



**USAID** | **INDONESIA**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



INDONESIA MARINE AND CLIMATE SUPPORT (IMACS) PROJECT

# ANALISIS DATA CATCH & EFFORT UNTUK PENDUGAAN MSY

---

**Badrudin**  
(Fisheries Specialist, IMACS)

## DAFTAR ISI

PENDAHULUAN

METODE PENGKAJIAN STOK

SUMBERDAYA IKAN

KONSEP DASAR

- Hasil Tangkapan per-satuan Upaya
- Identifikasi Jenis Ikan
- Unit Stok
- Identifikasi Unit Stok
  - o Sebaran Penangkapan
  - o Daerah Pemijahan
  - o Nilai Parameter Populasi

ESTIMASI MSY DENGAN MODEL PRODUKSI SURPLUS

- Prosedur Penghitungan
- Menghitung Produksi Total Tahunan
- Menghitung '*Fishing Power Index*' (FPI)
- Menghitung Total Upaya (*Total Effort*)
- Menghitung MSY dan Upaya Optimum
- Model Linier – Schaefer

DAFTAR PUSTAKA

## **PENDAHULUAN**

*Catch*, *Effort* dan *Catch Per-Unit of Effort* (CPUE) adalah tiga besaran yang terkait satu sama lain. Jika dua dari tiga besaran tersebut diketahui maka besaran yang ketiga dapat dihitung. Ketiga besaran tersebut merupakan parameter dasar yang diperlukan dalam aplikasi Model Produksi Surplus (MPS - *the Surplus Production Model*) yang mengarah kepada estimasi titik '*maximum sustainable yield*' (MSY). MPS adalah salah satu model pengkajian stok yang paling sederhana dan paling mudah dijelaskan dan diterima oleh para pengelola sumberdaya ikan. Asumsi yang mendasari model ini adalah bahwa sumberdaya ikan merupakan suatu *entity*, tanpa memperhitungkan proses-proses yang sebenarnya tidak sederhana yang menyebabkan terbentuknya *entity* tersebut. Para ahli menyatakan bahwa model ini terlalu menyederhanakan proses-proses yang terjadi (*over-simplified*). Model ini hanya memerlukan data *catch* dan *effort*, dua jenis data yang selama ini telah dikumpulkan dan dikenal sebagai statistik perikanan. Namun demikian, minimal perlu diketahui karakteristik sumberdaya ikan, perilaku-perilaku dan batas-batas ketahanan sumberdaya ikan tersebut terhadap tekanan penangkapan.

## **MODEL DAN METODE PENGKAJIAN STOK**

Beberapa model pengkajian besarnya stok sumberdaya ikan dapat dikelompokkan ke dalam 3 model, yaitu model holistik, model dinamik/analitik dan model ekosistem (Tabel 1). Aplikasi dari semua metode-metode pengkajian stok sebenarnya harus ditunjang dengan analisis tentang aspek-aspek dinamika populasi yang mengarah kepada diperolehnya tingkat upaya (*fishing effort*) yang optimal dan hasil tangkapan yang maksimum dan berkelanjutan. Tingkat yang optimal tersebut dapat dihitung melalui aplikasi model-model matematik mulai dari model yang sederhana sampai dengan model-model yang rumit.

Model holistik adalah model yang dirancang berdasarkan konsep bahwa populasi /stok ikan merupakan sesuatu kesatuan 'utuh' tanpa mengikut-sertakan aspek-aspek lain yang menunjang dinamika populasinya. Aplikasi model dinamik atau model analitik dilakukan dengan mengikut-sertakan aspek-aspek dinamika populasi yang mendukung perkembangan populasi tersebut, seperti laju pertumbuhan, laju kematian, panjang maksimum, parameter hubungan panjang-berat (isometrik atau allometrik) dan laju

