2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspek Biologi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*)

Cakalang sering disebut *skipjack tuna* dengan nama lokal cakalang. Adapun klasifikasi cakalang menurut Matsumoto, *et al* (1984) adalah sebagai berikut :

Phylum : Vertebrata

Class : Telestoi

Ordo : Perciformes

Famili : Scombridae

Genus : *Katsuwonus*

Species : *Katsuwonus pelamis*

Gambar 1 Ikan cakalang (sumber : http//www.fishbase.org)

Cakalang termasuk jenis ikan tuna dalam famili Scombridae, species *Katsuwonus pelamis*. Collete (1983) menjelaskan ciri-ciri morfologi cakalang yaitu tubuh berbentuk *fusiform*, memanjang dan agak bulat, tapis insang (*gill rakes)* berjumlah 53- 63 pada helai pertama. Mempunyai dua sirip punggung yang terpisah. Pada sirip punggung yang pertama terdapat 14-16 jari-jari keras, jari-jari lemah pada sirip punggung kedua diikuti oleh 7-9 *finlet.* Sirip dada pendek, terdapat dua *flops* diantara sirip perut. Sirip anal diikuti dengan 7-8 *finlet*. Badan tidak bersisik kecuali pada barut badan (*corselets*) dan *lateral line* terdapat titik-titik kecil. Bagian punggung berwarna biru kehitaman (gelap) disisi bawah dan

perut keperakan, dengan 4-6 buah garis-garis berwarna hitam yang memanjang pada bagian samping badan.

Cakalang termasuk ikan perenang cepat dan mempunyai sifat makan yang rakus. Ikan jenis ini sering bergerombol yang hampir bersamaan melakukan ruaya disekitar pulau maupun jarak jauh dan senang melawan arus, ikan ini biasa bergerombol diperairan pelagis hingga kedalaman 200 m. Ikan ini mencari makan berdasarkan penglihatan dan rakus terhadap mangsanya.

2.2 Daerah Penyebaran

Menurut Gunarso (1996), suhu yang ideal untuk ikan cakalang antara 26^0C – 32^0C, dan suhu yang ideal untuk melakukan pemijahan 28^0C – 29^0C dengan salinitas 33% . Sedangkan menurut Jones dan Silas (1962) cakalang hidup pada temperature antara 16^0C – 30^0C dengan temperature optimum 28^0C.

Ikan cakalang menyebar luas diseluruh perairan tropis dan sub tropis pada lautan Atlantik, Hindia dan Pasifik, kecuali laut Mediterania. Penyebaran ini dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu penyebaran horizontal atau penyebaran menurut letak geografis perairan dan penyebaran vertikal atau penyebaran menurut kedalaman perairan. Penyebaran Tuna dan Cakalang sering mengikuti penyebaran atau sirkulasi arus garis konvergensi diantara arus dingin dan arus panas merupakan daerah yang kaya akan organisme dan diduga daerah tersebut merupakan *fishing ground* yang sangat baik untuk perikanan Tuna dan Cakalang. Dalam perikanan Tuna dan Cakalang pengetahuan tentang sirkulasi arus sangat diperlukan, karena kepadatan populasi pada suatu perairan sangat berhubungan dengan arus-arus tersebut (Nakamura, 1969)

Penyebaran cakalang di perairan Samudra Hindia meliputi daerah tropis dan sub tropis, penyebaran cakalang ini terus berlangsung secara teratur di Samudra Hindia di mulai dari Pantai Barat Australia, sebelah selatan Kepulauan Nusa Tenggara, sebelah selatan Pulau Jawa, Sebelah Barat Sumatra, Laut Andaman, diluar pantai Bombay, diluar pantai Ceylon, sebelah Barat Hindia, Teluk Aden, Samudra Hindia yang berbatasan dengan Pantai Sobali, Pantai Timur dan selatan Afrika (Jones dan Silas, 1963).

Menurut Uktolseja *et al* (1989), penyebaran cakalang di perairan Indonesia meliputi Samudra Hindia (perairan Barat Sumatra, selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara), Perairan Indonesia bagian Timur (Laut Sulawesi, Maluku, Arafuru, Banda, Flores dan Selat Makassar) dan Samudra Fasifik (perairan Utara Irian Jaya).

