

ANGKA ACUAN SASARAN UNTUK PENGELOLAAN PERIKANAN LEMURU DI SELAT BALI DENGAN TUJUAN BERAGAM TARGET REFERENCE POINTS FOR THE MANAGEMENT OF LEMURU FISHERY IN THE BALI STRAIT WITH MULTIPLE-OBJECTIVES

Purwanto dan Wudianto

Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan-Jakarta
Teregistrasi I tanggal: 13 Desember 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal: 3 Mei 2012;
Disetujui terbit tanggal: 4 Mei 2012

ABSTRAK

Kriteria pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional, yaitu pro-growth, pro-poor, pro-job dan pro-environment, mengarahkan pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali untuk mengoptimalkan produksi lestari dan keuntungan perikanan, serta meningkatkan keuntungan per satuan kapal dan peluang kerja sebagai nelayan. Masing-masing tujuan tersebut perlu ditetapkan angka acuan sasarnya yang diharapkan dicapai dalam pengelolaan perikanan. Mengingat tujuan tersebut saling bertentangan, sehingga tidak dapat dicapai bersamaan, perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara tujuan tersebut dan angka acuan sasarnya. Tulisan ini menyajikan model pemrograman matematika untuk optimisasi dengan empat tujuan pengelolaan, serta menggunakannya untuk mengestimasi angka acuan sasaran dan jumlah optimal kapal penangkapnya. Hasil optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang sama terhadap empat tujuan pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional menunjukkan bahwa angka acuan sasaran pada tingkat kompromi optimal dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat yang setara dengan daya tangkap 146 kapal pukat cincin. Angka acuan sasaran yang sama dihasilkan dari optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan sesuai dengan Pasal 6 Undang Undang Perikanan tahun 2004.

KATAKUNCI: Angka acuan sasaran, pengelolaan perikanan lemuru, pemrograman dengan sasaran beragam

ABSTRACT

The criteria of fisheries management undertaken in a framework of national development, particularly pro-growth, pro-poor, pro-job and pro-environment, guide the management of lemuru fishery in the Bali Strait to optimising lemuru production and fishery profit, and increasing per vessel profit and job opportunity as fishers. As those objectives were conflicting that couldnot be achieved simultaneously, it is necessary to seek an optimal compromise amongst several conflicting objectives and to estimate their target reference points. This paper presents a mathematical programming model accommodating four objectives of fisheries management, and the utilisation of this for estimating the target reference points and the optimal number of fishing vessels. The result of optimisation shows that target reference points at the optimal compromise levels for the four conflicting objectives, with equal priority, of fisheries management supporting the national development could be achieved by controlling fishing effort at the level equal to 146 purse-seiners. The same target reference points resulted from the analysis providing higher priority to the objectives of fisheries management stated in Article 6 of Fisheries Act of 2004.

KEYWORDS: Target reference points, lemuru fishery management, multiple goal programming.

PENDAHULUAN

Sumberdaya Ikan (SDI) yang terdapat di wilayah perairan laut dan ZEE Indonesia, termasuk pula stok lemuru di Selat Bali, merupakan salah satu kekayaan alam yang dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat (Pasal 33(3) UUD 1945). Potensi kemakmuran dari SDI tersebut perlu didayagunakan pada tingkat optimal untuk mewujudkan Tujuan dan Cita-cita Nasional, yaitu antara lain memajukan kesejahteraan umum untuk

mewujudkan bangsa yang makmur (Pembukaan UUD 1945). Tujuan Nasional tersebut diwujudkan melalui pelaksanaan Pembangunan Nasional, dengan kekayaan alam hayati di laut sebagai salah satu modal dasar (Lampiran UU nomor 17 tahun 2007).

Stok lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker, 1853) merupakan SDI pelagis kecil utama di perairan Selat Bali (Dwiponggo, 1987; Merta *et al.*, 2000). Stok lemuru tersebut sudah lama dimanfaatkan oleh nelayan dengan menggunakan berbagai jenis alat

Korespondensi penulis:

*Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur - Jakarta Utara*

tangkap tradisional (Soemarto, 1959). Namun demikian, perkembangan pesat perikanan lemuru terjadi setelah diperkenalkan pukat cincin pada awal tahun 1970-an dan adanya permintaan akan ikan lemuru yang relatif tinggi untuk mencukupi kebutuhan bahan baku pengolahan (Dwiponggo, 1987; Merta et al., 2000). Pada saat ini pukat cincin telah menjadi alat tangkap utama untuk memanfaatkan SDI tersebut.

Pada awal perkembangan perikanan lemuru di Selat Bali, peningkatan armada pukat cincin tersebut telah meningkatkan hasil tangkapan. Volume produksi ikan yang melimpah telah mendorong perusahaan pengolahan untuk meningkatkan kapasitasnya. Selanjutnya, peningkatan permintaan akan ikan untuk kebutuhan bahan baku industri pengolahan tersebut telah mendorong nelayan untuk meningkatkan kapasitas penangkapan ikannya agar dapat meningkatkan produksi. Konsekuensinya, kemampuan penangkapan ikan dari armada perikanan tersebut cenderung terus berkembang (Merta et al., 2000; Purwanto, 2008 & 2011a). Dampak dari hal tersebut adalah kecenderungan penurunan kelimpahan SDI dan produktivitas kapal penangkapnya (Merta et al., 2000; Purwanto, 2008 & 2011a). Peningkatan berlanjut pada jumlah kapal pukat cincin telah menyebabkan pemanfaatan berlebih terhadap stok lemuru di Selat Bali sebagaimana hasil penelitian dari Sujastani & Nurhakim (1982), Salim (1986), Merta (1992), dan Merta & Eidman (1995). Hal tersebut tidak hanya menyebabkan penyusutan dan terancamnya kelestarian SDI tersebut tetapi juga menyebabkan hilangnya keuntungan ekonomi dan terancamnya kelangsungan usaha penangkapan ikan (Purwanto, 1992, 2008 & 2011a).