penangkapan. Analisis data yang dilakukan berdasarkan kedua model tersebut akan mengarah kepada diperolehnya tingkat ‘*magnitude*’ yang antara lain dapat dinyatakan sebagai; Besarnya biomassa ( $B$ ), *Potential Yield* ( $P_y$ ), *Yield per-recruit* ( $Y_{max}$ ), dan *MSY* (*the Maximum Sustainable Yield* atau hasil tangkapan maksimum yang berlanjut). Uraian selanjutnya lebih dititikberatkan kepada bahasan tentang Model Produksi Surplus (MPS) yaitu salah satu metode analisis data *catch* dan *effort* yang mengarah kepada diperolehnya tingkat MSY dan upaya optimum. Analisis data tersebut adalah analisis yang paling mudah dilakukan dan paling mudah difahami oleh para pengelola, terlepas dari kelemahan, kekurangan-telitian serta terpenuhinya asumsi-asumsi dasar yang melandasi model tersebut. Kritik yang cukup pedas dari Larkin (1977) tertuang dalam ‘*epitaph*’ (tulisan yang biasa tertera pada batu nisan) sebagaimana tercantum pada halaman akhir dari ‘booklet’ ini.

Tabel 1. Beberapa Model dan Metode Pengkajian Stok

Holistik	Dinamik	Ekosistem
<p>A. Survey</p> <p><i>Fishing survey – swept area</i></p> <p>Survey Akustik</p> <p>Survey telur dan larva</p> <p>Survey Aerial /Remote sensing</p> <p>Transek garis (perairan karang)</p> <p><i>Depletion method</i> (sungai atau Perairan yang tertutup)</p>	<p>- Yield per Recruit</p> <p>Beverton and Holt, dan variant-nya</p> <p>- Incomplete Beta Function</p> <p>- Virtual Population Analysis (VPA)</p> <p>- Thompson and Bell</p>	<p>Multispecies</p> <p>- Interaksi biologis: Predator-prey, Food competition, Replacement</p> <p>- Interaksi teknologi</p> <p>- Trophodinamik</p> <p>- Ecosystem → EAF EBF</p>
<p>B. Analisis data catch dan effort (Model Produksi Surplus):</p> <p>Linier model: Schaefer</p> <p>Logarithmic model: Fox, Schnutte, dan variant-nya</p>		
<p>C. Tagging experiments</p>		

## SUMBERDAYA IKAN

Secara geografis perairan Indonesia yang terletak di kawasan tropis sangat kaya akan berbagai jenis ikan, meski kelimpahan dari tiap jenis tersebut relatif kecil dibandingkan dengan kelimpahan ikan di perairan beriklim empat. Jenis ikan yang ada di perairan Indonesia merupakan gabungan dari berbagai jenis di kawasan perairan Samudera Hindia dan perairan Indo-Pasifik dengan dua paparan yang sangat subur yaitu Paparan Sunda dan Paparan Sahul. Identifikasi jenis ikan akan mengarah kepada identifikasi '*unit stock*' yang merupakan prasyarat bagi dilakukannya pengkajian stok dengan menggunakan SPM. Dalam kaitan dengan keperluan pengkajian stok sumberdaya kemampuan untuk mengidentifikasi spesies dan identifikasi '*unit stock*' merupakan langkah awal pengkajian stok (*stock assessment*) yang akan menentukan langkah kajian selanjutnya. Jika langkah awal ini tidak akurat maka tingkat akurasi pada langkah berikutnya akan menyimpang, dan akan mengarah kepada hasil yang '*under estimate*' atau '*over estimate*' dan seterusnya akan mempengaruhi tingkat eksploitasi yang optimal dan langkah-langkah pengelolaannya.

Berbeda dengan sumberdaya terestrial yang relatif menetap dan terlihat dengan jelas, sumberdaya ikan adalah *tidak terlihat (invisible)* karena berada di dalam air, *hidup* dan *selalu bergerak* sesuai dengan kondisi lingkungan biofisik perairan dimana ikan tersebut berada. Karena ikan tersebut hidup, maka sumberdaya ikan termasuk dalam katagori sumberdaya yang dapat pulih (*renewable*). Dengan demikian, jika pemanfaatan sumberdaya tersebut sesuai dengan kemampuan untuk memulihkan dirinya, maka manusia dapat memanfaatkannya secara berkelanjutan.