2.3 Daerah dan Musim Penangkapan

Secara garis besarnya, cakalang mempunyai daerah penyebaran dan migrasi yang luas, yaitu meliputi daerah tropis dan sub tropis dengan daerah penyebaran terbesar terdapat disekitar perairan khatulistiwa. Daerah penangkapan merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan berhasil atau tidaknya suatu operasi penangkapan. Dalam hubungannya dengan alat tangkap, maka daerah penangkapan tersebut haruslah baik dan dapat menguntungkan. Dalam arti ikan berlimpah, bergerombol, daerah aman, tidak jauh dari pelabuhan dan alat tangkap mudah dioperasikan. (Waluyo, 1987).

Lebih lanjut Paulus (1986), menyatakan bahwa dalam memilih dan menentukan daerah penangkapan, harus memenuhi syarat-syarat antara lain :

1) Kondisi daerah tersebut harus sedemikian rupa sehingga ikan dengan mudah datang dan berkumpul.
2) Daerahnya aman dan alat tangkap mudah dioperasikan.
3) Daerah tersebut harus daerah yang secara ekonomis menguntungkan. Hal ini tentu saja erat hubungannya dengan kondisi oseanografi dan meteorologist suatu perairan dan faktor biologi dari ikan cakalang itu sendiri.

Musim penangkapan cakalang di perairan Indonesia bervariasi. Musim penangkapan cakalang di suatu perairan belum tentu sama dengan perairan yang lain. Nikijuluw (1986), menyatakan bahwa penangkapan cakalang dan tuna di perairan Indonesia dapat dilakukan sepanjang tahun dan hasil yang diperoleh berbeda dari musim ke musim dan bervariasi menurut lokasi penangkapan. Bila hasil tangkapan lebih banyak dari biasanya disebut musim puncak dan apabila dihasilkan lebih sedikit dari biasanya disebut musim paceklik.

2.4 Pengelolaan Sumberdaya Perikanan

Menurut Ditjen Perikanan (1999) pengelolaan sumberdaya perikanan merupakan suatu sistem yang terdiri dari 3 subsistem, yaitu :

1. Subsistem eksplorasi sumberdaya perikanan.

   Diharapkan akan dapat menjawab keterbatasan informasi, yang terkait dengan besarnya potensi sumberdaya perikanan yang tersedia menurut jenis dan penyebarannya yang dapat dituangkan dalam bentuk peta penyebaran, tata ruang wilayah, kawasan konservasi dan besarnya alokasi sumberdaya yang dapat dimanfaatkan pada periode waktu dan lokasi tertentu, Penyediaan sarana yang tercakup dalam subsistem eksplorasi diharapkan akan dapat mendukung rencana lokasi pemanfaatan sumberdaya, sejalan dengan penyebaran sumberdaya dan tata ruang wilayah, sehingga diperoleh suatu sistem jaringan prasarana yang memadai dan efisisen.

2. Subsistem pemanfaatan sumberdaya dan pembinaan usaha.

   Penanganan subsistem pemanfaatan sumberdaya perikanan diharapkan dapat mengembangkan usaha pemanfaatan sumberdaya yang produktif, mempunyai nilai tambah yang tinggi dan dapat memberikan jaminan pendapatan bagi para pelakunya, dalam rangka peningkatan kesejahteraan. Pemanfaatan sumberdaya dan pembinaan usaha dilakukan berdasarkan potensi sumberdaya wilayah yang tersedia dan didasarkan pada partisispasi dan keinginan masyarakat setempat sesuai dengan permintaan pasar.

3. Subsistem pengawasan dan pengendalian pemanfaatan sumberdaya.

   Penanganan subsistem pengawasan dan pengendalian pemanfaatan sumberdaya, diharapkan dapat memberikan jaminan bahwa pemanfaatan sumberdaya dilakukan secara efisien dan sesuai dengan ketentuan yang ada. Berjalannya subsistem ini akan dapat menekan pemborosan dan kehilangan akan sumberdaya perikanan, serta diharapkan akan dapat memberikan jaminan terhadap keberlanjutan usaha yang dilakukan oleh pelaku usaha, untuk itu diperlukan keterpaduan antara lembaga pengawasan dan peningkatan koordinasi antara penegak hukum.

