

ADAPTASI NELAYAN PERIKANAN LAUT TANGKAP DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM

Nurtjahja Moegni¹, Ahmad Rizki², Gigih Prihantono³

^{1,2,3} Fakultas Ekonomi Universitas Airlangga
Jalan Airlangga No.4 Surabaya 60286, Indonesia. Phone: (031) 5033642
E-mail korespondensi: gigih.prihantono@yahoo.co.id

Naskah diterima: Maret 2013; disetujui: Agustus 2014

Abstract: This study presents the response of fisheries management to the extreme climatic affect marine fisheries in Jember district. Extreme weather LA NINA and EL NINO increasing sea wave and change wild fish population, causing increasing cost for fisherman. Quantitative methodology for use research in use data maritime ministry, the national oceanic and atmospheres administration, BMKG and primary data. This study suggests that responding to extreme climatic influences on fisheries include (1) establishing an early warning system by connecting fisheries agencies and marine research institutions to assist decision makers in performing time-adaptive measures, (2) Temporarily suspending subsidy activity to help managing cost in extreme weather, (3) Develop research technology for managing extreme weather events.

Keywords: fisheries; marine; climate change; extreme weather; updating; subsidies
JEL Classification: D24, H23, Q22

Abstrak: Studi ini menggambarkan respon dari manajemen perikanan laut tangkap dengan kejadian cuaca ekstrim yang mempengaruhi perikanan laut tangkap di Kabupaten Jember. Kejadian LA NINA dan EL NINO menyebabkan semakin tingginya gelombang laut dan perubahan arus ikan sehingga meningkatkan biaya melaut nelayan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang didukung data-data dari kementerian kelautan dan perikanan, the national oceanic and atmospheric administration (NOAA), BMKG dan survey. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa untuk merespon pengaruh cuaca ekstrim pada industri perikanan laut harus mencakup beberapa hal. Pertama, mendirikan sistem peringatan dini dengan menghubungkan lembaga perikanan, BMKG dan lembaga penelitian kelautan untuk membantu pengambilan keputusan dalam melakukan langkah-langkah adaptif dengan membentuk pusat monitoring lingkungan. Sementara waktu memberlakukan sistem subsidi pada kegiatan penangkapan ikan untuk mengurangi biaya yang timbul akibat cuaca ekstrim. Tiga, melakukan penelitian untuk mengembangkan teknologi, guna mengelola perubahan cuaca ekstrim yang terjadi.

Kata kunci: nelayan; perikanan; perubahan iklim; cuaca ekstrim; updating; subsidi
Klasifikasi JEL: D24, H23, Q22

PENDAHULUAN

Industri pengelolaan perikanan laut merupakan industri yang rentan terhadap perubahan cuaca ekstrim yang diakibatkan oleh fenomena pemanasan global. Pengaruh tersebut berasal dari sisi *supply* di mana dapat terjadi penurunan jumlah tangkapan yang dihasilkan

nelayan. Salah satu dampak dari perubahan iklim global adalah terjadinya fenomena El-Nino (meningkatnya suhu samudera pasifik) dan *La Nina* (menurunnya suhu samudera pasifik) yang mempengaruhi samudera-samudera di seluruh dunia. Terjadinya fenomena tersebut mengakibatkan suhu permukaan air laut berubah, sehingga mempengaruhi pola

kehidupan ikan. Perubahan suhu akan mempengaruhi zona *upwelling* (tempat mencari makan) ikan dapat mengakibatkan tidak hanya penurunan, tetapi juga pergeseran populasi spesies ikan ke laut yang lebih dingin atau panas. Selain itu terjadinya fenomena tersebut juga mengakibatkan kenaikan gelombang yang mempengaruhi biaya melaut nelayan.

