

MODEL OPTIMASI PERIKANAN BUDIDAYA LAUT (Studi Kasus Perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara)

Ratna Purwaningsih^{*)}, Zainal Fanani R, Vita Shany Nugrahaeni

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Perikanan budidaya laut merupakan salah satu bentuk upaya meningkatkan produksi perikanan karena perikanan tangkap laut telah lebih tangkap. Perairan Karimunjawa kabupaten Jepara telah mengembangkan perikanan budidaya laut untuk komoditas rumput laut, ikan kerapu dan kerang. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah masih terbatasnya industri pendukung yang memenuhi kebutuhan akan bibit, pakan ikan dan peralatan budidaya laut. Selain itu juga ketersediaan lahan yang terbatas karena dibutuhkan kualitas perairan yang bersih dan bebas pencemaran.

Pengembangan perikanan budidaya laut membutuhkan kebijakan pemerintah untuk mendorong munculnya industri pendukung. Sebagai investasi yang besar, industri pendukung hanya dapat dihadirkan jika industri budidaya perikanan terbukti memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Maka, perlu dikembangkan model perikanan budidaya laut untuk mengidentifikasi (1) memperkirakan ukuran industri berdasarkan sumber daya laut yang tersedia (luas lahan dan kondisi perairan) dan (2) mengembangkan model optimasi dengan pemrograman linear. Hasil penelitian adalah model pemrograman linear dan nilai optimal masing – masing komoditas budidaya. Komoditas budidaya terdiri atas rumput laut, kerapu, dan kerang. Komoditas rumput laut diproduksi sebesar 3.360.000 kg, kerang darah sebesar 485.407,2 kg, dan kerapu bebek sebesar 5.790,60 kg. Profit maksimum dari kegiatan budidaya laut yang direncanakan sebesar Rp 2.163.846.000,00

Kata kunci: perikanan budidaya laut; optimasi; pemrograman linear; simulasi

Abstract

Sea farming on fishery is a way to increase fish production when marine capture fisheries already overfished. Karimunjawa sea in Jepara district has been developing sea farming of sea weed, kerapu fish and shell. Main problems on this fisheries recently are limit capacity of supporting industries such as hatchery, fish meal and poultry, and sea farming tools and equipment. Beside, limit of availability of suitable sea and coast which free from pollutant.

Sea farming development need government regulation to support emerging of supporting industries which need high investment. It only will happen if this sector has a high economic value. To obtain the real data of sea farming economic potency, an optimization model should be developed and some calculation are needed. The objective of this research are (1) to estimate production of sea farming according to constraint variables such as availability of land, hatchery and poultry industry, (2) to develop the model on linear programming and run a simulation. Output of the simulation is the optimum production of selected commodity which give the maximum profit for the region. The commodity are seaweed, kerapu and shell. Optimum production of seaweed is 3.360.000 kg, kerang darah production is 485.407,2 kg, and kerapu bebek production is 5.790,60 kg. Maximum profit result from this sea farming is Rp 2.163.846.000,00.

Keywords: *Sea farming fishery; optimization; linear programming; simulation*

Pendahuluan

Perikanan tangkap laut (*marine capture fisheries*) memiliki peranan yang penting secara ekonomi. Ikan laut masih menjadi sumber protein bagi gizi masyarakat, dan sektor perikanan laut telah

menyediakan lapangan kerja bagi jutaan nelayan. Pada 2007, ikan menyumbang 67 persen dari jumlah serapan protein perkapita yang bersumber dari protein hewani (DKP, 2009). Namun, review terakhir mengenai kondisi sumber daya perikanan global oleh FAO memperkirakan bahwa dari 523 jenis ikan dunia yang dilakukan stock assessment, 52 % sumber daya ikan mengalami *fully exploited*, 17 % *overexploited*

^{*)} Penulis Korespondensi.

email: ratna_ti2005@yahoo.com

dan hanya 3 % saja yang *underexploited* (FAO, 2009). Maka, budidaya laut menjadi alternatif untuk meningkatkan stok ikan.