Informasi-informasi penting yang perlu dikumpulkan untuk dijadikan landasan pengelolaan sumberdaya ikan secara rasional, antara lain adalah diketahuinya besaran potensi sumberdaya, penyebaran dan perilakunya (*behaviour*). menurut perairan dan musim (*spatial* dan *temporal*), dan aspek-aspek '*natural history*', seperti kebiasaan makan dan makanan, seks rasio, TKG (tingkat kematangan gonad), fekunditas (jumlah telur yang matang yang siap dipijahkan) serta dinamika populasinya, seperti laju pertumbuhan dan laju kematian. Sebagaimana halnya dengan makhluk hidup lainnya, ikan harus selalu menyesuaikan diri dengan lingkungan perairan yang sangat dinamis dan selalu berubah. Dengan diketahuinya informasi tersebut maka salah satu tujuan utama pengelolaan sumberdaya ikan yaitu pemanfaatan yang optimal dan berlanjut dapat dicapai.

## KONSEP DASAR

### - Hasil Tangkapan per-satuan Upaya

Hasil tangkapan per-satuan upaya (*catch per-unit of effort*, CPUE) adalah salah satu indikator bagi status sumberdaya ikan yang merupakan ukuran dari kelimpahan relatif, sedangkan tingkat produksi dapat merupakan indikator kinerja ekonomi. Diperolehnya gambaran tentang trend CPUE dari suatu perikanan dapat merupakan salah satu indikator tentang 'sehat' nya suatu perikanan. Trend CPUE yang naik akan merupakan gambaran bahwa tingkat eksploitasi sumberdaya ikan dapat dikatakan masih pada tahapan berkembang. Trend CPUE yang mendatar merupakan gambaran bahwa tingkat eksploitasi sumberdaya ikan sudah mendekati kejenuhan upaya, sedangkan trend CPUE yang menurun merupakan indikasi bahwa tingkat eksploitasi sumberdaya ikan apabila terus dibiarkan akan mengarah kepada suatu keadaan yang disebut 'over-fishing' atau bahkan 'overfished'.

### - Identifikasi Jenis Ikan

Ikan adalah segala jenis organisme yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada di dalam lingkungan perairan. Sumberdaya ikan adalah potensi semua jenis ikan, sedangkan lingkungan sumberdaya ikan adalah perairan tempat kehidupan sumberdaya ikan, termasuk biota dan faktor alamiah sekitarnya (UU No. 31-2004). Secara operasional penangkapan, sumber daya ikan dibagi ke dalam kelompok ikan pelagis kecil, pelagis besar, demersal, udang dan biota lainnya. Secara geografis perairan Indonesia yang terletak di kawasan tropis, dengan Paparan Sunda dan Paparan Sahul yang subur, sangat kaya akan berbagai jenis ikan. Jenis ikan yang ada di perairan Indonesia merupakan gabungan dari berbagai jenis yang ada di kawasan perairan Samudera Hindia dan Samudera Pasifik (Indo-Pasifik).

Dokumentasi yang paling lengkap tentang jenis-jenis ikan dewasa ini terangkum dalam karya monumental "*The Fishes of the Indo-Australian Archipelago*" yang disusun dalam belasan volume oleh Profesor Max Weber dan Profesor L.F. de Beaufort, antara tahun 1913 sampai tahun 1953. Jauh sebelumnya, yaitu pada tahun 1859 seorang sarjana, militer/angkatan darat dan naturalis Belanda, Dr. Pieter Bleeker yang bekerja di Batavia, telah menyusun 'checklist' sebanyak 341 spesies ikan yang diterbitkan pada tahun 1878. Referensi yang cukup baik untuk digunakan dalam mengidentifikasi ikan di lapangan dewasa ini, antara lain adalah "*FAO species identification sheets for fishery purposes*"

(Fischer and Whitehead, 1974), yang dewasa ini sudah di perbaharui menjadi 6 Volume. Jenis-jenis ikan di Samudera Hindia juga telah didokumentasikan oleh Gloerfelt-Tarp and Kailola (1985) dan di kawasan Timur Indonesia dan Papua New Guinea oleh Munro (1967). Dari aspek taksonomis, tampak bahwa sumber daya ikan di perairan Indonesia ini sangat banyak jenisnya, sehingga bagi upaya pengelolaan dan pemanfaatan yang optimal dan berlanjut akan memerlukan kajian-kajian '*natural history*' dan dinamika populasi dari sumber daya ikan tersebut secara lebih mendalam.