Donnelly dan Woodruff (2007) menunjukkan bahwa terjadinya *El Nino* atau *La Nina* mempengaruhi terjadinya intensitas badai di wilayah Atlantik Afrika Barat. Mereka menyimpulkan bahwa periode badai Atlantik intensitasnya cenderung meningkat bersamaan dengan terjadinya *El Nino* atau *La Nina*. Terjadinya *El Nino* dan *La Nina* akan mengakibatkan perubahan sirkulasi lautan dan menguak habitat laut (Allison, *dkk*; 2009). Mereka menemukan bahwa peningkatan suhu air laut akan membatasi produksi primer, meningkatkan pemutihan karang dan mengurangi keanekaragaman hayati beberapa ekosistem. Temuan dari Chang, *dkk* (2009) dan Hsieh, *dkk* (2008) melaporkan terjadinya peristiwa perubahan suhu air yang ekstrim pada wilayah perairan kepulauan Penghu negara Taiwan bagian selatan mengakibatkan kematian ikan laut disekitar wilayah tersebut.

Indonesia merupakan Negara maritime yang diapit oleh dua samudera yaitu samudera pasifik dan samudera hindia. Sehingga ketika terjadi perubahan suhu dan cuaca ekstrim di wilayah samudera pasifik akibat *El Nino* atau *La Nina* akan meningkatkan tinggi gelombang di seluruh laut wilayah Indonesia. Hasil penelitian Kurniawan (2012) menunjukkan bahwa terdapat korelasi tinggi antara indeks Nino dengan peningkatan tinggi gelombang yang terjadi di wilayah perairan Indonesia. Wilayah perairan Indonesia yang mempunyai korelasi tinggi dengan terjadi *El Nino* dan *La Nina* adalah perairan utara Maluku dan perairan selatan Jawa. Sehingga ketika terjadi *El Nino* dan *La Nina* dapat diprediksi dua perairan tersebut akan mengalami kenaikan tinggi gelombang dari rata-rata tinggi normalnya.

Wilayah pesisir selatan jawa terdiri dari 5 provinsi dan 22 Kabupaten. Wilayah pesisir selatan jawa yang paling banyak dan paling luas dimiliki oleh Provinsi Jawa Timur dengan 8 kabupaten, salah satunya adalah kabupaten

Jember. Fokus penelitian ini ditetapkan di wilayah laut selatan Jatim tepatnya adalah Kabupaten Jember. Kabupaten Jember dipilih sebagai daerah penelitian dikarenakan beberapa alasan. Alasan pertama adalah selama 15 tahun terakhir terhitung dari tahun 1998 sampai tahun 2013 hasil tangkapan laut kabupaten ini cenderung konstan di angka 8000 sampai 9000 ton. Alasan kedua diperkirakan kabupaten ini mempunyai potensi sektor perikanan mencapai 40.000 ton per tahun namun potensi sektor perikanan yang ada saat ini belum dimanfaatkan secara optimal (www.DKPJember.com). Alasan ketiga adalah jumlah nelayan kabupaten Jember selama 15 tahun terakhir terhitung dari tahun 1998 sampai tahun 2013 cenderung konstan antara 14.000 sampai 15.000 dibandingkan wilayah pesisir selatan Jawa Timur lain. Karena hal tersebut menarik untuk dicermati bagaimana pengaruh dampak perubahan cuaca ekstrim terhadap kondisi sosial ekonomi nelayan di kabupaten Jember.

METODE PENELITIAN

Untuk mengestimasi efek dari perubahan cuaca asing pada kondisi sosial ekonomi nelayan di kabupaten Jember, maka penelitian ini menggunakan survey lapangan kepada para nelayan di sana. Metode penarikan sampel dalam penelitian ini menggunakan *random sampling* sebanyak 100 nelayan. Untuk memperkirakan dampak pemanasan global bagi nelayan, maka penelitian ini menggunakan model pilihan lokasi (*model of locational choice*). Karena lokasi melaut berpindah-pindah secara *random*, maka yang bisa kami lakukan hanya melakukan pengukuran asumsi berdasarkan wilayah rata-rata mencari ikan sebagai berikut:

- 1) Daerah melaut yang dekat dari pantai atau masih terlihat untuk melaut;
- 2) Daerah melaut jauh dari pantai tetapi masih di wilayah Kabupaten Jember;
- 3) Daerah melaut di luar Kabupaten Jember.