Salah satu usaha mengatasi kemiskinan nelayan dengan mentransformasi mata pencaharian mereka dari nelayan 'tangkap' ke nelayan 'budidaya'. Meskipun masyarakat nelayan memiliki sifat sulit beralih profesi karena faktor ekonomi, budaya, serta rendahnya ketrampilan dan pendidikan (Ikiara, 2000). Sebagai negara maritim dengan panjang garis pantai 81.000 km Indonesia sangat potensial untuk perikanan budidaya laut. Produksi perikanan budidaya menurut komoditas utama untuk tahun 2014 mencapai hampir 17 ribu ton. Perikanan budidayaterus berkembang lebih cepat dibanding perikanan tangkap, dengan kenaikan rata-rata nasional per tahun mencapai 23,6 persen sejak tahun 2002, sedangkan perikanan tangkap hanya 2,91 persen. Produksi budidaya pada tahun 2002 tercatat sebesar 1,14 juta ton dengan nilai Rp. 14,37 triliun (DKP, 2007). Untuk propinsi Jawa Tengah, potensi lahan yang dapat dimanfaatkan sebesar 677 hektare dengan komoditas unggulan ikan kakap, kerapu, teripang dan rumput laut (DKP, 2010).

Hasil budidaya yang baik akan diperoleh jika kepadatan spesies tidak melampaui batas, sehingga jumlah ikan yang dibudidayakan tergantung pada variabel lahan tersedia dan karakteristik intrinsik dari spesies yang dibudidayakan. Berdasarkan dua hal tersebut dapat dilakukan estimasi jumlah kebutuhan bibit ikan, pakan ikan dan peralatan-peralatan untuk perikanan budidaya seperti jaring apung, pelampung, sampan, *cold storage* dan infrastruktur lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengidentifikasi potensi pengembangan perikanan budidaya laut berdasarkan ketersediaan lahan, (3) Mengembangkan model optimasi perikanan budidaya laut perairan karimunjawa, Jepara untuk menentukan produk yang memberikan maksimasi keuntungan. Metode optimasi yang digunakan adalah pemrograman linear dan diselesaikan dengan software QS (Quant system).

Obyek penelitian adalah perikanan budidaya laut di kepulauan Karimunjawa. Taman Nasional Karimunjawa merupakan gugusan 27 buah pulau yang memiliki tipe ekosistem hutan hujan dataran rendah, padang lamun, algae, hutan pantai, hutan mangrove, dan terumbu karang. Adanya kegiatan perikanan budidaya yang berhasil akan secara tidak langsung mengalihkan tekanan dari penangkapan di laut sehingga kelestarian dapat terjaga (Yusuf dkk, 2007).

Bahan dan Metode

Perikanan budidaya laut

Perikanan budidaya laut membutuhkan biaya lebih yang besar dibanding perikanan tangkap. Maka, komoditas yang dipilih haruslah komoditas yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Tetapi jenis-jenis ikan dengan nilai ekonomi tinggi seperti berbagai jenis

ikan karang menuntut habitat hidup berupa perairan yang bersih dari pencemaran. Meskipun berada di pantai utara Jawa yang umumnya sudah tercemar, perairan Karimunjawa memenuhi spesifikasi perairan yang bersih untuk budidaya kerapu dan rumput laut (Tistianoro, 2006; Ariyati dkk, 2007).

Pulau Karimunjawa menjadi pusat kecamatan yang berjarak \pm 83 km dari Kota Jepara, Jawa Tengah. Memiliki luas sekitar 110.117,3 hektar dengan Temperatur udara 23° - 32° C dengan ketinggian 0 - 605 meter dari permukaan laut. Letak geografis $5^{\circ}42'$ - $6^{\circ}00'$ LS, $110^{\circ}07'$ - $110^{\circ}37'$ BT (DEPHUT, 2008). Keterbatasan lahan memaksa dilakukannya suatu optimasi untuk menentukan produk mana yang akan dibudidayakan agar diperoleh keuntungan yang maksimal. Disisi lain, kapasitas produksi bibit ikan dari *hatchery* dirasa masih sangat kurang dibandingkan dengan potensi pasar produk perikanan mengingat Jepara cukup dekat dengan Semarang sebagai daerah pasar. Beberapa komoditas perikanan budidaya laut yang telah dibudidayakan di kepulauan Karimunjawa diantaranya rumput laut, kerapu macan dan kerapu bebek. Lama budidaya untuk kerapu macan 1-1,5 tahun, sementara kerapu bebek 1,5-2 tahun. Umumnya saat panen kerapu hasil budidaya berukuran 3 - 4 ekor per kg. Harga jual kerapu macan Rp 160 ribu per kg dan kerapu bebek Rp 360 ribu per kg. Benih didapat dari Bali dan Jepara, dengan ukuran 10 cm. Harga benih Rp 1.500 per cm per ekor (Trobos, 2012). Gambar ikan kerapu kerapu bebek diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ikan Kerapu bebek
Sumber : Wikipedia

