letak geladak yang dekat terhadap permukaan air.

Berdasarkan pengaruh aspek teknis dan operasional terhadap hasil tangkapan dan emisi tersebut, maka strategi penurunan jejak karbon dapat dilakukan. Konfigurasi aspek teknis, GT dan HP, maupun aspek operasional, PFG dan FGB, terhadap hasil tangkapan dan emisi telah optimum. Disarankan *fishing capacity* (jumlah armada, tonase, daya mesin induk) serta manajemen operasional dan perawatan armada di daerah tersebut tetap dipertahankan sehingga diharapkan ketersediaan sumber daya ikan tangkapan maupun umpan akan tetap terjaga dengan baik.

Armada Ambon dicirikan dengan peningkatan aspek operasional PFG maupun FGB akan lebih berdampak pada peningkatan emisi dari pada hasil tangkapan. Hal tersebut sesuai dengan keluhan nelayan huhate di Ambon yang menyatakan terjadinya persaingan armada lokal terhadap armada-armada bantuan dari Pemerintah Pusat yang dilengkapi dengan alat tangkap pukat cincin yang dapat dikategorikan tidak selektif bila dibandingkan dengan huhate (Bjorndal, 2002, dalam Cochrane, 2002). Hal ini juga didukung oleh aspek teknis yang menunjukkan peningkatan GT armada di Ambon akan lebih banyak meningkatkan emisi (operasi penangkapan berputar-putar, sehingga lebih banyak menghasilkan emisi dari pada hasil tangkapan).

Sementara armada Sorong dan Bitung menunjukkan karakteristik yang sama baik dari aspek teknis maupun operasional. Peningkatan aspek teknis, GT, pada armada tersebut akan menghasilkan hasil tangkapan dan emisi yang hampir sama (armada Bitung sedikit lebih besar dari armada Sorong). Hal tersebut juga terjadi pada aspek operasional, terutama dampak peningkatan FGB terhadap hasil tangkapan.

Armada Kendari secara operasional sangat berbeda dengan armada di tempat lain. Pelabuhan pangkalan armada Kendari berada di P. Umbele dan melakukan penangkapan sejauh 120 n.mil. Hasil

tangkapan dibawa ke Kendari dengan menggunakan kapal pengangkut. Selain daripada itu, armada Kendari mengambil umpan hidup (FGB) sejauh 150 n.mil, lebih jauh daripada PFG dan paling jauh dibandingkan dengan armada di tempat lain (Lampiran. 1). Sementara secara teknis armada Kendari memiliki GT sekelas dengan armada di Ambon yang memiliki PFG dan FGB sejauh 90 dan 60 n.mil. Kondisi tersebut diperparah dengan jejak karbon sistem jaringan PLN kota Kendari yang mengakibatkan jejak karbon es balok di kota tersebut paling tinggi dibandingkan kota-kota lain yang diamati. Kondisi ini membuat profil teknis dan operasional armada Kendari sangat berbeda dengan daerah lain. Strategi untuk menurunkan jejak karbon armada di Kendari adalah mempermudah ketersediaan umpan hidup dan melakukan penangkapan di daerah lain (lebih jauh) di mana diperkirakan kondisi sumber daya ikan tangkapan lebih baik. Strategi terkait dengan aspek teknis adalah pengurangan *fishing capacity* (pengurangan total tonase armada di P. Umbele). Suryanto *et al.* (2016) menunjukkan bahwa secara umum jumlah es balok yang dibawa armada huate tidak hanya meningkatkan emisi dari produksi es balok; tetapi juga menambah konsumsi bahan bakar mesin induk karena berat es balok yang harus dibawa. Bahkan pada beberapa armada jumlah berat es balok dan bahan bakar yang dibawa armada tersebut jauh lebih besar dari berat total hasil tangkapan yang didapatkan. Untuk mengatasi perihal tersebut maka perlu: (i) diperkenalkan sistem pendingin mekanis yang menggunakan *eco-friendly refrigerants*, misal (R. 290, R. 600a); (ii) menjaga kontinuitas ikan hasil tangkapan. Fluktuasi hasil tangkapan ikan yang ekstrim menyebabkan operator pabrik es balok mengalami kesulitan untuk menjaga produksi es balok secara ekonomis, sehingga mereka memilih melakukan *shutting down*. Namun ketika musim ikan tiba, pada tahap awal pabrik es tersebut harus kembali berproduksi dengan mengkonsumsi tenaga listrik yang sangat besar tanpa menghasilkan es balok.