Pembagian wilayah tersebut diambil dikarenakan, tiga kategori tersebut mewakili pilihan nelayan di wilayah Kabupaten Jember untuk melakukan pencarian ikan. Untuk memilih apakah nelayan memutuskan memilih

salah satu tiga tempat tersebut, kami mengasumsikan terdapat dua faktor besar yaitu ekspektasi keuntungan pada pilihan lokasi dan biaya yang harus dikeluarkan.

Untuk membentuk ekspektasi keuntungan pada pilihan lokasi, kami melakukan kalkulasi berdasarkan keuntungan yang didapat ketika nelayan melakukan trip di lokasi tersebut dan diperbarui oleh informasi tentang berapa lama nelayan sering melakukan trip di daerah tersebut sebelumnya. Perhitungan biaya dihitung berdasarkan, *total cost* yang harus dikeluarkan nelayan rata-rata setiap kali mereka melakukan trip. Selain itu pemilihan trip juga ditentukan oleh jenis kapal yang digunakan oleh nelayan. Model estimasi ekonometrik menggunakan *model nested logistik* dari kondisi tersebut adalah sebagai berikut:

$$V_i = \beta_1 SPROFIT_i + \beta_2 BOAT_i + \beta_3 TC_i + \epsilon_t \quad 1)$$

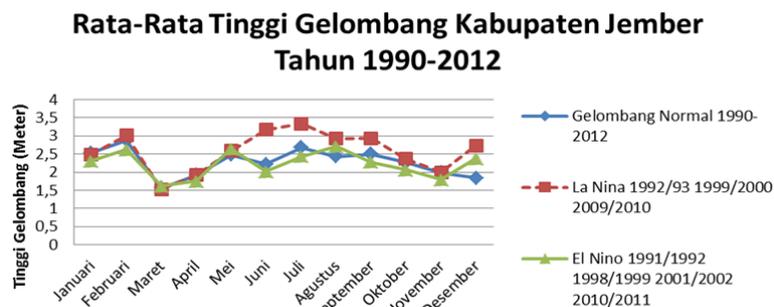
Variabel V_i menggambarkan pilihan nelayan untuk melakukan kegiatan menangkap ikan atau tidak. Variabel profit menunjukkan rata-rata keuntungan pada lokasi-lokasi yang tersedia di wilayah tersebut. Variabel boat merupakan variabel dummy tentang perahu yang digunakan oleh nelayan. Jika perahu yang digunakan berjenis Jukung maka bernilai nol dan jika bukan jukung maka bernilai 1. TC adalah variabel yang menunjukkan total biaya pada saat nelayan berangkat satu kali melaut. Secara keseluruhan, jumlah nelayan yang diamati adalah 100 kapal dan melakukan trip berpindah adalah sebanyak 12 kali per kapal. Pengumpulan data menggunakan *log book* yang

berisi informasi terkait tanggal, lokasi dan penggunaan input. Dari data tersebut maka bisa diketahui pola nelayan dalam melakukan penangkapan ikan. Data tinggi gelombang didapat dari *the national oceanic and atmospheric administration* (NOAA) dan badan meteorology klimatologi dan geofisika (BMKG).