Agar stok lemuru dapat menghasilkan manfaat secara optimum dan berkelanjutan serta terjamin kelestariannya, pemerintah atau otoritas lain perlu melaksanakan pengelolaan terhadap perikanan yang memanfaatkan SDI tersebut (Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004). Pengelolaan perikanan secara benar diharapkan akan memberikan dukungan optimum terhadap pembangunan nasional dengan kontribusi positif dalam kaitan dengan pertumbuhan ekonomi (*pro-growth*), pendapatan per kapita (*pro-poor*) dan kesempatan kerja (*pro-job*), dengan tetap mempertahankan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungannya (*pro-environment*) (Buku I Lampiran Perpres nomor 5 tahun 2010). Oleh karena itu, strategi pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional perlu disusun dan diputuskan dengan mempertimbangkan empat kriteria tersebut. Secara umum, pengambilan keputusan dengan kriteria beragam tersebut memiliki beberapa tujuan

(*objectives*), dan masing-masing tujuan perlu ditetapkan sasaran yang diharapkan.

Dalam pengambilan keputusan dalam pengelolaan perikanan digunakan angka acuan (*reference point*) sebagai ukuran atau sasaran operasional, yang mencakup angka acuan sasaran (*target reference point*) dan angka acuan batas (*limit reference point*). Angka acuan sasaran menunjukkan sasaran atau kondisi perikanan yang diharapkan dapat dicapai dari pengelolaan perikanan, mencakup antara lain mortalitas penangkapan, biomasa, tingkat keuntungan, hasil tangkapan utama dan sampingan. Angka acuan sasaran tersebut mencerminkan tujuan yang diinginkan masyarakat dalam pengelolaan perikanan (Sainsbury, 2008). Sementara itu, angka acuan batas mencerminkan batas dari kondisi yang perlu dihindari (Sainsbury, 2008; FAO, 1997).

Berdasarkan empat kriteria pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional dapat diidentifikasi setidaknya empat tujuan pada pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali, yaitu (1) mengoptimalkan produksi lemuru dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi, (2) mengoptimalkan total keuntungan dari perikanan lemuru, (3) meningkatkan keuntungan per unit kapal yang diperoleh pelaku usaha penangkapan lemuru dan (4) meningkatkan peluang kerja sebagai awak kapal penangkap lemuru, dengan tetap mempertahankan kelestarian stok lemuru. Namun, empat tujuan pengelolaan perikanan tersebut saling bertentangan sehingga tidak dapat dicapai secara bersamaan (Purwanto, 2003, 2011a&b). Oleh karena itu perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara beberapa tujuan yang saling bertentangan dan angka acuan sasarannya pada tingkat yang memuaskan.

Tulisan ini menyajikan model pemrograman matematika untuk optimisasi dengan empat tujuan pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali. Model tersebut selanjutnya digunakan untuk mengestimasi angka acuan sasaran, yang merupakan tingkat kompromi optimal sasaran dari empat tujuan pengelolaan perikanan tersebut, dan jumlah optimal kapal penangkap lemuru.

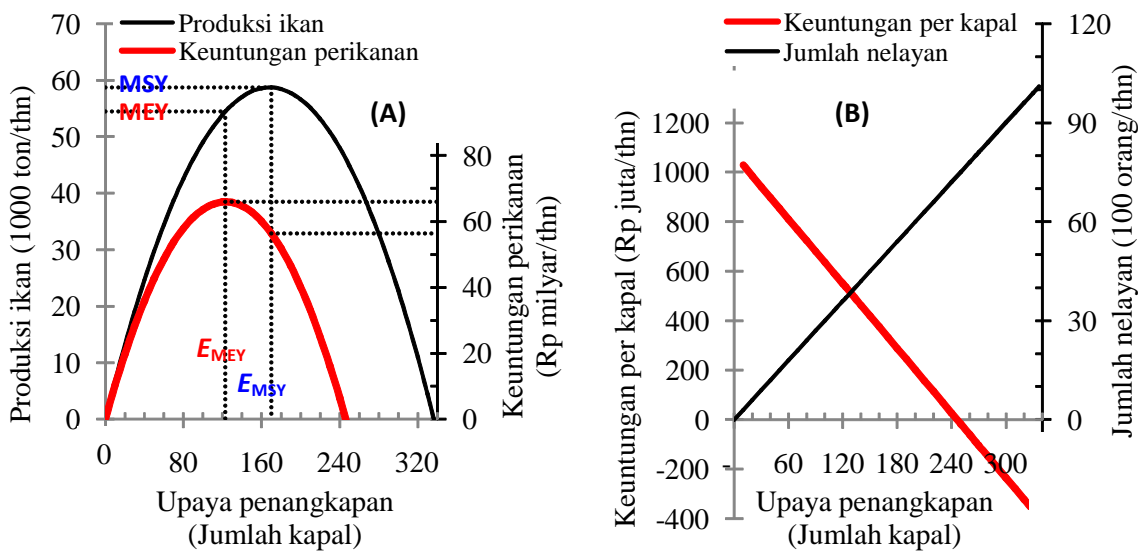
TUJUAN PENGELOLAAN PERIKANAN

Sesuai Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004, sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya, pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali dilakukan untuk tercapainya manfaat yang optimal dan berkelanjutan serta terjaminnya kelestarian SDI. Sementara itu, pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali dalam kerangka pembangunan nasional perlu

diarahkan untuk mengoptimalkan produksi lemuru dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi (Tujuan-I), mengoptimalkan keuntungan ekonomi perikanan lemuru (Tujuan-II), meningkatkan keuntungan per unit kapal yang diperoleh pelaku usaha penangkapan lemuru (Tujuan-III) dan meningkatkan peluang kerja sebagai awak kapal penangkap lemuru (Tujuan-IV), dengan tetap mempertahankan kelestarian stok lemuru. Salah satu kebijakan dalam mencapai tujuan pengelolaan perikanan di Indonesia adalah dengan pengendalian kemampuan penangkapan ikan dari armada perikanan, yang diukur dengan upaya penangkapan (OECD, 2007; McCluskey & Lewison, 2008).