## KESIMPULAN

Sumber emisi kapal huate berasal dari bahan bakar solar, minyak pelumas tambahan, es balok, listrik dan kerosene serta LPG dengan emisi terbesar berasal dari bahan bakar solar dan penggunaan es balok. Jejak karbon armada huate di Larantuka memiliki jejak karbon terendah (0,59 ton CO<sub>2</sub>eq/ton ikan), sedangkan armada huate di Sorong, Bitung dan Kendari menghasilkan jejak karbon 0,61-1,14 ton CO<sub>2</sub>eq/ton ikan. Seperti halnya armada huate dunia, penurunan *fuel used intensity* (FUI) juga terjadi pada armada huate Nasional. Secara umum jejak karbon armada huate lebih dipengaruhi oleh aspek

operasional dari pada aspek teknis kapal. Strategi penurunan jejak karbon diperlukan dan lebih diprioritaskan melalui perubahan aspek operasional, baik daerah penangkapan ikan maupun tempat pengambilan umpan hidup. Disamping itu pula diperlukan strategi penurunan jejak karbon pada perubahan aspek teknis, yaitu pemanfaatan sebagian kapasitas muat (tonase) kapal untuk instalasi sistem pendingin tertutup. Strategi-strategi tersebut diharapkan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar mesin induk pada penggunaan es balok yang memiliki jejak karbon tertinggi. Hasil studi ini lebih ditujukan untuk kepentingan industri hilir (*business to business*), dari pada konsumen akhir.

## PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Pusat Riset Perikanan yang telah membiayai penelitian ini yang merupakan penelitian pendahuluan dari penelitian dengan sub judul Inventarisasi Gas Rumah Kaca armada Perikanan Nasional yang merupakan bagian dari kegiatan Kajian Sektor Kelautan dan Perikanan sebagai Kontribusi terhadap Kebijakan Perubahan Iklim di Indonesia yang dibiayai oleh *Demand Driven Research Grant* (DDRG) COREMAP – LIPI TA 2019.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.A., Suryanto., & Triharyuni, S. (2016). Analisis perikanan huate di perairan Larantuka, Flores. *J. Lit. Perikan. Ind.* 22 (2), 115-122. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.22.2.2016.115-122>.
- Baldwin, S. (2006). Carbon foot print of electricity generation. [https://www.geni.org/globalenergy/library/technical-articles/carbon-capture/parliamentary-office-of-science-and-technology/carbon-footprint-of-electricity-generation/file\\_9270.pdf](https://www.geni.org/globalenergy/library/technical-articles/carbon-capture/parliamentary-office-of-science-and-technology/carbon-footprint-of-electricity-generation/file_9270.pdf).
- BSI PAS 2050-2 (2012). Assessment of life cycle greenhouse gas emission. A supplementary requirement for the application of PAS 2050:2011 to seafood and other aquatic food product. The British Standards Institution. 48 p.
- Davies. T.K., Mees. C.C., & Gulland. E.J.M. (2014). The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean. *Marine Policy* 45, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.02.005>.
- ESDM (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral), (2014). Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. Faktor Emisi Gas Rumah Kaca System Interkoneksi 2014.