Efek *El Nino* dan *La Nina* Terhadap Tinggi Gelombang

Selama periode amatan terhadap data-data tinggi gelombang laut Kabupaten Jember, kami melakukan pembagian perhitungan menjadi tiga kategori. Kategori pertama adalah perhitungan rata-rata tinggi gelombang pada waktu normal tidak terdapat *El Nino* maupun *La Nina*. Kategori kedua adalah rata-rata tinggi gelombang pada waktu terjadinya *El Nino* dan kategori ketiga adalah rata-rata tinggi gelombang pada waktu terjadinya *La Nina*. Grafik dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

Data yang ditunjukkan pada gambar 1 memberikan pesan bahwa terjadinya *El Nino* dan *La Nina* yang diukur dari tahun terjadinya *El Nino* dan *La Nina* serta data tinggi gelombang laut dari BMKG mempengaruhi terciptanya variasi tinggi gelombang. Data pada gambar, menunjukkan bahwa volatilitas gelombang yang disebabkan oleh *El Nino* lebih kecil dari pada gelombang yang disebabkan oleh *La Nina*. Nelayan Kabupaten Jember menghadapi gelombang tinggi ketika terjadi pada bulan Februari serta bulan Juli sampai September, pada periode tersebut gelombang laut di perairan Jember rata-rata mencapai tinggi lebih dari 2 meter. Ketika ketinggian gelombang mencapai



Gambar 1. Rata-rata tinggi gelombang laut Kabupaten Jember

2 meter maka hampir seluruh jenis kapal penangkapan ikan yang sedang berlayar akan terpengaruh (Guide Marine Meteorological Service, 2001).

Kondisi tersebut semakin buruk ketika wilayah laut kabupaten Jember terkena anomali *La Nina*. Anomali *La Nina* menyebabkan gelombang laut rata-rata mencapai tiga meter pada periode April sampai September. Kondisi ini memiliki konsekuensi yang sangat besar bagi pencarian ikan bagi nelayan. Nelayan akan memerlukan lebih banyak bahan bakar untuk dapat berlayar dengan baik pada saat terjadinya gelombang tinggi. Gelombang tinggi juga memberikan dampak tidak dapat berlayarnya jukung nelayan (Prihantono, 2010). Kenaikan suhu permukaan air laut membawa konsekuensi terjadinya *coral bleaching*, bergesernya habitat dan dapat sampai hilangnya spesies laut. Selain dampak langsung terhadap perikanan, meningkatnya tinggi gelombang laut berimplikasi pada kegiatan *aquaculture* dan *water supplies* masyarakat pesisir.

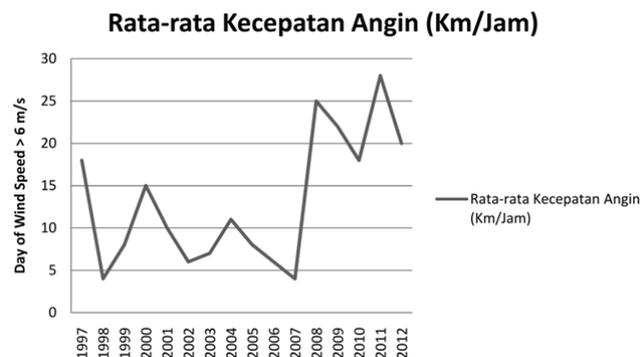
Efek *El Nino* dan *La Nina* Terhadap Lingkungan Laut

Terjadinya *El Nino* dan *La Nina* menyebabkan perubahan suhu air laut yang signifikan. Meskipun sebagian besar lautan mengalami suhu air yang tinggi di bawah pengaruh perubahan iklim, namun kejadian cuaca dingin ekstrim juga telah banyak dilaporkan dalam beberapa tahun terakhir. Memahami efek lokal akibat dari perubahan iklim terhadap ekosistem laut sangat penting dikarenakan masyarakat pesisir membutuhkan informasi tersebut. Penelitian dari Kuo dan Ho (2004)

menunjukkan bahwa angin muson timur di wilayah samudera Hindia jauh lebih kuat selama terjadinya *La Nina* pada musim dingin 1998/1999 dari pada *El Nino* pada musim dingin 1997/1998. Chang, dkk (2009) melaporkan bahwa kecepatan angin di laut cina selatan meningkat tajam dan berlangsung dalam waktu yang lama selama terjadinya *La Nina* sehingga menyebabkan pergeseran arus hangat ke wilayah laut jawa sampai samudera hindia yang mengakibatkan penurunan suhu air yang signifikan.