Pada pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali, sasaran ideal untuk Tujuan-I adalah produksi lestari maksimum (*maximum sustainable yield* – MSY) yang dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat E_{MSY} . Sasaran ideal untuk Tujuan-II adalah total keuntungan optimum yang dicapai dengan

pengendalian upaya penangkapan pada tingkat E_{MEY} (Gambar 1(A)), yang menghasilkan produksi lestari yang secara ekonomis optimum (*maximum economic yield* - MEY). Sementara itu, Tujuan-III dicapai dengan memperkecil upaya penangkapan, namun pengurangan upaya penangkapan lebih rendah dari E_{MEY} akan menghasilkan keuntungan ekonomi perikanan yang lebih kecil dibandingkan tingkat optimumnya, walaupun keuntungan per kapal tetap meningkat (Gambar 1(B)). Sebaliknya, Tujuan-IV dicapai dengan memperbesar upaya penangkapan, namun peningkatan upaya penangkapan melebihi E_{MSY} menghasilkan produksi lemuru yang lebih rendah dibandingkan MSY, walaupun peluang kerja di kapal penangkap lemuru tetap meningkat (Gambar 1). Di lain pihak, agar stok lemuru setidaknya pada tingkat kelimpahan dengan laju pertumbuhan biomasa maksimum, sehingga menghasilkan produksi lestari maksimum, upaya penangkapan perlu dikendalikan paling tinggi pada tingkat E_{MSY} (Purwanto, 2008, 2011).



Gambar 1. Hubungan antara upaya penangkapan dengan (A) produksi ikan dan keuntungan perikanan, serta (B) keuntungan per kapal dan jumlah nelayan pukat cincin lemuru di Selat Bali, berdasarkan data and informasi dari Purwanto (2011a) dengan SOI=0.

Figure 1. The relationship between fishing effort and (A) fish production and fishery profit, and (B) profit per boat and number of fishers, based on data and information from Purwanto (2011a) with SOI=0.

Pada Tabel 1 disajikan implikasi dari pemilihan angka acuan diantara MSY dan MEY untuk pengelolaan perikanan. Penggunaan angka MSY sebagai sasaran akan memungkinkan optimisasi produksi dan peluang kerja di atas kapal perikanan, namun keuntungan perikanan akan sub-optimal dan keuntungan per unit

kapal lebih rendah. Sebaliknya, bila sasaran pengelolaan adalah MEY, keuntungan perikanan akan optimal dan keuntungan per kapal akan lebih tinggi, namun produksi lestari akan sub-optimal dan peluang kerja sebagai nelayan akan lebih rendah.

Tabel 1. Dampak pengelolaan perikanan dengan acuan MSY dan MEY, serta sasaran ideal yang diharapkan pada perikanan lemuru di Selat Bali.

Table 1. Estimated impact of fishery management using MSY and MEY as reference points, and expected value of ideal goals of the management of Bali strait lemuru fishery.

Kriteria/Criteria	Satuan (Units)	Dampak kebijakan pengelolaan perikanan/ Estimated impact of fishery management		Sasaran ideal pengelolaan perikanan/ Expected value of ideal goals for fishery management
		MSY sebagai acuan /MSY as a reference point	MEY sebagai acuan /MEY as a reference point	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Produksi lemuru/ <i>Lemuru production</i>	Ton/tahun (Tonnes/yr)	58711	54477	58711
Keuntungan perikanan keseluruhan/ <i>Total fishery profit</i>	Rp juta/tahun (Rp million/yr)	57071	65964	65964
Keuntungan pelaku usaha/ <i>Profit gained by each fisher</i>	Rp juta/kapal/ tahun (Rp million/vessel/yr)	339.1	535.9	535.9
Peluang kerja di kapal/ <i>Job opportunity as vessel crews</i>	Orang (People)	5040	3690	5040
Biomasa lemuru/ <i>Lemuru biomass</i>	Ton (Tonnes)	26940	34175	34175
Upaya penangkapan/ <i>Fishing effort</i>	Jumlah kapal pukat cincin (number of purse-seiners)	168	123	

Keterangan: berdasarkan data and informasi dari Purwanto (2008, 2011a) dengan SOI=0.

Idealnya, tingkat optimum dari produksi lestari, keuntungan perikanan, keuntungan per unit kapal dan peluang kerja di kapal perikanan (kolom (5) pada Tabel 1) dicapai secara bersamaan. Namun, sebagaimana disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1 (kolom (3) & (4)), empat tujuan pengelolaan perikanan tersebut tidak dapat dicapai secara bersamaan (Purwanto, 2003, 2011 a&b). Oleh karena itu perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara beberapa tujuan yang saling bertentangan dengan sasaran pada tingkat yang memuaskan (Romero & Rechman, 1989).

PEMROGRAMAN MATEMATIKA UNTUK OPTIMISASI DENGAN TUJUAN BERAGAM

Masalah pengambilan keputusan pengelolaan perikanan dengan empat tujuan (Tujuan I – IV) tersebut dapat dituliskan dalam rumusan matematika dengan upaya penangkapan sebagai variabel keputusan. Rumusan matematika tersebut, yang disusun berdasarkan model bio-ekonomi dari Gordon (1954) dengan menggunakan model produksi dari Schaefer (1954; 1957), adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\text{Maksimumkan } Y = U.E && (1) \\
 &\text{Maksimumkan } R = h.U.E - c.E && (2) \\
 &\text{Maksimumkan } P = h.U - c && (3) \\
 &\text{Maksimumkan } K = k.E && (4) \\
 &\text{Dengan syarat:} \\
 &U = a_1 - a_2.E && (5) \\
 &B_m \leq b_1 - b_2.E && (6) \\
 &E \geq 0 && (7)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- Y = produksi lemuru,
- U = berat keseluruhan lemuru hasil tangkapan per unit kapal,
- E = upaya penangkapan,
- R = keuntungan ekonomi perikanan lemuru,
- P = keuntungan per unit kapal penangkap lemuru,
- K = peluang kerja sebagai awak kapal penangkap lemuru,
- h = harga lemuru per satuan berat,
- c = biaya penangkapan lemuru per unit kapal,
- k = jumlah awak per unit kapal,
- B_m = kelimpahan minimum stok lemuru untuk mempertahankan kelestariannya,
- a₁, a₂, b₁, dan b₂ = koefisien.