Kemampuan untuk mengidentifikasi spesies dan identifikasi '*unit stock*' merupakan langkah awal pengkajian stok (*stock assessment*) sumber daya ikan yang akan menentukan langkah kajian selanjutnya. Jika langkah awal ini tidak akurat maka tingkat akurasi pada langkah berikutnya akan menyimpang, dan akan mengarah kepada hasil yang '*under estimate*' atau '*over estimate*' dan seterusnya akan mempengaruhi tingkat eksploitasi yang optimal dan langkah-langkah pengelolaannya.

#### - **Unit Stok**

Di alam terdapat sejumlah besar jenis ikan yang berbeda satu sama lain. Perilaku makan suatu jenis ikan di suatu perairan dapat mengakibatkan pertumbuhan yang sangat cepat sedangkan di kawasan lainnya mungkin tidak begitu cepat. Kegiatan penangkapan tidak menyebar secara merata, sehingga beberapa jenis ikan akan menjadi sasaran yang mudah untuk ditangkap dibandingkan dengan ikan lainnya. Pada suatu perairan yang relatif sempit bisa terjadi suatu percampuran yang cepat sehingga setelah beberapa periode perbedaan-perbedaan yang ada pada sejumlah individu ikan seperti perilaku makan, daya tahan terhadap intensitas penangkapan dan perbedaan lain di dalam kawasan perairan tersebut dapat diabaikan. Sebaliknya pada suatu perairan yang lebih luas dimana perbedaan antar kondisi rata-rata dari berbagai sektor perairan tersebut cukup signifikan sehingga dapat menyebabkan adanya perbedaan genetik dalam satu species, tentu tidak begitu saja dapat diabaikan.

Pemilihan suatu unit stok akan tergantung kepada beberapa kepentingan sehingga dapat diperlakukan sebagai sesuatu yang *homogen* dan unit-unit yang *independen*. Perbedaan yang terlalu besar dari suatu unit stok mungkin tidak perlu dihiraukan, hanya saja perlu diperhitungkan jika ada interaksi antar jenis sehingga dapat menyebabkan analisis datanya menjadi rumit.

Untuk keperluan analisis pengkajian stok dimana hasilnya akan digunakan untuk dasar pengambilan kebijakan, pilihan definisi atas suatu unit stok dapat dianggap sebagai

masalah operasional terhadap model yang akan digunakan, menjawab pertanyaan dan ketersediaan informasi yang rinci. Singkatnya, sekelompok ikan dapat dianggap sebagai satu unit stok sedapat mungkin perbedaan-perbedaan dalam kelompok dan dengan kelompok lain dapat diabaikan tapi tidak membuat suatu kesimpulan diluar kenyataan yang ada sehingga tidak dapat diterima.

Suatu stok yang ideal adalah suatu kelompok ikan yang mempunyai satu '*spawning ground*' dimana ikan yang dewasa akan kembali dari tahun pertama ke tahun berikutnya. Satu unit stok dapat terdiri dari satu unit taxonomi – satu species atau subspecies. Misalnya tuna sirip biru (SBT, *southern bluefin*) menyebar mulai dari kawasan perairan subtropis dan lautan '*temperate*' dari Selandia Baru sampai bagian selatan Afrika, sebagaimana terlihat dari hasil *tagging* (Gulland, 1983). Jenis SBT ini dapat diperlakukan sebagai satu unit stok. Untuk pengkajian stok, sekelompok ikan dapat dianggap sebagai satu unit stok tidak harus terdiri dari satu species. Ikan-ikan yang berbeda, seperti ikan demersal di perairan tropis tentunya mempunyai karakteristik pertumbuhan, kematian alamiah dan kematian penangkapan yang berbeda. Jika perbedaan tersebut tidaklah besar dan untuk melakukan pengkajian tiap species secara terpisah akan menjadi tidak praktis. Oleh karena itu memperlakukan populasi ikan dasar sebagai satu unit sumberdaya dapat memberikan hasil yang '*reliable*' yang memang hanya melalui pendekatan itulah yang dapat dilakukan.