Kondisi perubahan iklim juga berdampak pada interaksi antara laut dan udara. Pada gambar 2 menunjukkan hasil statistik dari distribusi kekuatan yang lebih dari 6 m/s. Periode kecepatan angin yang kuat ($6 \text{ m/s} <$) selama terjadinya *La Nina* berlangsung 8 sampai 19 hari dan ketika terjadi *El-Nino* durasi waktunya hanya 2-8 hari. Terjadinya kondisi tersebut, membuat produksi ikan menurun yang berujung pada menurunnya pendapatan dan ketahanan pangan, sehingga nelayan mencari mata pencaharian alternatif atau menggunakan teknik memancing yang dapat menghasilkan lebih banyak tangkapan tetapi membebani ekosistem laut (Brashares, 2004).

Perubahan ekstrim pada lingkungan laut dapat merubah tata cara pengelolaan pesisir dan stabilitas sosial ekonomi disana. Kondisi tersebut membuat pengelolaan perikanan laut tangkap harus berubah untuk dapat beradaptasi dengan adanya perubahan iklim (Allison, dkk: 2006; Grafton, 2010 dan Mcilgorm, dkk: 2010). Namun untuk mengubah kondisi tersebut, pemerintah daerah belum menyediakan langkah-langkah adaptif dan belum terdapat



Gambar 2 Variasi kekuatan angin pada wilayah Pesisir Kabupaten Jember

payung hukum di dalamnya. Khususnya peraturan yang mengatur pengelolaan ekosistem pesisir di mana memang pengaruh perubahan iklim tidak dapat dirasakan secara langsung. Untuk itu yang bisa kami lakukan adalah melakukan model estimasi dan memperkirakan dampak kesejahteraannya agar memperkuat argumentasi perlu yang memerlukan mitigasi terhadap perubahan iklim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah empiris yang harus dipecahkan ketika terjadi perubahan iklim, bagaimana perubahan perilaku nelayan dalam melakukan kegiatan melaut. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakanlah pengukuran tempat alternatif tangkapan yang disusun berdasarkan tiga alternatif. Pada model pertama diasumsikan bahwa nelayan dapat memperbaiki harapan mereka untuk kembali ke tempat tangkapan meskipun mereka mempunyai pengalaman bahwa tempat tersebut tidak memberikan hasil yang tangkapan yang bagus (*updating*). Dalam model berikutnya, diasumsikan bahwa nelayan tidak akan kembali ke tempat penangkapan yang tidak memberikan hasil tangkapan yang bagus dalam jangka satu bulan. Model terakhir adalah "*mixed model*" di mana asumsi yang digunakan nelayan selalu melakukan *update* informasi untuk mendapatkan harapan pada hasil yang diperoleh. Bisa saja nelayan tersebut datang pada situs memancing yang tidak menghasilkan dalam waktu dekat atau nelayan tersebut mendengar informasi dari nelayan lain dan kemudian mendatangi lokasi yang tidak menghasilkan pada saat sedang berada di tengah laut.

Tabel 1 menunjukkan hasil estimasi keputusan nelayan pada pilihan situs perikanan untuk masing-masing model menunjukkan tingkat signifikan sebesar 0,05. Tanda pada koefisien pada semua variabel sesuai dengan teori yang ada. Secara khusus variabel *Sprofit* mempunyai efek positif meningkatkan probabilitas keputusan nelayan pada ketiga tempat tersebut. Hal tersebut mempunyai arti bahwa keputusan nelayan untuk memilih kembali, tidak kembali atau nanti kembali dalam waktu dekat pada suatu situs ditentukan oleh seberapa besar eks-

pektasi keuntungan yang akan didapat.