Optimisasi untuk pengelolaan perikanan dengan beragam tujuan dapat dilakukan dengan menggunakan *goal programming* ataupun *compromise programming* (Romero & Rechman, 1989). *Goal programming* telah digunakan antara lain oleh Drynan & Sandiford (1985), Sandiford (1986), Mardle *et al.* (2000), dan Kjaersgaard & Andersen (2003) untuk estimasi sasaran pengelolaan perikanan di Eropa, dan oleh Purwanto (2011b) untuk estimasi sasaran pengelolaan di Laut Arafura. Sementara itu, *compromise programming* antara lain digunakan oleh Purwanto (2003; 2011c) untuk estimasi sasaran pengelolaan perikanan di Laut Jawa dan Laut Arafura.

Optimisasi untuk menentukan tingkat kompromi optimal dari sejumlah sasaran ideal yang disajikan pada tulisan ini (kolom (5) pada Tabel 1) dilakukan dengan pemrograman matematika dengan sasaran beragam (*multiple-goal programming*). Optimisasi ini menggunakan model deterministik serta tidak mempertimbangkan dinamika karena faktor waktu agar model sederhana dan mudah dipahami. Optimisasi dengan *multiple-goal programming* ditujukan untuk meminimumkan deviasi relatif angka acuan sasaran (*target reference point*), yang merupakan tingkat kompromi yang dihasilkan dari optimisasi, terhadap sasaran ideal pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali. Pada pemrograman matematika dengan sasaran beragam yang disajikan pada tulisan ini akan menghasilkan angka acuan sasaran untuk pengelolaan perikanan tersebut. Pencapaian sasaran pengelolaan perikanan tersebut dilakukan dengan pengendalian upaya penangkapan. Nilai maksimal (*ideal*) dan nilai minimal (*anti-ideal*) sasaran-sasaran pengelolaan perikanan lemuru yang digunakan dalam optimisasi ini menggunakan titik acuan E_{MEY} dan E_{MSY} . Walaupun upaya pengelolaan perikanan diarahkan untuk mencapai semua tujuan pengelolaan, prioritas dapat ditetapkan dalam mencapai tujuan tersebut. Pemberian prioritas yang berbeda terhadap masing-masing tujuan pengelolaan dilakukan dengan memberikannya pembobotan dengan nilai berbeda. Berikut ini adalah rumusan matematika dari masalah optimisasi tersebut untuk dipecahkan dengan *multiple-goal programming*.

A. Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimumkan: } R = w_1 \cdot r_1 + w_2 \cdot r_2 + w_3 \cdot r_3 + w_4 \cdot r_4 \quad (8)$$

B. Fungsi Kendala:

Deviasi relatif terhadap sasaran:

$$r_1 = n_1 / (G_1 - L_1) \quad (9)$$

$$r_2 = n_2 / (G_2 - L_2) \quad (10)$$

$$r_3 = n_3 / (G_3 - L_3) \quad (11)$$

$$r_4 = n_4 / (G_4 - L_4) \quad (12)$$

Sasaran produksi lemuru:

$$G_1 = U \cdot E + n_1 \quad (13)$$

Sasaran perolehan neto perikanan:

$$G_2 = h \cdot U \cdot E - c \cdot E + n_2 \quad (14)$$

Sasaran keuntungan pelaku usaha:

$$G_3 = (h \cdot U - c) + n_3 \quad (15)$$

Sasaran peluang kerja di kapal:

$$G_4 = k \cdot E + n_4 \quad (16)$$

Kelimpahan stok lemuru:

$$B_{MSY} \leq b_1 - b_2 \cdot E \quad (17)$$

Produktivitas kapal penangkap ikan:

$$U = a_1 - a_2 \cdot E \quad (18)$$

Keterangan:

- w_1, w_2, w_3 dan w_4 = bobot yang mencerminkan prioritas masing-masing tujuan pengelolaan;
- G_1, G_2, G_3 dan G_4 = nilai sasaran ideal masing-masing tujuan pengelolaan;
- L_1, L_2, L_3 dan L_4 = nilai sasaran minimal atau sasaran tidak ideal (*anti-ideal*) masing-masing tujuan pengelolaan;
- n_1, n_2, n_3 dan n_4 = nilai deviasi negatif dari tingkat kompromi masing-masing sasaran terhadap nilai idealnya;
- B_{MSY} = kelimpahan stok (biomasa) lemuru yang menghasilkan MSY.

Penentuan tingkat kompromi tujuan dan angka acuan sasaran pada perikanan lemuru di Selat Bali relatif rumit dengan kenyataan bahwa produktivitas kapal penangkap lemuru dipengaruhi secara nyata tidak hanya oleh upaya penangkapannya melainkan juga oleh variasi iklim yang ditunjukkan oleh ENSO (*El Niño southern oscillation*), dengan indeks osilasi selatan (*southern oscillation index - SOI*) sebagai *proxy* (Purwanto, 2011a). Namun demikian, variasi iklim tidak dimasukkan pada pemrograman matematika tersebut agar model sederhana dan mudah dipahami. Terkait dengan itu, dalam pemrograman, khususnya angka estimasi koefisien dari persamaan (17) & (18) digunakan nilai SOI=0. Angka ini mendekati rata-rata angka SOI pada 100 tahun terakhir (1912-2011), yaitu 0.169. Nilai masing-masing parameter/koefisien dan sasaran ideal dan tidak ideal yang digunakan untuk pemrograman tersebut disajikan pada Tabel 2. Nilai parameter/koefisien tersebut bersumber dari Purwanto (2011a), serta hasil perhitungan dan hasil pengamatan di

lapangan. Optimisasi dengan *non-linear multiple-goal programming* tersebut dilakukan menggunakan piranti lunak GAMS (*General Algebraic Modelling System*; Anonymous, 2011). Program GAMS untuk optimisasi tersebut disajikan pada Lampiran 1.