#### - **Identifikasi Unit Stok**

Perjalanan sejarah suatu perikanan dicirikan oleh adanya perubahan pola penangkapan. Jika kita dapat mengikuti perubahan pola penangkapan sejumlah aspek-aspek berikut ini perlu diamati dalam rangka memperoleh informasi bagi kemungkinan adanya pemisahan stok.

##### o **Sebaran Penangkapan**

Adanya perbedaan daerah penangkapan secara geografis akan dan dapat terkait erat dengan adanya perbedaan sebaran ikan yang dapat berkaitan dengan adanya pemisahan stok.

##### o **Daerah Pemijahan**

Suatu pemisahan genetik dari beberapa stok akan memerlukan pemisahan yang jelas dari kelompok ikan yang memijah meskipun ikan tersebut bercampur pada waktu



yang lain dalam perjalanan hidupnya. Daerah pemijahan mungkin dapat dibatasi dengan survei yang rinci untuk ikan yang memijah, atau untuk telur ikan atau untuk tahapan larva atau dapat juga ditentukan dengan baik melalui informasi yang diperoleh dari nelayan penangkap komersial.

○ **Nilai Parameter Populasi**

Jika ada perbedaan stok dan jika perbedaan tersebut cukup signifikan, maka mungkin terdapat juga perbedaan dalam nilai parameter populasi (laju pertumbuhan, mortalitas dsb.). Suatu peningkatan laju mortalitas pada suatu kawasan digabung dengan tidak adanya perubahan mortalitas pada kawasan lain akan merupakan bukti yang cukup baik bagi adanya pemisahan stok, terutama jika perubahan atau tidak adanya perubahan mortalitas berjalan konsisten dengan jumlah penangkapan (*the amount of fishing*) pada kedua kawasan tersebut.

**ESTIMASI ‘MSY’ DENGAN MODEL PRODUKSI SURPLUS (MPS)**

Model MPS dibangun dengan asumsi bahwa sumberdaya ikan berada pada ‘*steady state or equilibrium condition*’ dan ‘*constant catchability*’. Dalam kenyataannya kondisi *equilibrium* tersebut sangat jarang terjadi. Dari pengalaman di Negara dimana konsep ini berasal adalah bahwa konsep ini menghasilkan estimasi yang terlalu tinggi, sehingga dalam aplikasinya harus benar-benar menerapkan ‘*precautionary approach*’. Mengacu kepada statistik perikanan yang ada dewasa ini pengelompokkan sumberdaya ikan untuk pengkajian stok antara lain adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Pengelompokkan jenis ikan untuk pengkajian stok

No	Kelompok SDI	Jenis-Jenis Ikan
1	Demersal	Ikan sebelah, peperek .....dst.
2	Udang	Jerbung, windu, dogol, lain-lain
3	Pelagis Kecil	Tembang, japuh, selar, kembung dll.
4	Pelagis Besar (non tuna)	Tenggiri, alu-alu, lemadang, setuhuk .... dst.
5	Cumi-cumi	
6	Cucut + Pari	

- **Prosedur Penghitungan**

Untuk menghitung MSY, Upaya Optimum dan Tingkat Pemanfaatan, data statistik yang diperlukan adalah:

- 1) Produksi jenis-jenis ikan.
- 2) Produksi jenis ikan per-jenis alat tangkap.
- 3) Jumlah dan jenis alat tangkap.

- **Menghitung Produksi Total Tahunan**

Jika semua jenis ikan sudah dapat dikelompokkan ke dalam 'species group' seperti pelagis kecil, demersal dan lain-lain, maka produksi tahunan kelompok jenis ikan tersebut dapat diperoleh melalui penjumlahan biasa.

- **Menghitung 'Fishing Power Index' (FPI)**

Dari tabel Produksi jenis ikan per-jenis alat tangkap dapat dihitung hasil tangkapan per-unit alat (C/A) untuk tahun tertentu. Alat tangkap yang mempunyai angka C/A yang tertinggi dinyatakan sebagai alat tangkap standar, dimana nilai FPI = 1,00. Nilai FPI alat tangkap lainnya dikonversi ke nilai FPI yang tertinggi tersebut.