Menurut Kesteven (1973) pengembangan usaha perikanan harus mempertimbangkan aspek-aspek *bio-technico-sosio-economic-approach*. Oleh

karena itu ada empat aspek yang harus diperhatikan dalam pengembangan suatu jenis alat tangkap ikan, yaitu :

1. Aspek biologi, alat tangkap tersebut tidak merusak atau mengganggu kelestarian sumberdaya.
2. Aspek teknis, alat tangkap yang digunakan efektif untuk menangkap ikan.
3. Aspek sosial, dapat diterima oleh masyarakat nelayan.
4. Aspek ekonomi, usaha tersebut bersifat menguntungkan.

Menurut Monintja (2000), perlu adanya pertimbangan dalam pemilihan suatu teknologi yang tepat untuk diterapkan di dalam pengembangan perikanan. Pertimbangan-pertimbangan yang akan digunakan dalam pemilihan teknologi dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu teknologi penangkapan ikan ramah lingkungan (TPIRL), teknologi penangkapan ikan secara teknis, ekonomis, mutu dan pemasaran menguntungkan serta kegiatan penangkapan ikan yang berkelanjutan. Suatu kegiatan penangkapan ikan yang ramah lingkungan memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Selektivitas tinggi, artinya teknologi yang digunakan mampu meminimalkan hasil tangkapan yang bukan merupakan target.
2. Tidak destruktif terhadap habitat yang akan membahayakan kelestarian produksi ikan.
3. Tidak membahayakan nelayan yang mengoperasikan /menggunakan teknologi tersebut.
4. Menghasilkan ikan bermutu baik dan tidak membahayakan kesehatan konsumen.
5. Hasil tangkapan yang terbuang (*discards)* sangat minim.
6. Berdampak minimum terhadap keanekaragaman sumberdaya hayati, tidak menangkap species yang dilindungi atau terancam punah.
7. Diterima secara sosial, artinya dimasyarakat nelayan tidak menimbulkan konflik.

Kriteria untuk kegiatan penangkapan ikan yang berkelanjutan adalah :

1. Menerapkan TPIRL
2. Jumlah hasil tangkapan yang tidak melebihi jumlah tangkapan yang diperbolehkan.

3. Menguntungkan
4. Investasi rendah
5. Penggunaan bahan bakar minyak rendah
6. Memenuhi ketentuan hukum dan perundang-undangan yang berlaku.

2.5 Model Statik Bio-ekonomi Gordon-Schaefer

Gordon (1954) diacu dalam Fauzi (2004) menyatakan bahwa sumberdaya perikanan pada umumnya bersifat akses terbuka (*open access).* Pada perikanan yang tidak terkontrol akan terjadi *economic overfishing,* dimana faktor input dari perikanan telah digunakan melebihi kapasitasnya untuk memanen stok ikan.

Menurut Schaefer (1957) diacu dalam Fauzi (2004) perubahan cadangan sumberdaya ikan secara alami dipengaruhi oleh pertumbuhan logistik ikan, yang secara matematis dapat dinyatakan dalam sebuah fungsi sebagai berikut:

$$dx/dt = f(x)$$
$$= x.r(1-x/k) \quad \text{.....} \quad (1)$$

dimana:

x = ukuran kelimpahan biomas ikan

k = daya dukung alam

r = laju pertumbuhan instrinsik

$f(x)$ = fungsi pertumbuhan biomas ikan

dx/dt = laju pertumbuhan biomas

Apabila sumberdaya tersebut dimanfaatkan melalui kegiatan penangkapan, maka ukuran kelimpahan akan mengalami perubahan. Perubahan tersebut merupakan selisih antara laju pertumbuhan biomas dengan jumlah biomas yang ditangkap, sehingga secara hubungan fungsional, dinyatakan sebagai berikut (Schaefer 1957 diacu dalam Fauzi 2004):