SASARAN DARI BERAGAM TUJUAN PENGELOLAAN

Angka acuan sasaran (*target reference points*) yang merupakan nilai estimasi kompromi optimal terhadap beragam sasaran ideal yang saling bertentangan pada pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali dalam kerangka Pembangunan Nasional diperoleh dari optimisasi menggunakan pemrograman matematika dengan memberikan bobot prioritas yang sama terhadap empat tujuan pengelolaan. Hasil estimasi angka acuan sasaran dengan pemrograman tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tingkat produksi dan total keuntungan perikanan lemuru untuk acuan sasaran pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali masing-masing adalah sekitar 57.7 ribu ton/tahun dan Rp 63.7 milyar/tahun (Tabel 3). Deviasi relatif angka acuan sasaran tersebut terhadap masing-masing sasaran idealnya adalah sekitar 25%. Kompromi optimal tersebut mendekati sasaran ideal. Sementara itu, angka acuan tingkat keuntungan yang diperoleh pelaku usaha dan peluang kerja di kapal sebagai sasaran pengelolaan perikanan tersebut adalah sekitar Rp 437.5 juta/kapal/tahun dan 4371 orang. Deviasi relatif dua angka acuan sasaran ini terhadap masing-masing sasaran idealnya adalah sekitar 50%. Kompromi optimal ini berada di tengah di antara batas atas yang merupakan sasaran ideal dan batas bawah yang merupakan sasaran tidak ideal. Untuk mencapai sasaran yang menjadi acuan dalam pengelolaan perikanan tersebut perlu dilakukan pengendalian upaya penangkapan lemuru pada tingkat yang setara dengan daya tangkap dari 146 kapal pukat cincin (Tabel 3). Pada tingkat upaya penangkapan tersebut kelimpahan stok lemuru di Selat Bali diharapkan akan mencapai sekitar 30.6 ribu ton. Biomasa lemuru pada kondisi dicapainya kompromi optimal dari sejumlah tujuan pengelolaan perikanan yang saling bertentangan tersebut lebih besar dibandingkan biomasa untuk mempertahankan kelestarian stok lemuru dengan laju pertumbuhan maksimum (B_{MSY}).

Hal tersebut sesuai dengan perkembangan strategi pengelolaan perikanan pada tahun-tahun terakhir ini yang tidak lagi menggunakan MSY sebagai angka acuan yang menjadi sasaran (*target reference point*)

pengelolaan perikanan melainkan digunakan sebagai angka acuan yang menjadi batas (*limit reference point*) guna memperkecil resiko kegagalan pelestarian SDI (FAO, 1997; Mace, 2001; Quinn & Collie, 2005). Angka acuan yang menjadi sasaran pengelolaan adalah pada tingkat yang lebih rendah daripada MSY.

Pemrograman optimisasi dengan beragam tujuan yang saling bertentangan dengan menggunakan angka acuan batas (*limit reference point*) MSY, E_{MSY} , MEY dan E_{MEY} , sebagaimana disajikan dalam tulisan ini, menghasilkan $E_{MEY} < E^* < E_{MSY}$, yaitu tingkat upaya penangkapan optimal (E^*) lebih rendah dibandingkan E_{MSY} namun lebih tinggi dibandingkan E_{MEY} . Deviasi relatif E^* terhadap E_{MSY} dan E_{MEY} adalah sekitar 50%. Dengan menggunakan acuan tingkat upaya penangkapan optimal hasil optimisasi tersebut dalam pengendalian penangkapan lemuru, pengelolaan perikanan selain menghasilkan capaian sasaran pada tingkat kompromi optimal juga lebih menjamin kelestarian stok lemuru. Pengendalian upaya penangkapan lemuru pada tingkat kompromi optimal mengkondisikan pemanfaatan SDI pada tingkat optimal dan lestari. Hal ini juga akan mengkondisikan adanya iklim investasi yang lebih kondusif bagi kegiatan perikanan berbasis sumberdaya alam hayati.

Tujuan pengelolaan perikanan di Indonesia mencakup aspek ekonomi, sosial, sumberdaya alam dan lingkungan, sebagaimana dirumuskan sebagai kriteria pembangunan yaitu *pro-growth*, *pro-poor*, *pro-job* dan *pro-environment*. Pemrograman optimisasi dengan beragam sasaran yang saling bertentangan, sebagaimana disajikan disini, telah digunakan untuk mengestimasi tingkat kesetimbangan diantara aspek-aspek tersebut. Deviasi relatif dari tingkat kompromi optimal terhadap sasaran ideal produksi dan total keuntungan perikanan lemuru (25%) serta terhadap sasaran ideal keuntungan pelaku usaha dan peluang kerja di kapal (50%) mengindikasikan kesetimbangan optimal diantara aspek-aspek tersebut.

Optimisasi lanjutan dilakukan dengan memberikan bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan lemuru sesuai dengan amanat pada Pasal 6(1) UU no 31 th 2004, yaitu untuk mengoptimalkan produksi lemuru dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi (Tujuan-I) dan mengoptimalkan keuntungan ekonomi perikanan lemuru (Tujuan-II). Optimisasi dengan dua tujuan tersebut menghasilkan tingkat kompromi optimal yang tidak berbeda dari hasil optimisasi untuk pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional.