Variabel *boat* juga berpengaruh signifikan positif terhadap pengambilan keputusan nelayan dalam menentukan pilihan situs penangkapan ikan. Ketika nelayan mendapatkan informasi tentang suatu situs penangkapan, nelayan mempertimbangkan jenis kapal yang mereka punya. Semakin kapal tersebut memiliki kapasitas *gross ton* yang lebih besar maka semakin besar kemungkinan para nelayan berpindah situs mengikuti informasi yang ada. Kondisi ini juga menjelaskan bahwa semakin tinggi teknologi yang digunakan maka nelayan akan lebih mampu beradaptasi terhadap kondisi perubahan iklim. Variabel *TC (Total Cost)* memberikan gambaran negatif terhadap keputusan nelayan dalam menentukan pilihannya. Dapat dilihat pada ketiga model, bahwa nilai negatif variabel *TC* paling besar pada model *no updating*, hal ini memberikan indikasi bahwa kemungkinan besar nelayan tidak mau kembali ke situs yang tidak menghasilkan dikarenakan biaya untuk kembali lebih besar, meskipun mereka mendapat informasi tambahan bahwa situs tersebut memiliki panen ikan yang besar pada saat ini.

Tabel 1. Hasil Empiris Model Nested Logistik

	Updating	No Updating	Mixed
<i>Sprofit</i>	0,03473 (18,273)**	0,0083 (14,821)**	0,00573 (15,102)**
<i>Boat</i>	0,1372 (11,912)**	0,6681 (24,891)**	0,0834 (20,356)**
<i>TC</i>	-0,427 (32,283)*	-0,735 (39,101)**	-0,524 (41,621)*
Site Pseudo R ²	0,68	0,54	0,73
Fishery/Target Pseudo R ²	0,42	0,37	0,52
Percentage of Choice Occasions Correctly Predicted	62,6	64,1	72,7

* t-statistic value significant in level 0,05

Uji tambahan dari model tersebut adalah kemampuan prediksi model dalam memprediksi keputusan nelayan dalam memilih. Dari hasil R² memperlihatkan bahwa *mixed model*

memiliki persentase tertinggi dalam memprediksi perubahan tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa adaptasi nelayan dalam era perubahan iklim ini adalah melakukan perhitungan-perhitungan yang lebih rasional dalam menentukan keputusan untuk menangkap ikan disuatu situs. Para nelayan akan mengelola informasi baik dari ekspektasi keuntungan yang diperoleh, kapal yang digunakan dan biaya yang harus dikeluarkan ketika terjadi tambahan informasi tentang suatu situs. Ketika pertimbangan tiga variabel tersebut dirasa masih dapat mendatangkan keuntungan, para nelayan akan pergi ke suatu situs yang diinformasikan meskipun berdasarkan pengalaman mereka sebelumnya situs tersebut tidak memberikan keuntungan yang lebih.

Berdasarkan model pada tabel 1 maka dapat diperkirakan perkiraan subsidi yang dapat diberikan akibat terjadinya dampak perubahan iklim pada masing-masing model. Perkiraan nilai subsidi diukur dalam mata uang Rupiah untuk sekali melaut. Hasil estimasi tingkat kesejahteraan secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Besarnya Subsidi Akibat Perubahan Iklim

	<i>Updating</i>	<i>No Updating</i>	<i>Mixed</i>
Melaut Dekat Pantai	Rp. 19.340	Rp. 15.000	Rp. 25.270
Melaut Wilayah Jember	Rp. 26.820	Rp. 17.420	Rp. 34.810
Melaut Luar Wilayah Jember	Rp. 36.715	Rp. 21.250	Rp. 49.800