Pemrograman Linear

Model matematis perumusan masalah umum pengalokasian sumberdaya untuk berbagi kegiatan, disebut sebagai Model Pemrograman Linear. Tahapan dalam penelitian linear programming atau pemrograman linear meliputi (1) Formulasi masalah, (2) Input persamaan linear dalam software Quant System, (3) Running software, (4) Analisa sensitivitas. Analisis kepekaan adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat/pengaruh dari perubahan yang terjadi pada parameter-parameter LP terhadap solusi optimal yang telah dicapai. Penelitian tentang dampak dari perubahan nilai parameter di parameter linear ini dikenal dengan nama analisis sensitivitas. (Dimiyati, 2004).

Model LP ini merupakan bentuk dan susunan dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan teknik LP. Dalam model LP dikenal 2 macam "fungsi", yaitu fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi-fungsi batasan (*constraint functions*). Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran didalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya-sumber daya, untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

Untuk mengembangkan model *linear programming* perikanan budidaya laut maka parameter model diasumsikan deterministik dan konstan. Parameter model diperoleh dari kajian pustaka (Mayunar dkk, 1995; Ristek, 2001; Irzal dkk, 2006). Berikut parameter-parameter yang terlibat dalam model perikanan budidaya laut .

1. Luas lahan total (ha)
Nilai ini diperoleh berdasarkan peraturan zonasi di perairan Karimunjawa.
2. Asumsi modal pembiayaan (Rp/tahun)
Modal pembiayaan proyek pemanfaatan lahan untuk budidaya laut nilainya diasumsikan.
3. Jenis komoditi
Yang diujicobakan merupakan komoditi yang sesuai secara fisik, kimia, dan biologi untuk dibudidayakan di perairan studi kasus.
4. Luas lahan budidaya laut sesuai berdasarkan identifikasi kesesuaian lahan
 - Lahan budidaya untuk ikan dalam KJA
 - Lahan budidaya untuk rumput laut dengan metode apung
 - Lahan budidaya untuk kekerangan
5. Ketersediaan *hatchery*
Menggambarkan jumlah bibit yang dapat digunakan untuk budidaya laut yang direncanakan. Jumlah bibit dapat diperoleh dari data statistik perikanan budidaya di wilayah studi kasus.
6. Parameter ekonomi
Parameter ekonomi untuk studi kasus ini adalah nilai dari koefisien beberapa input variabel berikut (n adalah jenis komoditi) :

a. Keuntungan tiap kg komoditi

$$c_n = \frac{\text{keuntungan produksi / thn / ha}}{\text{jumlah produksi per tahun perhektar}} \dots(1)$$

b. Biaya tiap kg komoditi

$$a_{1n} = \frac{\text{Annualbiaya investasi +biaya operasional}}{\text{jumlah produksi per tahun}} \dots\dots\dots(2)$$

c. Penggunaan lahan tiap kg komoditi

$$a_{2n} = \frac{1}{\text{jumlah produksi / ha / thn}} \dots\dots\dots(3)$$

d. Kebutuhan benih dari *hatchery* tiap kg komoditi

$$a_{5n} = \frac{\text{jumlah kebutuhan benih / thn}}{\text{jumlah produksi per tahun}} \dots\dots\dots(4)$$