Alat tangkap	Produksi (C)	$\Sigma$ Alat (A)	C/A	FPI	Catatan
Dogol Cantrang ..... ..... ..... ..... .....					Alat tangkap dengan C/A tertinggi, diberi indeks PFI = 1,000. Alat lain dikonversi ke alat tangkap ini dengan cara membagi C/A alat lain tsb. dengan C/A alat tangkap yang tertinggi.

Dari tabel tersebut dapat dihitung 'Fishing Power Index' (FPI) dan jumlah upaya (*total effort*) tahunan.

- **Menghitung Total Upaya (*Total Effort*)**

Menghitung Total Effort ( f )

Alat Tangkap	PFI	Total upaya					
		2001		...	.....	2010	
		$\Sigma$ Alat	f		.....	$\Sigma$ Alat	f
Dogol	.....	.....	.....	...	.....	.....	.....
Cantrang				.			
Payang							
.....							
.....							
Total effort			..				.....

Nilai effort (f) diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah alat ( $\Sigma$  Alat) dengan FPI. Total effort tahunan adalah penjumlahan dari nilai effort dari alat tangkap yang digunakan.

- **Menghitung MSY dan Upaya Optimum**

Langkah berikutnya adalah menghitung CPUE tahunan yaitu dengan membagi Total produksi ikan (demersal, pelagis dsb.) dengan Total Effort tahunan.

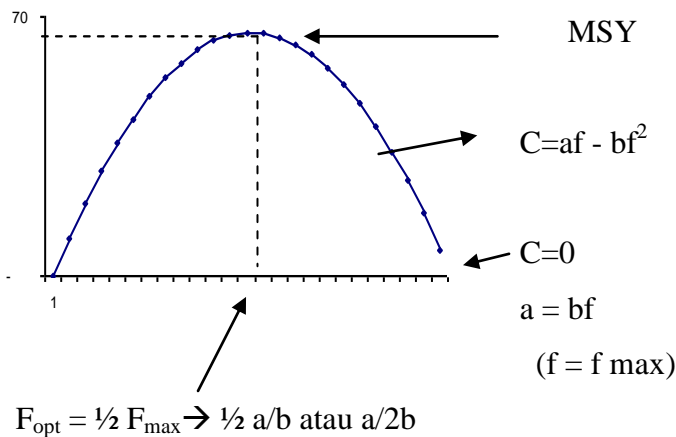
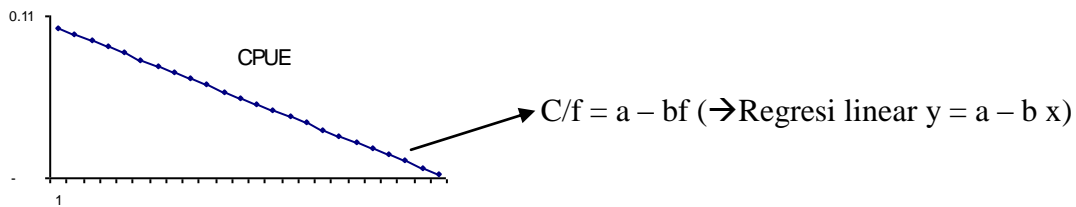
Tahun	Produksi	Total Effort (f)	CPUE
2001	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
2010			

Langkah terakhir adalah menghitung persamaan regresi antara CPUE tahunan dengan total effort tahunan.

- **Model Linier – Schaefer**

Menurut model tersebut hubungan antara CPUE ( $C/f$ ) dengan total effort mengikuti persamaan regresi :  $Y = A - b X$ , dimana:  $Y = C/f$ , dan  $X = f$ .

Prosedur pendugaan MSY diperoleh melalui perhitungan berikut.



Menurut model Schaefer:  $C/f = a - bf \rightarrow C = af - bf^2$ . Pada titik effort maksimum ( $F_{max}$ ), maka hasil tangkapan akan menjadi Nol.  $C = af - bf^2 = 0$ ; Jika demikian pada titik tersebut  $a = bf$ ; atau  $f = a/b$ . Pada *Catch* maksimum (MSY), maka tingkat effort ( $F_{opt}$ ) berada pada setengah tingkat effort maksimum ( $1/2 \cdot a/b = a/2b$ ).