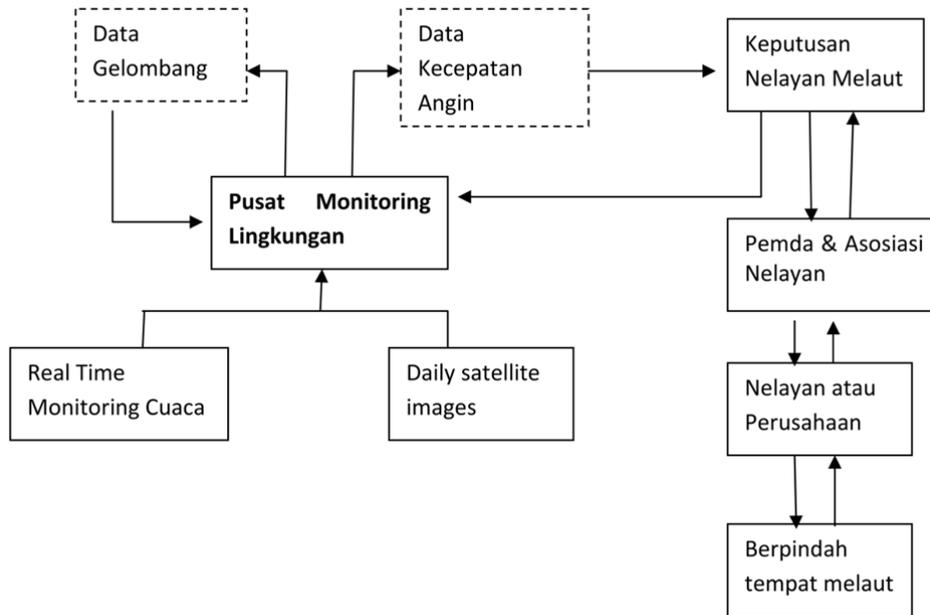
Secara keseluruhan, perhitungan model menghasilkan suatu estimasi bagi nelayan di Kabupaten Jember perlu diberikan subsidi untuk menutupi keuntungan yang hilang akibat dampak perubahan iklim. Untuk nelayan yang wilayah melautnya dekat pantai dapat diberikan bantuan subsidi antara Rp15.000 sampai Rp25.270 untuk setiap melaut. Untuk nelayan yang melaut jauh dari pantai tetapi

masih di wilayah Kabupaten Jember dapat diberikan bantuan subsidi antara Rp17.420 sampai Rp34.810. Untuk nelayan yang melaut di luar wilayah Kabupaten Jember dapat diberikan bantuan subsidi antara Rp21.250 – Rp49.800.

Bentuk dari subsidi tidak hanya berupa uang tunai, tetapi lebih pada subsidi barang. Seperti harga bahan bakar nelayan yang diberikan subsidi untuk pembeliannya, sehingga kondisi tersebut lebih efektif dalam mengurangi biaya melaut nelayan akibat cuaca ekstrim.

Penelitian menunjukkan bahwa langkah-langkah adaptif harus dilakukan dengan melihat perilaku nelayan dalam melaut. Sebagai contoh, bahwa nelayan yang cenderung menetap dalam mencari ikan di suatu tempat dengan nelayan yang sering berpindah disuatu tempat harus dibedakan cara penangannya. Selain itu kapal dengan kapasitas GT yang kecil dengan kapasitas GT besar juga harus dibedakan cara penangannya. Dilihat dari sisi lingkungan, penelitian ini menyarankan perlunya pengelolaan sumber daya perikanan berbasis ekosistem, dengan menyediakan data dan melakukan edukasi pada nelayan tentang ketahanan biofisik laut dan dampaknya bagi kehidupan sosial-ekonomi mereka (Mcilgrom *dkk*, 2010). Bentuk dari pengurangan dampak perubahan iklim/cuaca yang ekstrim adalah membentuk sebuah unit teknis sebagai “Pusat Monitoring Lingkungan”. Di dalamnya berisi informasi biofisik laut, sosial-ekonomi nelayan dan pemerintah. Penjabaran dari konsep tersebut ditampikan pada gambar 3.