Komoditas yang diujicobakan antara lain kekerangan, ikan laut dengan metode Keramba Jaring Apung (KJA) dan rumput laut dengan metode apung. Model optimasi linear produksi budidaya laut studi kasus perairan Karimunjawa sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

Maksimalkan nilai Z

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5 + C_6X_6 \dots\dots\dots(5)$$

Fungsi-fungsi kendala sebagai berikut:

a. Keterbatasan dana

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 + a_{15}X_5 + a_{16}X_6 \leq b_1 \dots\dots(6)$$

b. Kapasitas total lahan

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + a_{24}X_4 + a_{25}X_5 + a_{26}X_6 \leq b_2 \dots\dots(7)$$

c. Luas lahan sesuai untuk metode apung

$$a_{21}X_1 \leq b_3 \dots\dots\dots(8)$$

d. Luas lahan sesuai untuk KJA

$$a_{23}X_3 + a_{24}X_4 + a_{25}X_5 \leq b_4 \dots\dots\dots(9)$$

e. Ketersediaan bibit

$$a_{33}X_3 + a_{34}X_4 + a_{35}X_5 \leq b_5 \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{dan } X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_6 \geq 0 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- C₁ : keuntungan/kg Rumput laut (Rp)
- C₂ : keuntungan/kg Kerang darah (Rp)
- C₃ : keuntungan/kg Kerapu Bebek (Rp)
- C₄ : keuntungan/kg Kerapu Macan (Rp)
- C₅ : keuntungan/kg Kakap Putih (Rp)
- C₆ : keuntungan/kg Tiram Mutiara (Rp)
- a₁₁ : biaya produksi/ kg rumput laut /tahun/Ha
- a₁₂ : biaya produksi/ kg kerang darah /tahun/Ha
- a₁₃ : biaya produksi/kg kerapu bebek/tahun/Ha
- a₁₄ : biaya produksi/ kg kerapu macan /thn/Ha
- a₁₅ : biaya produksi/kg kakap putih /tahun/Ha
- a₁₆ : biaya produksi/ kg tiram mutiara/tahun/Ha
- a₂₁ : kebutuhan luas lahan/kg rumput laut (ha)
- a₂₂ : kebutuhan luas lahan/kg kerang darah (ha)
- a₂₃ : kebutuhan luas lahan/kg kerapu bebek (ha)
- a₂₄ : kebutuhan luas lahan /kg kerapu macan (ha)
- a₂₅ : kebutuhan luas lahan /kg kakap putih (ha)
- a₂₆ : kebutuhan luas lahan/kg tiram mutiara (ha)
- a₃₃ : kebutuhan bibit/kg kerapu bebek (ha)
- a₃₄ : kebutuhan bibit/kg kerapu macan (ha)
- a₃₅ : kebutuhan bibit/kg kakap putih (ha)
- b₁ : asumsi modal atau investasi total (Rp)
- b₂ : kapasitas total luas lahan budidaya (Ha)
- b₃ : luas lahan sesuai untuk rumput laut (Ha)
- b₄ : luas lahan sesuai untuk ikan dlm KJA (Ha)
- b₅ : jumlah bibit ikan yang tersedia (Kg)

Hasil dan Pembahasan

Formulasi pemrograman linear

Nilai dari parameter-parameter yang telah diidentifikasi berdasarkan model *linear programming* untuk perikanan budidaya laut kepulauan Karimunjawa diberikan pada Tabel 1. Nilai parameter parameter tersebut adalah sebagai berikut :

1. Luas lahan total (ha) perairan budidaya seluas 788.213 hektar.
2. modal pembiayaan sebesar Rp 1.000.000.000,00. Jenis komoditi sesuai yang diujicobakan yaitu

- rumpun laut, kerang darah, ikan kerapu tikus, kerapu macan, kakap putih, serta tiram mutiara.
- Luas lahan sesuai budidaya ikan dalam KJA 150,14 ha.
 - Luas lahan budidaya untuk rumput laut dengan metode apung 42 ha.
 - Luas lahan budidaya untuk kekerangan diasumsikan 788.213 hektar.
 - Ketersediaan hatchery 28.953ekor.
 - Parameter ekonomi dihitung dari analisis biaya tiap komoditi berdasarkan biaya budidaya laut.