Tabel 2. Nilai koefisien/parameter dan sasaran yang digunakan dalam pemrograman dengan sasaran beragam untuk pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali.

Table 2. The value of coefficients/parameters and goals used in a programming with multiple goals for the management of lemuru fishery in the Bali strait.

Koefisien/ parameter/sasaran (coefficients/ parameters/goals)	Nilai (Values)	Satuan (Units)	Keterangan (Remarks)
G_1	58711.5	Ton/tahun (Tonnes/yr)	Angka MSY (Quantity of MSY)
L_1	54477.1	Ton/tahun (Tonnes/yr)	Angka MEY (Quantity of MEY)
G_2	65963.7	Rp juta/tahun (Rp million/yr)	Tingkat optimum keuntungan perikanan (The optimal profit of fishery)
L_2	57071.5	Rp juta/tahun (Rp million/yr)	Keuntungan perikanan saat dicapai MSY (Profit of fishery at MSY)
G_3	535.9	Rp juta/kapal/tahun (Rp million /vessel/yr)	Keuntungan per kapal saat dicapai MEY (Profit per vessel when MEY achieved)
L_3	339.2	Rp juta/kapal/tahun (Rp million /vessel/yr)	Keuntungan per kapal saat dicapai MSY (Profit per vessel when MSY achieved)
G_4	5040	Orang (People)	Peluang kerja sebagai awak kapal penangkap lemuru saat dicapai MSY (Opportunity for job as fishing vessel crews when MSY achieved)
L_4	3690	Orang (People)	Peluang kerja sebagai awak kapal penangkap lemuru saat dicapai MEY (Opportunity for job as fishing vessel crews when MEY achieved)
h	2.1	Rp juta/ton (Rp million/tonnes)	
c	393.5	Rp juta/kapal/tahun (Rp million/vessel/yr)	
k	30	Orang/kapal (People/vessel)	
B_{MSY}	26940.5	Ton (Tonnes)	
a_1	697.795		
a_2	2.07335		
b_1	53881.029		
b_2	160.096		

Sumber: Purwanto (2011), kecuali G_4 dan L_4 yang merupakan hasil perhitungan berdasarkan E_{MSY} dan E_{MSY} dari Purwanto (2011) dan k ; k hasil pengamatan.

Tabel 3. Nilai sasaran ideal yang diharapkan dan angka acuan sasaran dari pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali.
 Table 3. Expected value of ideal goals and target reference points of the management of lemuru fishery in the Bali strait.

	Kriteria/Criteria	Satuan (Units)	Nilai sasaran ideal/ Expected value of ideal goals	Angka acuan sasaran/ Target reference points
<i>Pro-growth</i>	1. Produksi lemuru/Lemuru production	Ton/tahun (Tonnes/yr)	58711	57653
<i>Pro-poor</i>	2. Keuntungan perikanan keseluruhan/Total fishery profit	Rp juta/tahun (Rp million/yr)	65964	63739
<i>Pro-job</i>	3. Keuntungan pelaku usaha/Profit gained by each fisher	Rp juta/kapal/tahun (Rp million/vessel/yr)	535.9	437.5
<i>Pro-environment</i>	4. Peluang kerja di kapal/Job opportunity as vessel crews	Orang (People)	5040	4371
	5. Biomasa lemuru/Lemuru biomass	Ton (Tonnes)	34175	30557
Upaya penangkapan/Fishing effort		Jumlah kapal pukat cincin (number of purse-seiners)		146
Produktivitas kapal pukat cincin/Purse-seiner productivity		Ton/kapal/tahun (Tonnes/vessel/yr)		395.7
Perolehan perikanan keseluruhan/Total revenue of fishery		Rp milyar/tahun (Rp billion/year)		121.1
Biaya perikanan keseluruhan/Total running cost of fishery		Rp milyar/tahun (Rp billion/year)		57.3

Hasil optimisasi tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pengelolaan perikanan dengan memberikan bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap Tujuan-I dan Tujuan-II membutuhkan strategi pengelolaan yang tidak berbeda dari strategi pengelolaan perikanan dalam kerangka Pembangunan Nasional yang dilaksanakan untuk mencapai empat tujuan dengan bobot prioritas yang sama. Angka acuan yang menjadi sasaran, yang merupakan tingkat kompromi optimal terhadap sasaran ideal dari tujuan yang saling bertentangan, dalam pengelolaan perikanan lemuru dalam kerangka pembangunan nasional maupun dalam rangka merealisasikan amanat Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004 dicapai dengan mengendalikan upaya penangkapan lemuru pada tingkat yang setara dengan daya tangkap dari 146 kapal pukat cincin.

Pada tahun 2011, upaya penangkapan lemuru dari armada penangkapan yang beroperasi di Selat Bali yang berpangkalan di Muncar saja telah mencapai 203 unit kapal pukat cincin. Jumlah ini mengindikasikan bahwa jumlah kapal pukat cincin di Selat Bali melebihi tingkat upaya penangkapan untuk pemanfaatan sumberdaya yang secara biologis optimal (E_{MSY}). Konsekuensi dari hal ini adalah sasaran pengelolaan perikanan sulit tercapai. Untuk mencapai tingkat kompromi optimal, jumlah kapal perikanan tersebut perlu dikurangi. Pengalaman selama ini menunjukkan bahwa pengurangan jumlah kapal yang beroperasi di suatu perairan sulit dilakukan. Langkah pertama dalam pengendalian upaya penangkapan dapat dilakukan dengan melakukan pengendalian trip penangkapan hingga jumlah yang setara dengan tingkat kompromi optimal yang dibarengi dengan kebijakan moratorium perizinan, yaitu tidak ada penambahan kapal baru maupun penggantian kapal tua dengan kapal baru hingga jumlah kapal lebih rendah dari tingkat optimalnya. Saat jumlah kapal lebih rendah lebih rendah dibanding tingkat optimal, maka peluang pengadaan kapal baru diberikan kepada nelayan yang paling awal menghentikan operasi kapal tuanya sebanyak selisih antara jumlah kapal yang beroperasi dan jumlah optimalnya.