- Galland, G., Rogers, A., & Nickson, A. (2016). Netting billions: A Global Valuation of Tuna. A report from the PEW Charitable Trust. May. 28 p.
- Gillett, R. (2009). Fisheries in the Economies of the Pacific Island Countries and Territories. *Pacific Studies Series*. Asian Development Bank. 531 p.
- Gillett, R. (2011). The promotion of pole-and-line tuna fishing in the Pacific Islands: Emerging issues and lessons learned. *ISSF Technical Report 2011-08*. International Seafood Sustainability Foundation. 46 p.
- Gould, O., & Colwill, J. (2014). *A framework for material flow assessment in manufacturing* (p. 398-409). Sustainable Design and Manufacturing.
- Hair, J.E., Black, W.C., Babin B.J., & Anderson, R. E. (2010). Multivariate data analysis: A global perspective (7th ed.). New Jersey: Pearson.
- Hospido, A., & Tyedmers, P. (2005). Life cycle environmental impacts of Spanish tuna fisheries. *Fisheries Research*, 76(2), 174-186. DOI:10.1016/j.fishres.2005.05.016.
- Howgate, E., & Leadbitter, D. (2016). International markets for pole and line tuna: Opportunities and Challenges. Info fish International. 8-11.
- Hutama, D.P., Mudzakir, A.K., & Hapsari, T.D. (2017). Faktor – faktor yang mempengaruhi jumlah produksi unit penangkapan huhate (Pole And Line) di pelabuhan perikanan pantai (PPP) Labuhan Lombok. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology* 6 (4), 64-73. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfrumt>.
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri, and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). (2012). Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II - Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi. 152 p.
- Madin, E.M.P., & Macreadie, P.I. (2015). Incorporating carbon footprints into seafood sustainability certification and eco-labels. *Marine Policy*. 57, 178–181. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.03.009>.
- MDPI. (2016). *Annual report* (p. 46). Yayasan Masyarakat dan Perikanan Indonesia. Jakarta.
- Marcille, J., Boely, T., Umar, M., Merta, G.S., Sadhotomo, B., & Uktolseja, J.C.B. (1984). Tuna fishing in Indonesia. Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation. De l'ORSTOM. 88 p.
- Miller, K.I., Adam, M.S., & Baske, A. (2017). Rates of fuel consumption in the maldivian pole-and-line tuna fishery. International Pole & Line Foundation, London and Marine Research Centre, Maldives. 39 pages.
- Monintja D. R., & Mathews, C.P. (1999). The skipjack fishery in Eastern Indonesia: distinguishing the effects of increasing effort and deploying rumpon (FADs) on the stock. Scientific papers from the International Seminar on Fish Aggregating Device, 15-19 October 1999, Martinique, France. P. 435-448.
- MSC (Marine Stewardship Council). (2010). Fishery standard: Principles and criteria for sustainable fishing. 8 p.
- Parker, R., & Tyedmers, P. (2014). Fuel consumption of global fishing fleets: current understanding and knowledge gaps. *Fish and Fisheries*. 16 (4), 684–696. <https://doi.org/10.1111/faf.12087>.
- Parker. R.W.R., Hartmann. K., Green. B.S., Gardner. C., & Watson, R.A. (2015). Environmental and economic dimensions of fuel use in Australian fisheries. *J. of Clean. Prod.* 87. 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.081>.
- PUSDATIN (Pusat Data, Statistik dan Informasi). (2018). Dashboard Produksi Perikanan 2017. <http://sidatik.kkp.go.id/> diunduh 11 April 2019.
- Schmidt, J. (2014). The importance of system boundaries for LCA on large material flows of vegetable oils. Text version of poster presented to the Fourth World SETAC Congress, 14-18 November. Portland, Oregon, USA. 34 p.
- Seafood Watch. (2017). [www.seafoodwatch.org/seafoodrecommendations/groups/tuna](http://www.seafoodwatch.org/seafoodrecommendations/groups/tuna). Diunduh 8 Maret 2017.
- Suryanto & Wudianto. (2017). Model estimasi konsumsi bahan bakar kapal ikan huhate dan rawai tuna. *J. Lit. Perikan. Ind.* 23(2): 99-110. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.23.2.2017.99-110>.

- Suryanto, Adi, T. R. Watupongoh, N. N. J. Nugroho, D., & Akbar, M. A. (2016). Kebijakan peningkatan efisiensi energi usaha penangkapan tuna cakalang tongkol (TCT) di Indonesia Timur. *J. Kebijak. Perik. Ind.* Vol. 8 No. 2. 65-76. <http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.8.2.2016.65-76>.
- Sutrisno, Sompie, M.S., & Polli, J.F. (2017). Kajian aspek teknis unit penangkapan kapal pole and line yang berpangkalan di Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 2(6), 223-230.
- Statsoft. (2019). STATISTICA Features Overview. Diperoleh 18 September 2019, dari <http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features>.
- Thrane, M. Ziegler, F., & Sonesson, U. (2008). Eco-labelling of wild-caught seafood products. *J. of Cl. Prod.* 17: 416 – 423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.08.007>.
- Tyedmers, P. (2004). Fisheries and energy use. *Encyclopedia of Energy*, 2, 683-693.
- Tyedmers, P., & Parker, R. (2012). Fuel Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Global Tuna Fisheries: A preliminary assessment. *International Seafood Sustainability Foundation (ISSF)*. Technical Report 2012-03. 35 p.
- Uyanto, S.S. (2006). Pedoman analisis data dengan SPSS. Graha Ilmu-Yogyakarta, 239p
- Watanabe, H., & Okubo, M. (1989). Energy input in marine fisheries of Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 53(9), 1525–1531 in P. Tyedmers (2004). Fisheries and Energy Use. *Encyclopedia of Energy*, Volume 2, 683-693.
- Widodo, A.A., Wudianto., & Satria, F. (2016). Current status of the pole-and-line fishery in Eastern Part of Indonesia. *Ind. Fish. Res. J.* 22(1), 43-52. <http://dx.doi.org/10.15578/ifrj.22.1.2016.43-52>.
- Ziegler, F., Hornborg, S. Green, B.S. Eigaard, O.R. Farmery, A.K. Hammar, L. Hartmann, K. Molander, S. Parker, R.W.R Hognes, E.S. Rowe, I.V., & Smith, A.D.M. (2016). Expanding the concept of sustainable seafood using Life Cycle Assessment. *Fish and Fisheries*, 17(4), 17. <https://doi.org/10.1111/faf.12159>.

Lampiran I. Distribusi jarak pelabuhan-daerah penangkapan (kiri) dan daerah penangkapan-bagan (kanan)  
Appendix. I. Distribution of port-fishing ground distance (left) and fishing ground-lift net of bait (right).