Parameter model *linear programming* dimasukkan ke dalam formulasi matematis.

Fungsi Tujuan: Maksimumkan nilai Z
 $Z=282,11X_1+1.572,5X_2 + 180.309X_3 + 9.873X_4 + 910,41X_5 + 85.453.281,65X_6$(12)

Fungsi-fungsi kendala sebagai berikut:

- Keterbatasan dana
 $19,16X_1 + 1.927,5X_2 + 125.197X_3 + 70.575,37X_4 + 3.163,01X_5 + 314.546.718,3X_6 \leq 1.000.000.000$(13)
- Kapasitas total lahan
 $0,0000125X_1 + 0,000125X_2 + 0,00000675X_3 + 0,0000045X_4 + 0,0000012X_5 + 0,069 X_6 \leq 788.213$ (14)
- Kapasitas maksimum lahan potensial untuk budidaya rumput laut
 $0,0000125X_1 \leq 42$ (15)

- Kapasitas maksimum lahan potensial budidaya ikan dalam KJA
 $0,00000675X_3 + 0,0000045X_4 + 0,0000012X_5 \leq 150,14$(16)

- Ketersediaan bibit
 $5X_3 + 2,5X_4 + 2,2X_5 \leq 28.953$ (17)

Dan $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_6 \geq 0$(18)

Analisa Hasil Optimasi

Persoalan model optimasi budidaya laut menggunakan *linear programming* kemudian diselesaikan dengan bantuan software QS. Berdasarkan output QS, model optimasi budidaya laut mencapai solusi optimal dengan nilai Rp 2.163.846.000,00. Nilai ini dicapai dengan variabel keputusan yang diproduksi yaitu $X_1 = 3.360.000$ kg, $X_2 = 109.290,10$ kg, $X_3 = 5.790$ kg, $X_4 = 0$, $X_5 = 0$, dan $X_6 = 0$. Hasil ini menggambarkan bahwa dilihat dari segi ekonomi, kegiatan produksi yang menghasilkan keuntungan maksimal adalah produksi rumput laut, kerang darah, dan kerapu bebek saja. Jika dilihat dari nilai keuntungan relatif usaha budidaya rumput laut menggunakan analisis *return cost ratio* (R/C) diperoleh nilai paling besar dibanding komoditas lainnya yaitu 15,73. Nilai R/C kerapu bebek memiliki nilai terbesar kedua yaitu sebesar 2,44 dan urutan ketiga nilai R/C kerang darah sebesar 1,82. Nilai R/C masing-masing komoditi disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Nilai berbagai parameter ekonomi

Komoditi (Xn)	Periode produksi /Th	Total Biaya Budidaya/ Th (Rp)	Jumlah produksi/Th (Kg)	Pendapatan /Th (Rp)	Keuntungan /Th (Rp)
Rumput laut	8	12.259.667	640.000	192.807.529	180.547.862
kerang darah	2	15.420.000	8.000	28.000.000	12.580.000
Kerapu Bebek	2	17.758.518.519	148.148	45.260.163.002	26.712.409.888
Kerapu Macan	2	15.683.415.857	222.222	17.877.542.595	2.194.126.738
Kakap Putih	2	2.635.838.793	833.333	3.394.512.225	758.673.432
Tiram Mutiara	0,2	4.587.139.643	4,375	5.833.333.333	1.246.193.691

Tabel 2. Return cost ratio (R/C) per komoditi

Komoditi (Xn)	Total Penerimaan	Total Biaya	R/C
Rumput laut	192.807.529	12.259.667	15,73
kerang darah	28.000.000	15.420.000	1,82
Kerapu Bebek	45.260.163.002	18.547.753.114	2,44
Kerapu Macan	17.877.542.595	15.683.415.857	1,14
Kakap Putih	3.394.512.225	2.635.838.793	1,29
Tiram Mutiara	5.833.333.333	4.587.139.643	1,28