Pengelolaan perikanan tidak akan mencapai sasaran yang diharapkan bila nelayan mempraktekkan pelaporan kegiatan perikanan secara tidak benar (*unreported fishing*) dan terdapat praktek penangkapan secara ilegal (*illegal fishing*). Oleh karena itu, pengelolaan perikanan perlu dibarengi dengan upaya minimisasi kegiatan perikanan ilegal dan pelaporan kegiatan perikanan secara tidak benar, yang dapat dilakukan dengan pelaksanaan pengawasan dan penegakan hukum.

KESIMPULAN

Sasaran ideal dari empat tujuan yang saling bertentangan pada pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali tidak dapat dicapai secara bersamaan. Angka acuan sasaran pada tingkat kompromi optimal untuk pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional, dengan memberikan bobot prioritas sama terhadap empat tujuan pengelolaan, dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat yang setara dengan daya tangkap 146 kapal pukat cincin. Angka acuan sasaran yang sama dihasilkan dari optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan sesuai dengan Pasal 6 Undang Undang Perikanan tahun 2004.

PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian dengan judul Inisiasi Penerapan *Ecosystem Approach to Fisheries Management*. T.A. 2012 pada Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan konservasi Sumberdaya Ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2011. *GAMS: A User's Guide*. GAMS Development Corporation, Washington, DC. 269 p.
- Drynan, R.G. & F. Sandiford. 1985. Incorporating economic objectives in goal programming for fishery management. *Marine Resource Economics*. 2: 175-195.
- Dwiponggo, A. 1987. Indonesia's marine fisheries resources. 10-63. In C. Bailey, A. Dwiponggo & F. Marahudin. 1987. Indonesian marine capture fisheries. *ICLARM Studies and Reviews* 10. 196 p.
- FAO. 1997. Fisheries management. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 4. Rome, FAO. 1997. 82 p.
- Gordon, H.S. 1954. The economic theory of the common property resource: the fishery. *Journal of Political Economy*, 62: 124-42.
- Kjaersgaard, J. & J.L. Andersen. 2003. Multi-objective management in fisheries: The case of the Danish industrial fishery in the North Sea. *Danish Research Institute of Food Economics*. 90 p.
- Mace, P.M. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries*. 2: 2-32.

- Mardle, S., S. Pascoe, M. Tamiz & D. Jones. 2000. Resource allocation in the North Sea demersal fisheries: *A goal programming approach*. *Annals of Operations Research*, 94: 321–342.
- McCluskey, S.M. & R.L. Lewison. 2008. Quantifying fishing effort: a synthesis of current methods and their applications. *Fish and Fisheries* 9: 188–200.
- Merta, I G.S. 1992. Dinamika populasi ikan lemuru, *Sardinella lemuru* Bleeker 1853 (Pisces: Clupeidae) di perairan Selat Bali dan alternatif pengelolaannya. *Disertasi Doktor*. Program Pascasarjana, I.P.B., Bogor. 228 p.
- Merta, I.G.S. & H.M. Eidman. 1995. Predicted biomass, yield and value of the lemuru (*Sardinella lemuru*) fishery in the Bali Strait. In : Potier, M. and S. Nurhakim (eds.) *Biodynex. Pelfish, Jakarta*, p.137-144.
- Merta, I.G.S., K. Widana, Yunizal and R. Basuki. 2000. Status of the lemuru fishery in Bali Strait its development and prospects. Papers presented at workshop on the fishery and the management of Bali sardinella (*Sardinella lemuru*) in Bali Strait, Denpasar, Bali, Indonesia, 6–8 April 1999. *FAO, Rome*. 42 p.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 2007. Glossary of statistical terms. *OECD*. 863 p.
- Purwanto. 1992. Rente ekonomi dan tingkat pengusaha sumberdaya perikanan lemuru di perairan selat Bali. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*. 1 (3): 28 - 39.
- Purwanto. 2003. Status and management of the Java Sea fisheries, p. 793 - 832. In G. Silvestre, L. Garces, I. Stobutzki, M. Ahmed, R.A. Valmonte-Santos, C. Luna, L. Lachica-Aliño, P. Munro, V. Christensen and D. Pauly (eds.) *Assessment, Management and Future Directions for Coastal Fisheries in Asian Countries. WorldFish Center Conference Proceeding* 67. 1120 p.
- Purwanto. 2008. Resource rent generated in the Bali Strait sardine fishery in a fluctuating environment. *Final Draft*. Prepared for the World Bank PROFISH Program. Washington. D.C. 33 p.
- Purwanto. 2011a. Bio-economic optimal levels of the Bali Strait sardine fishery operating in a fluctuating environment. *Ind. Fish. Res. J.*, 17(1): 1-12.
- Purwanto. 2011b. Model optimisasi dengan sasaran beragam untuk pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*. 3(1): 61-75.
- Purwanto. 2011c. A compromise solution to the conflicting objectives in the management of the Arafura shrimp fishery. *Ind. Fish. Res. J.*, 17(1): 37-44.
- Quinn II, T.J. & J.S. Collie. 2005. *Sustainability in single-species population models*. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 360: 147–162.
- Romero, C. & T. Rehman. 1989. *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 257 p.
- Sainsbury, K. 2008. Best Practice Reference Points for Australian Fisheries. *AFMA, Canberra*. 158p.
- Salim, S. 1986. *Assessment of the lemuru (Sardinella longiceps) fishery in the Bali Strait, Indonesia*. M.Sc. Dissertation. School of Anim. Biol., Univ. Coll. North Wales, Bangor, U.K. 52 p.
- Sandiford, F. 1986. An analysis of multiobjective decision-making for the Scottish inshore fishery. *Journal of Agricultural Economics*. 37: 207-219.
- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter American Tropical Tuna Commission*. 1: 25-56.
- Schaefer, M. B. 1957. Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of marine fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 14: 669-81.
- Soemarto. 1959. Craft and gear utilised in the sardine fishery at Muncar, Indonesia. In: H. Rosa and G.I. Murphy (eds.), *Proceeding of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and related species*. Rome, 14-21 Sept. 1959. Vol. III. *FAO, Rome*. p. 1247-1264.
- Sujastani, T. dan S. Nurhakim. 1982. Potensi sumberdaya perikanan lemuru (*Sardinella longiceps*) di Selat Bali. *Prosiding Seminar Perikanan Lemuru, Banyuwangi, 18-21 Januari 1982*. Pus. Lit. Bang. Kan., Departemen Pertanian, Jakarta. p. 1- 11.