Pusat monitoring lingkungan mempunyai inti manfaat pada ketersediaan data biofisik lautan untuk membantu nelayan dalam mengambil keputusan melaut. Pusat monitoring lingkungan ini dalam cara kerjanya terdiri dari tiga langkah terpisah. Langkah pertama adalah mengkoordinasikan pengumpulan data lingkungan, cuaca dan biofisik lautan. Langkah kedua adalah melakukan identifikasi potensi anomali iklim berdasarkan informasi dari data yang didapat. Langkah ketiga adalah membuat keputusan adaptif pada tingkat pemerintah daerah. Kemudian sumber daya manusia pada Pusat Monitoring Lingkungan melakukan edukasi atau pengumuman kepada nelayan terkait



Gambar 3. Flowchart manfaat pusat monitoring lingkungan sebagai pertimbangan nelayan dalam memutuskan berlayar

peristiwa anomali iklim, sehingga nelayan dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk menanggapi peristiwa tersebut.

membangun Pusat Monitoring Lingkungan untuk memberikan peringatan bagi para nelayan tentang kondisi biosfisik laut saat ini, sehingga menghindarkan mereka dari kerugian.

SIMPULAN

Dampak perubahan iklim pada ekosistem laut dapat berpengaruh terhadap sektor perikanan laut tangkap. Akibat yang ditimbulkan bagi kehidupan sosial ekonomi nelayan adalah meningkatnya biaya melaut dan berubahnya perilaku melaut nelayan. Berdasarkan hasil estimasi model secara keseluruhan, memperlihatkan bahwa perilaku nelayan menangkap ikan akan berpindah tempat berdasarkan informasi yang selalu diperbarui. Namun nelayan tidak mengetahui apakah informasi yang mereka terima dapat benar-benar memberikan keuntungan pada mereka atau malah merugikan. Untuk itu pemerintah daerah perlu melakukan langkah-langkah adaptif baik dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Untuk jangka pendek pemerintah daerah perlu memberikan subsidi biaya melaut pada nelayan yang disesuaikan dengan kategori mereka. Dalam jangka panjang pemerintah daerah dapat

DAFTAR PUSTAKA

- Allison EH, Perry AL, Badjeck MC, Adger WN, Brown K, Conway D. (2009). Climate change and fisheries: a comparative analysis of the relative vulnerability of 132 countries. *Fish Fish*, Vol 10(2): 173-96.
- Allison EH, Horemans B. (2006). Putting the principles of the sustainable livelihoods approach into fisheries development policy and practice. *Mar Policy* Vol 30(6): 757-66
- Brashares J, Arcese P, Sam M, Coppolillo P, Sinclair A, Balmford A.(2004) Bushmeat, hunting, wildlife declines, and fish supply in West Africa. *Science* Vol 306:1180-3.
- Chang Y, Lee KT, Lee MA, Lan KW. (2009) Satellite observation on the exceptional intrusion of cold water in the Taiwan Strait. *Terr Atmos Oceanic Sci* Vol 20(4): 661-9.
- Donnelly JP, Woodruff JD. (2007). Intense hurricane activity over the past 5, 000 years

- controlled by El Niño and the West African monsoon. *Nature* 447 : 465–468.
- Grafton RQ. (2010). Adaptation to climate change in marine capture fisheries. *Mar Policy* Vol 34: 606–15.
- Hsieh HJ, Hsien YL, Tsai WS. (2008). Tropical fishes killed by the cold. *Coral Reefs* Vol 27(3) : 599.
- Kurniawan, Roni. (2012). Karakteristik gelombang laut dan daerah rawan gelombang tinggi di perairan Indonesia. *Tesis: Universitas Indonesia*. Tidak Dipublikasikan.
- Kuo NJ, Ho CR. (2004) ENSO effect on the sea surface wind and sea surface temperature in the Taiwan Strait. *Geophys Res Lett* Vol 31: L13309.
- McIlgorm A, Hanna S, Knapp G, Floc 0 HP, Millerd F, Pan M. (2010). How will climate change alter fishery governance? insights from seven international case studies. *Mar Policy* Vol 34: 170–7.