Tabel 3. Tingkat Sensitivitas Fungsi Tujuan

No	Variabel Keputusan	Nilai Koefisien	Nilai Kritis	Selisih (Rp)	Prosentase Selisih (%)
1.	X3	180.309	102.138,7	78.170,3	43,35
2.	X2	1.572,5	523,6 dan 2.775,99	1.048,9 dan 1203,49	66,70 dan 76,53
3.	X1	282,11	15,63	266,48	94,46
4.	X6	85.453.280	256.614.600	171.161.320	200,29
5.	X4	9.873,5	96.662,22	86.788,72	879,01
6.	X5	910,4	36.975	36.064,6	3.961,40

03-11-2011 08:50:24	Decision Variable	Solution Value	Reduced Cost	Unit Cost or Profit C(j)	Allowable Min. C(j)	Allowable Max. C(j)
1	X1	3.360.000,0000	0	282,1100	15,6312	M
2	X2	109.290,1000	0	1.572,5000	523,6462	2.775,9900
3	X3	5.790,6000	0	180.309,0000	102.138,7000	M
4	X4	0	-86.788,6500	9.873,5700	-M	96.662,2200
5	X5	0	-36.065,0000	910,4100	-M	36.975,4100
6	X6	0	-171.161.400,0000	85.453.280,0000	-M	256.614.600,0000

Gambar 2. Sensitivity Analysis untuk koefisien fungsi tujuan

03-11-2011 09:04:28	Constraint	Direction	Shadow Price	Right Hand Side	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	<=	0,8158	1.000.000.000,0000	789.343.400,0000	12.154.390.000,0000
2	C2	<=	0	788.213,0000	55,6875	M
3	C3	<=	21.318.300,0000	42,0000	0	179,4326
4	C4	<=	0	150,1400	0,0391	M
5	C5	<=	15.634,0700	28.953,0000	0	37.366,0100

Gambar 3. Sensitivity Analysis untuk nilai B (Right Hand Side)

Proyeksi nasional yang diturunkan ke dalam proyeksi tiap daerah (dalam hal ini Propinsi Jawa Tengah) menggambarkan jumlah komoditi yang ditargetkan untuk diproduksi. Proyeksi produksi rumput laut di Jawa Tengah berdasarkan Kebijakan dan Program Pembangunan Perikanan Budidaya Jawa Tengah adalah sebesar 65.091 ton. Sementara itu sumber Jepara dalam Angka 2010 menyatakan hasil produksi rumput tahun 2009 Karimunjawa sebesar 2.253 ton. Berdasarkan model *linear programming* budidaya rumput laut dengan metode apung di Karimunjawa dapat dimaksimalkan hingga sebesar 3.360 ton.

Analisis Sensitivitas

Perubahan fungsi tujuan

Hasil analisis sensitivitas untuk koefisien fungsi tujuan dengan bantuan QS seperti pada gambar 2 dimana masing-masing koefisien fungsi tujuan tersebut dapat dibandingkan tingkat sensitivitasnya satu dengan yang lain sehingga akan dapat diperoleh tingkat sensitivitas tertinggi hingga yang terendah. Nilai koefisien dengan prosentasi selisih yang terkecil merupakan nilai koefisien dengan tingkat sensitivitas yang paling tinggi. Tabel 3 adalah urutan tingkat sensitivitas pada koefisien fungsi tujuan.

Perubahan Ruas Kanan Suatu Kendala

Hasil analisis sensitivitas nilai B (*right hand side*) software QS (gambar 3) tiap fungsi pembatas :

1. Modal investasi : diketahui bahwa solusi basis saat ini akan tetap optimal jika harga ruas kanan pembatas pertama bernilai antara 789.343.400 hingga 12.154.340.000. Hal ini berarti bahwa nilai modal investasi diatas Rp 789.343.400,00 dan dibawah Rp12.154.340.000,00 tidak akan mengubah solusi optimal saat ini.
2. luas wilayah, bernilai antara 55,6875. Hal ini berarti jika memang dimungkinkan terjadi perubahan luas zona budidaya laut, maka apabila luasnya dibawah 55,6875 ha akan dapat mengubah solusi optimal saat ini.