Undang Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 (UUD 1945).

Undang Undang (UU) nomor 31 tahun 2004 tentang Perikanan.

Undang Undang nomor 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional tahun 2005 – 2025.

Peraturan Presiden (Perpres) nomor 5 tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional tahun 2010–2014.

Appendix 1 GAMS programs for the optimisation of the management of shrimp fishery in the Arafura Sea with multiple goals

\$Title MANAGEMENT OF THE BALI LEMURU FISHERY - GOALANALYSIS

SCALARS

PRICE	Price of lemuru in Rp million per tonnes	/	2.1	/
COST	Cost of fishing in Rp million per vessel per yr	/	393.533	/
ALFA0	A0 coefficient of Schaefer production model	/	697.795	/
ALFA1	A1 coefficient of Schaefer production model	/	2.073	/
BETA0	B0 coefficient of Schaefer biomass model	/	53881.029	/
BETA1	B1 coefficient of Schaefer biomass model	/	160.096	/
BIOMMSY	Lemuru biomass at MSY in tonnes	/	26940.525	/
CREW	Number of people working on a purse seiner	/	30	/

* Weights attached to each of the objectives

W1	Weight of priority for goal-1:QTYMSY	/	1	/
W2	Weight of priority for goal-2:RENTMEY	/	1	/
W3	Weight of priority for goal-3:VPROFMEY	/	1	/
W4	Weight of priority for goal-4:LABORMSY	/	1	/

* Ideal solution:

QTYMSY	Maximum sustainable yield in tonnes	/	58711.489	/
RENTMEY	Total profit at MEY in Rp million	/	65963.726	/
VPROFMEY	Profit per unit vessel at MEY in Rp million	/	535.918	/
LABORMSY	Total labor engaged in lemuru fishery at MSY	/	5040	/

* Anti-ideal solution:

QTYMEY	maximum economic yield in tonnes	/	54477.096	/
RENTMSY	Total profit at MSY in Rp million	/	57071.502	/
VPROFMSY	Profit per unit vessel at MSY in Rp million	/	339.152	/
LABORMEY	Total labor engaged in lemuru fishery at MEY	/	3690	/;

VARIABLES

GOAL

POSITIVE VARIABLES

RDEV	CATCH	Relative deviation of catch
RDEV	RENT	Relative deviation of resource rent
RDEV	PROF	Relative deviation of vessel profit
RDEV	LAB	Relative deviation of labor
n1		
n2		
n3		
n4		
RENT		Resource rent generated in Rp million per year
TREVN		Total annual return of catching lemuru in Rp million
TCOST		Total annual cost of catching lemuru in Rp million
VPROF		Profit per unit vessel in Rp million
TCATCH		Total catch of lemuru fishery in tonnes
CPUE		Catch per unit effort of lemuru fishery in tonnes
TLABOR		Total labor engaged in lemuru fishery
EFFORT		Effort standardised in the number of purse seiners
BIOMASS		Abundance of lemuru stock in tonnes;

EQUATIONS

OBJECTIVE
RELDEVIATION1
RELDEVIATION2
RELDEVIATION3
RELDEVIATION4
GOALPRODN

GOALRRENT
 GOALVPROFIT
 GOALLABOR
 RESOURCERENT
 FISHINGREVENUE
 FISHINGCOST
 VESSELPROFIT
 PRODUCTION
 PRODUCTIVITY
 TOTALLABOR
 LMRSTOCKCONST
 STOCKABUNDANCE;

OBJECTIVE.. $GOAL = E = W1 * RDEV CATCH + W2 * RDEV RENT + W3 * RDEV PROF + W4 * RDEV LAB;$

RELDEVIATION1.. $RDEV CATCH = E = n1 / (QTYMSY - QTYMEY);$
 RELDEVIATION2.. $RDEV RENT = E = n2 / (RENTMEY - RENTMSY);$
 RELDEVIATION3.. $RDEV PROF = E = n3 / (VPROFMEY - VPROFMSY);$
 RELDEVIATION4.. $RDEV LAB = E = n4 / (LABORMSY - LABORMEY);$

GOALPRODN.. $QTYMSY = E = TCATCH + n1;$
 GOALRRENT.. $RENTMEY = E = RENT + n2;$
 GOALVPROFIT.. $VPROFMEY = E = VPROF + n3;$
 GOALLABOR.. $LABORMSY = E = TLABOR + n4;$

RESOURCERENT.. $RENT = E = TREVN - TCOST;$
 FISHINGREVENUE.. $TREVN = E = PRICE * TCATCH;$
 FISHINGCOST.. $TCOST = E = COST * EFFORT;$
 VESSELPROFIT.. $VPROF = E = PRICE * CPUE - COST;$

PRODUCTION.. $TCATCH = E = EFFORT * CPUE;$
 PRODUCTIVITY.. $CPUE = E = ALFA0 - ALFA1 * EFFORT;$
 TOTALLABOR.. $TLABOR = E = CREW * EFFORT;$
 LMRSTOCKCONST.. $BIOMASS = G = BIOMMSY;$
 STOCKABUNDANCE.. $BIOMASS = E = BETA0 - BETA1 * EFFORT;$

MODEL POLICY /ALL/;
 SOLVE POLICY MINIMISING GOAL USING NLP;