$$dx/dt = f(x) - h \quad \text{.....} (2)$$

dimana:

h = hasil tangkapan

dan hasil tangkapan, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

$$h = q.E.x \quad \text{.....} (3)$$

dimana:

q = koefisien teknologi penangkapan

E = tingkat upaya penangkapan (*effort)*

Pada kondisi keseimbangan, perubahan kelimpahan sama dengan nol *(dx/dt=0*), dengan asumsi koefisien teknologi sama dengan satu (*q=1*) maka diperoleh hubungan antara laju pertumbuhan biomas dengan hasil tangkapan. Hubungan tersebut secara matematis dinyatakan dengan menggabungkan persamaan (1) dengan persamaan (3), sehingga diperoleh persamaan baru sebagai berikut (Schaefer 1957 diacu dalam Fauzi 2004):

$$dx/dt = f(x) - h = 0$$

$$h = f(x)$$

$$q.E.x = r.\ x\ (1-x/k) \quad \text{.....(4)}$$

sehingga hubungan antara ukuran kelimpahan (stok) dengan tingkat upaya dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$x = k-k/r\ E \quad \text{..... (5)}$$

Menurur Schaefer (1957) diacu dalam Fauzi (2004), dengan mensubtitusikan persamaan (5) ke dalam persamaan (3), maka diperoleh fungsi produksi lestari perikanan tangkap yang menggambarkan hubungan antar tingkat upaya *(effort*) dengan hasil tangkapan *(produksi*) lestarinya, sehingga secara matematis persamaannya menjadi:

$$h = k.E - (k/r)\ E^2 \quad \text{.....(6)}$$

Analisis fungsi produksi lestari perikanan tangkap yang dikembangkan oleh Schaefer (Model Schaefer), hanya dapat menentukan tingkat pemanfaatan maksimum secara lestari berdasarkan aspek biologi, tetapi belum mampu menetapkan tingkat pemanfaatan maksimum yang lestari secara ekonomi. Untuk itu Gordon mengembangkan Model Schaefer memasukkan faktor harga per satuan hasil tangkap dan biaya per satuan upaya penangkapan, maka persamaan keuntungan dari usaha pemanfaatan sumberdaya perikanan menjadi

$$\pi = TR - TC \quad \text{..... (7)}$$

$$= p.h - c.E$$

dimana:

π = keuntungan pemanfaatan sumberdaya

p = harga rata-rata hasil tangkapan

c = biaya penangkapan ikan per satuan upaya

h = produksi ikan ton/th.

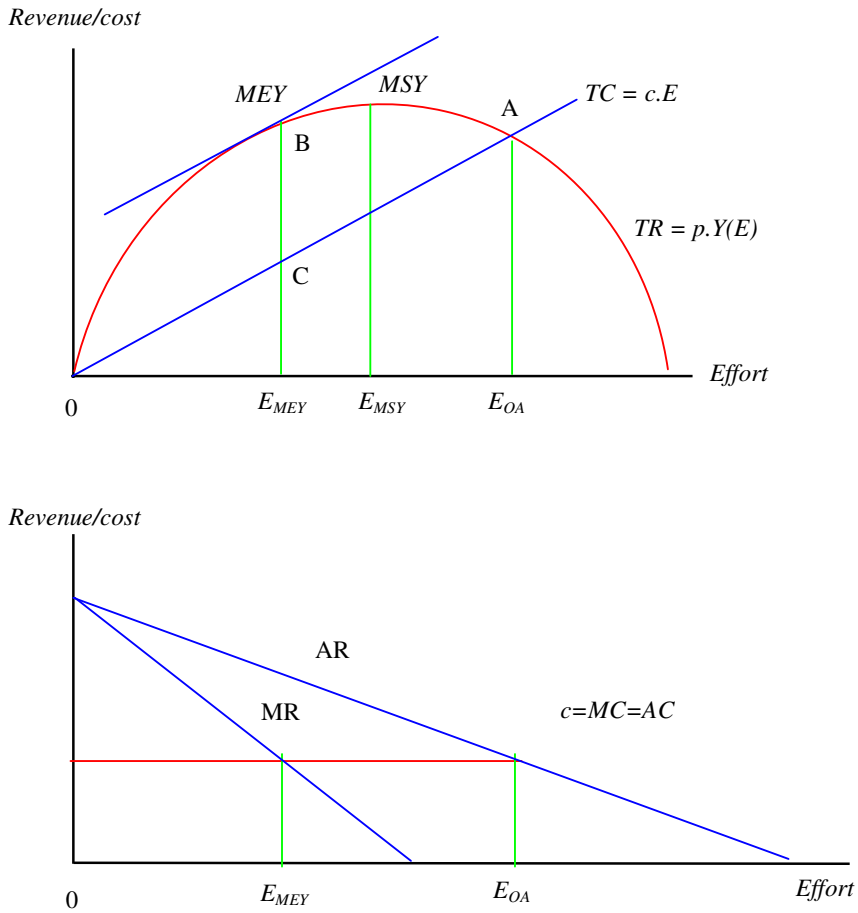
E = upaya penangkapan

TR = penerimaan total

TC = biaya total penangkapan ikan.

Dalam kondisi *open access,* tingkat keseimbangan akan tercapai pada saat penerimaan total (*TR*) sama dengan biaya total *(TC*), dengan tingkat upaya $= E_{-OA}$ (Gambar 1). Menurut Gordon kondisi tersebut disebut juga sebagai "*bioeconomic equilibrium of open access fishery"*. Pada tingkat upaya di bawah E_{-OA}, penerimaan total lebih besar dari biaya totalnya, sehingga pelaku perikanan akan lebih banyak tertarik untuk meningkatkan upaya panangkapan ikannya. Pada tingkat upaya di atas E_{-OA}, biaya total lebih besar dari penerimaan total, sehingga mendorong pelaku perikanan untuk mengurangi upaya, dengan demikian hanya pada tingkat upaya E_{-OA}, keseimbangan akan tercapai.

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa keuntungan maksimum akan dicapai pada tingkat upaya E_{-MESY}, dimana jarak vertikal antara peneriman total dan biaya total mencapai tingkat yang paling tinggi. Tingkat E_{-MESY} disebut sebagai *Maximum Economic Yield (MEY).* Apabila tingkat upaya pada keseimbangan *open access* (E_{-OA}) dibandingkan dengan tingkat upaya pada saat *MEY* (E_{-MEY}), ternyata tingkat upaya yang dibutuhkan pada keseimbangan *open access,* jauh lebih banyak dari pada tingkat upaya pada saat *MEY,* ini berarti bahwa pada keseimbangan *open access* telah terjadi penggunaan sumberdaya yang berlebihan, yang menurut Gordon disebut sebagai *economic overfishing*.



Gambar 2 Keseimbangan bioekonomi Gordon-Schaefer.

2.6 Tingkat Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan

Menurut Dwiponggo (1984) dalam Parerung (1996), tingkat pemanfaatan/pengusahaan sumberdaya perikanan dibagi menjadi empat macam yaitu :

(1) Pengusahaan yang rendah, dimana hasil tangkapan hanya merupakan sebagian kecil dari potensinya.

(2) Pengusahaan yang moderat (sedang), dimana hasil tangkapan merupakan sebagian yang nyata dari potensi, namun penambahan upaya penangkapan masih memungkinkan.

(3) Pengusahaan yang tinggi, dimana hasil tangkapan sudah mencapai sebesar potensinya, penambahan upaya penangkapan tidak akan menambah hasil tangkapan.

(4) Pengusahaan yang berlebihan (*overfishing*), dimana terjadi pengurangan dari stok ikan karena penangkapan sehingga hasil tangkapan per satuan upaya penangkapan akan jauh berkurang.

Selanjutnya Purwanto (1986) dalam Parerung (1996) mengemukakan bahwa untuk mengusahakan agar sumberdaya perikanan dapat dimanfaatkan terus-menerus secara maksimal dalam waktu yang tak terbatas maka laju kematian karena penangkapan (tingkat pemanfaatan) perlu dibatasi sampai pada suatu tingkat tertentu. Induk-induk ikan dalam jumlah tertentu harus disisakan dan diberi kesempatan untuk berkembangbiak, sehingga mampu menghasilkan anakan dalam jumlah cukup untuk kelestarian.

2.7 Teori Optimasi

Optimasi adalah suatu kata kerja yang berarti menghitung atau mencari titik optimum. Kata benda optimisasi merupakan peristiwa atau kejadian proses optimasi. Jadi teori optimisasi adalah mencakup studi kuantitatif tentang titik optimum dan cara-cara untuk mencarinya (Haluan, 1985). Ilmu dalam teori ini mempelajari bagaimana mendapatkan dan menjelaskan sesuatu yang terbaik, terjadi setelah orang dapat mengenali dan mengukur apa yang baik dan apa yang buruk.

Optimasi adalah suatu proses pencarian hasil terbaik. Proses ini dalam analisis sistem diterapkan terhadap alternatif yang dipertimbangkan, kemudian dari hasil itu dipilih alternatif yang menghasilkan keadaan terbaik (Gaspersz, 1992). Secara normal orang akan mengharapkan “baik” sebanyak-banyaknya, paling banyak atau maksimum, dan “buruk” sedikit-dikitnya paling sedikit atau minimum. Jadi optimum itu sinonim dengan maksimum untuk hal yang baik, dan minimum untuk hal yang buruk. Kata optimum telah menjadi istilah teknis yang berkaitan dengan pengukuran kuantitatif dan analisa matematis. Kata “terbaik” yang sama artinya dengan optimum, lebih banyak dipergunakan dan lebih sesuai dengan kehidupan sehari-hari. Karena optimasi mencakup usaha untuk

menemukan cara terbaik di dalam melakukan suatu pekerjaan, cara terbaik di dalam memecahkan suatu persoalan, maka aplikasinya meluas pada hal-hal praktis dalam dunia produksi, industri, perdagangan dan politik (Haluan, 1985).

Dalam melakukan proses optimasi maka orang harus lebih dahulu melakukan pemilihan ukuran kuantitatif dan efektifitas dari suatu persoalan. Untuk itu orang harus mengetahui dan menguasai sistem yang berlaku di dalam persoalan tersebut baik dalam persoalan fisika maupun ekonomi. Atau untuk mendesain, membangun, mengatur atau mengoperasikan suatu sistem fisik atau ekonomi yang baru, maka dilakukan langkah yang sama.

2.8 Teori Pemprograman Linier (PL)

Program linier adalah salah satu teknik analisis dari kelompok teknik riset operasi yang memakai model matematika. Tujuannya adalah untuk mencari, memilih, dan menentukan alternatif yang terbaik dari antara sekian alternatif layak yang tersedia. Dikatakan linier karena peubah-peubah yang membentuk model PL dianggap linier. Pemrograman linier pada hakekatnya merupakan suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis dengan tujuan menemukan beberapa kombinasi alternatif pemecahan masalah, kemudian dipilih mana yang terbaik diantaranya dalam menyusun strategi dan langkah-langkah kebijakan lebih lanjut tentang alokasi sumberdaya dan dana yang terbatas guna mencapai tujuan atau sasaran yang diinginkan secara optimal (Agrawal dan Heady, 1972).

Dalam penelitian ini adalah mengoptimalkan alokasi armada penangkapan secara bersamaan yang dibatasi oleh berbagai kendala dengan menggunakan *model goal programming*. Menurut Stevenson (1992), *goal programming* merupakan variasi dari *model linear programming* yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang mempunyai banyak sasaran. Selanjutnya Siswanto (1993), mengatakan bahwa dalam *model goal programming* terdapat variable deviasional dalam fungsi kendala. Variasi tersebut berfungsi untuk menampung penyimpangan hasil penyelesaian terhadap sasaran yang hendak dicapai, dimana dalam proses pengolahan model tersebut jumlah variabel deviasional akan diminimumkan di dalam fungsi tujuan.