3. Harga ruas kanan pembatas ketiga bernilai antara 0 hingga 179,4326. Hal ini berarti bahwa jika luas lahan sesuai untuk budidaya rumput laut bertambah hingga diatas 179,4326 ha, maka hal ini dapat mengubah solusi optimal saat ini.
4. Harga ruas kanan pembatas keempat bernilai antara 0,0391 hingga tak terhingga. Hal ini berarti bahwa jika luas lahan sesuai untuk budidaya ikan dalam KJA berkurang hingga dibawah 0,0391 ha, maka hal ini dapat mengubah solusi optimal ini.
5. Harga ruas kanan pembatas kelima bernilai antara 0 hingga 37.366,01. Hal ini berarti bahwa apabila ketersediaan *hatchery* bertambah hingga diatas 37.366 ekor maka hal ini akan dapat mengubah solusi optimum saat ini.

Model yang dikembangkan pada penelitian ini tidak melibatkan batasan permintaan tiap-tiap komoditi. Hal ini dikarenakan memang masih sangat sulit memotret permintaan masing-masing komoditi. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan membandingkan potensi produksi dengan potensi konsumsi di wilayah tersebut. Berdasarkan data, jumlah penduduk Kota Jepara tahun 2009 yaitu berjumlah 1.107.973 jiwa (BPS, 2009). Sementara itu, produksi ikan berdasarkan data statistik perikanan Budidaya Jawa Tengah tahun 2007 dan 2008 adalah sebesar 1852 ton dan 2249 ton. Dengan demikian, apabila asumsi tingkat konsumsi di Jawa Tengah sebesar 16,21kg/orang/tahun digunakan, maka potensi konsumsi adalah sebesar 17.960,24 Ton. Nilai tersebut sangat besar jika dibandingkan dengan nilai produksi pada tahun 2007 maupun 2008.

Berdasarkan analisis sensitivitas, rumput laut merupakan komoditi dengan tingkat pengembalian modal yang paling besar. Kenyataannya, di wilayah tersebut jalur pendistribusian belumlah dioptimalkan sehingga seringkali menjadi hambatan nyata bagi produsen untuk memotret permintaan yang sesungguhnya dari industri yang menggunakan rumput laut sebagai bahan dasar kegiatan produksinya. Untuk itu, perlu dilakukan upaya-upaya dari pihak pemerintah agar jalur pendistribusian lebih

kelas sehingga dapat menjembatani permintaan dari industri dan penawaran dari produsen rumput laut tersebut. Kerang darah juga memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi dilihat dari tingkat pengembalian modal. Sementara itu, budidaya kerang darah di Karimunjawa baru sebatas potensi dan oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menunjang kegiatan produksinya. Sementara itu, produksi ikan dalam KJA yaitu kerapu bebek memiliki potensi ekonomi yang lebih tinggi dari kerang darah. Berdasarkan *trial* yang dilakukan, apabila nilai ketersediaan bibit ditingkatkan dari 28.953 menjadi 40.000, output menunjukkan bahwa kondisi optimal saat ini berubah yaitu total keuntungan menjadi Rp 2.295.375.000,00 dan variabel keputusannya berubah menjadi X_1 dan X_3 yang diproduksi. Hal ini menandakan keterbatasan *hatchery* mempengaruhi keputusan serta keuntungan potensial. Untuk itu, *hatchery* perlu dikembangkan agar hasil produksi perikanan semakin mantap. Kegiatan produksi ikan kerapu macan, dan kakap putih pada dasarnya juga dapat dikategorikan layak karena memiliki nilai tingkat pengembalian modal lebih dari 1. Namun, nilai ini terbilang kecil bila dibandingkan dengan jenis investasi lain. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai efisiensi produksi sehingga meningkatkan margin keuntungan komoditi.

Pengembangan budidaya laut memerlukan perencanaan serta pengelolaan yang tepat agar sistem usaha dapat dilaksanakan secara berkelanjutan. Keberhasilan budidaya yang berkelanjutan dapat dilihat antara lain dari segi efisiensi ekonomi, *sosial equity*, dan *ecological sustainability*. Pada pengembangan model optimasi linear budidaya laut ini, fokus yang dilakukan adalah segi efisiensi ekonomi tanpa memperhatikan *value chain* di tingkat selanjutnya.