Dengan memasukkan nilai  $a/2b$  ke persamaan regresi :

$C = af - bf^2$ , menjadi  $\rightarrow C = a \cdot a/2b - b(a/2b)(a/2b)$  atau  $\rightarrow C = a^2/2b - a^2/4b$  atau  $\rightarrow C = 2a^2/4b - a^2/4b$ , sehingga dengan demikian maka  $C_{max}$  atau MSY menjadi :

$MSY = A^2 / 4 b$  dan  $f_{opt} = A/2b$

## Model Eksponensial - Fox

Rumus Model Eksponensial Fox :  $MSY = - (1 / b) * e^{(A-1)}$  dan  $f_{opt} = 1/b$

Akan sangat baik jika nilai MSY dan effort optimum tersebut juga dihitung kisarannya, sehingga dapat diketahui 'upper limit' dan 'lower limit' -nya

Tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan dapat diperoleh dengan membagi : ( Produksi / MSY ) yang biasa dinyatakan dalam persen (%).

Sebagai penutup perlu dikemukakan bahwa asumsi-asumsi yang mendasari model produksi surplus antrara lain adalah:

- SDI dalam keadaan 'steady state' atau 'equilibrium'
- Constant catch-ability ( $F = q * f$ ) – efisiensi alat tangkap → tetap
- Tidak ada interaksi antar species (*as they existed in isolation*).
- MSY tidak bisa dijumlahkan karena ada 'predator-prey relationship', Misal: Sdi cakalang dan teri.
- Dan asumsi lainnya (spt.: matematik - unsur-unsur regressi)
- Bagaimana faktanya?

## DAFTAR PUSTAKA

Anonymous., 2005. Indeks kelimpahan stok sumberdaya ikan di Perairan Samudera Hindia. Laporan Penelitian. Balai Riset Perikanan Laut-PRPT-BRKP. 182p.

Badrudin, B.Sumiono and S.Nurhakim., 2004. Hook Rates and Compositions of Bottom Longline Catches in the waters of the Arafura Sea. Indonesian Fisheries Research Journal. AMFR. MMAF. Vol. 10. No. 1. (2004): 9-14.

Badrudin and Subhat Nurhakim., 2004. Estimation of the maximum sustainable yield of the shrimp resources in the Arafura Sea using the surplus production model. Manuscript. 12p. (Unpublished).

Gulland, J.A., 1983. Fish stock assessment. A manual of basic methods. John Wiley & Sons.

Larkin, P.A., 1977. An Epitaph for the Concept of the Maximum Sustainable Yield. Trans. Amer. Fish. Soc., 106 (1): 1-11.

Pitcher, T.J. and P.J.B.Hart., 1982. Fisheries ecology. Croom Helm.

Sparre, P. and S.C. Venema., 1992. Intoduction to tropical fish stock assessment. Manual. FAO Fish. Tech.Paper No. 365 (1). FAO Rome.

Syair kritik tentang MSY (Larkin, 1977)

**M.S.Y.(1930s–1970s)**

**R.I.P. (Rest In Peace)**

*Here lies the concept, MSY,  
It advocated yield too high,  
And didn't spell out how to slice the pie,  
We bury it with the best of wishes,  
Especially on behalf of fishes,  
We don't know yet what will take its place,  
But hope it's as good for human race.*

Terjemahan bebasnya kira-kira sebagai berikut:

**R.I.P. (Istirahat Dengan Tenang)**

*Disini berbaring konsep MSY, hasil maksimum yang lestari,  
Konsep ini meramalkan hasil yang terlalu tinggi,  
Dan tidak menjelaskan benar mengapa itu terjadi,  
Kita kubur sajalah dan terima kasih kita ucapkan,  
Terutama atas nama sumberdaya ikan,  
Kita belum tahu konsep apa yang menggantikan,  
Tapi kita berharap konsep itu berguna untuk semua insan.*

(Notes: Gulland, 1978. .. It is too early to bury the concept ....)