Kesimpulan

Model optimasi linear perikanan budidaya laut dengan pendekatan *linear programming* yang dikembangkan merupakan model dengan fungsi tujuan memaksimalkan keuntungan dan dengan batasan berupa ketersediaan dana, keterbatasan lahan budidaya, keterbatasan kesesuaian perairan terhadap karakteristik komoditi, serta keterbatasan *hatchery*.

Komoditi yang sesuai dibudidayakan perairan Karimunjawa budidaya ikan menggunakan keramba jaring apung, budidaya rumput laut, dan kekerangan. Jenis komoditi yang diujicobakan sebagai variabel keputusan berdasarkan kesesuaian tersebut antara lain ikan kerapu bebek, ikan kerapu macan, ikan kakap putih, rumput laut, kerang darah, dan tiram mutiara.

Komoditi yang sebaiknya diproduksi karena memberikan profit maksimum rumput laut yang diproduksi adalah 3.360.000 kg, kerang darah sebesar 485.407,2 kg, dan kerapu bebek sebesar 5.790,60 kg. Profit maksimum dari kegiatan budidaya laut yang direncanakan sebesar Rp 2.163.846.000,00. Dan tingkat sensitivitas tertinggi ditunjukkan pada

komoditi kerapu bebek, oleh karena itu didalam perencanaan produksi perlu dilakukan perhatian khusus mengenai perubahan keuntungan komoditi kerapu bebek agar optimalitas tetap tercapai.

Daftar Pustaka

- Ariyati, R. Wisnu, Lachmuddin Sya'rani, Endang Arini., 2007, Analisis Kesesuaian Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan sebagai Lahan Budidaya Rumput Laut Menggunakan Sistem Informasi Geografis, *Master thesis*, Universitas Diponegoro, Semarang
- BPS-Bappeda Kabupaten Jepara., 2009, *Jepara dalam angka*, BPS Kabupaten Jepara, Jepara
- Departemen Kehutanan., 2008, *Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa*, Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, Semarang
- Dimiyati, Tjutju Tarliah, Ahmad Dimiyati, 2003, *Operations Research Model Pengambilan Keputusan*, Sinar Baru Algensindo, Bandung
- DKP., 2007, *Analisis data kelautan dan perikanan*, Jakarta
- DKP, JICA., 2008, Konservasi Sumber Daya Ikan di Indonesia, Direktorat Jendral Kelautan, Pesisir dan Pulau Pulau Kecil, Jakarta
- DKP., 2008, Konservasi Sumber Daya Ikan di Indonesia, Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, Jakarta
- DKP., 2009, Indonesian fisheries statistic, Jakarta
- FAO., 2009, The state of world fisheries aquaculture, *Electronic Publishing*, Policy and Support Branch Communication Division, Rome
- Ikiara Moses Muriira, Odink Joop., 2000, Fishermen Resistance to Exit Fisheries, *Marine Resource Economics*, Volume 14, pp. 199–213
- Irzal,E., Oktaria, W., 2006, *Manajemen Agribisnis Perikanan*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Mayunar, R. Purba dan Imanto., 1995, Pemilihan Lokasi untuk Usaha Budidaya Ikan Laut, Prosiding Temu Usaha Pemasarakatan Teknologi Keramba Jaring Apung bagi Budidaya Laut, Puslitbang Perikanan, Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Menegristek, 2001, Pembesaran Ikan Kakap Putih di Keramba Jaring Apung, Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi , Jakarta
- Tiskiantoro, F., 2006, Analisis kesesuaian lokasi budidaya karamba jaring apung dengan aplikasi sistem informasi geografis di pulau karimunjawa dan pulau kemujan, Magister Thesis, UNDIP
- Trobos, 2012, Kisah Budidaya Kerapu dari Karimunjawa, artikel, majalah Trobos edisi Maret, http://www.trobos.com/show_article
- Yusuf, M, 2007, Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Dan Laut Kawasan Taman Nasional Karimunjawa Secara Berkelanjutan, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor