

KETIDAKSTABILAN BESARAN STOK IKAN DARI MODEL PRODUKSI SURPLUS

Suherman Banon Atmaja

Peneliti pada Balai Riset Perikanan Laut, Muara Baru-Jakarta
Komplek Pelabuhan Perikanan Samudera Jl. Muara Baru Ujung-Jakarta 14440, E-mail: kanlutmb@indosat.net.id

ABSTRAK

Selama ini, kerangka pengelolaan sumber daya ikan berdasarkan pada titik acuan nilai potensi dan kriteria maksimum (*maximum sustainable yield*), mengabaikan laju pertumbuhan stok ikan dan tanpa memperhatikan dinamika perikanan yang terjadi. Dari kombinasi data yang tersedia diperoleh hasil besaran nilai stok ikan yang bersifat dinamis, akibat perubahan yang terjadi pada parameter-parameter model produksi surplus. Tingkat *maximum sustainable yield* menunjukkan C_{MSY} dari metode Gompertz lebih tinggi dibandingkan dengan metode logistik, sebaliknya tingkat E_{MSY} lebih rendah dibandingkan dengan metode logistik. Konsekuensi perbedaan tersebut menghasilkan tingkat B_{MSY} dan tercapai puncak titik jenuh dari perikanan pukat cincin berbeda, untuk metode Gompertz (37% dari biomassa awal) terjadi pada kurun waktu tahun 1978 sampai dengan 1981, sedangkan untuk metode logistik (50% dari biomassa awal) terjadi pada kurun waktu tahun 1990 sampai dengan 1992. Kondisi *trend* biomassa menunjukkan penurunan biomassa berkisar 92 sampai dengan 96,5% dari biomassa awal untuk metode Gompertz, sedangkan untuk metode logistik berkisar 70 sampai dengan 93%. Tampak perkembangan perikanan pukat cincin *catch effort* mengikuti fungsi pertumbuhan logistik daripada fungsi pertumbuhan Gompertz. Bagaimanapun, penyusutan stok ikan pelagis didukung oleh *trend* hasil tangkapan yang menurun, sedangkan hari operasi cenderung meningkat.

KATA KUNCI: ketidakstabilan, stok ikan, produksi surplus

ABSTRACT: *Unstability of size of fish stock analyzed using surplus production model. By: Suherman Banon Atmaja*

During the time, framework of fisheries resources management was based on reference point of potency value and criteria (maximum sustainable yield), while net growth of fish stock and fisheries dynamics have been ignored. From data combination available obtaining result of size of fish stocks was dynamic due to change of parameters of surplus production. The Level maximum sustainable yield shows that C_{MSY} method of Gompertz was higher than logistics method, on the contrary E_{MSY} compared to lower than logistics method. Consequently, these results were obtained the level of B_{MSY} (biomass at level maximum sustainable yield) and the peaks of exploitation from purse seine fishery were also different, for Gompertz method revealed that the level of B_{MSY} (37% from initially biomass) occurred in the period of 1978 to 1981, while logistics method (50% from initially biomass) occurred in the period of 1990 to 1992. Trend biomass in state of decline reached 92 to 96,5% from initially biomass for Gompertz method, while for the method of logistics reached 70 to 93% from initially biomass. Seems that the development of purse seine fisheries (catch effort) followed function growth logistics rather than the function growth Gompertz. However, the decrease of fish stock pelagic supported by the catch of pelagic fish showed a declining trend, while fishing days have tend to increase.

KEYWORDS: *unstability, fish stock, surplus production*

PENDAHULUAN

Ketidakpastian dalam ketersediaan informasi untuk mengelola stok ikan yang dieksploitasi telah dikenal luas akhir-akhir ini. Kurang cukup data dan tidak terdeteksi lebih tangkap (*overfishing*) adalah faktor terjadi *unsustainability* dan *overexploitation*. Dalam kajian stok ikan akan menghadapi besaran nilai stok ikan yang bersifat dinamis dan ketidakpastian populasi yang benar, maka hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari beberapa peneliti akan berbeda-beda. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa stok ikan adalah kuantitas yang berubah, secara umum terjadi penyusutan stok ikan ditimbulkan oleh 2 penyebab

utama, yaitu akibat kegiatan manusia (*anthropogenic causes*) dan akibat alam (*natural causes*). Kegiatan manusia yang menyebabkan terjadi penyusutan stok ikan antara lain 1) penangkapan ikan dengan menggunakan alat dan metode yang merusak; dan 2) penangkapan yang berlebih dan tidak seimbang tingkat pemanfaatan dengan kelestarian. Sedangkan akibat alam antara lain pemanasan global (*global warming*), fenomena alam lain seperti El-Nino, La-Nina, dan lain-lain. Charles (2001) mengatakan bahwa 2 sumber ketidakpastian dalam sistem perikanan, yaitu alam (besaran stok dan struktur umur, kematian alami, migrasi, dan parameter *stock recruitment*, interaksi dari multi spesies, dan interaksi lingkungan dengan ikan),

kegiatan manusia (perubahan teknologi, harga ikan dan struktur pasar, biaya operasional dan oportunitas, dan persepsi status stok). Caddy & Mcgarney (1996) telah menyimpulkan bahwa komponen ketidakpastian dialamatkan kepada tingkat kepercayaan struktur model dan pendugaan parameter (biomassa atau kelimpahan populasi, kematian alami dan penangkapan, dan kemampuan tangkap). Walters (1984) *diacu dalam* Badrudin & Blaber (2003) mengatakan bahwa manajemen perikanan dihadapkan kepada 3 jenis ketidakpastian, yaitu variasi alam lingkungan yang tidak dapat diramalkan dengan hasil yang memuaskan, kesalahan dalam pendugaan parameter model produksi, dan ada perubahan yang terus berlangsung dari parameter-parameter tersebut. Hilborn & Peterman (1996) *diacu dalam* Seijo *et al.* (1998) mengidentifikasi 7 sumber ketidakpastian dalam pendugaan stok perikanan, yaitu pendugaan kelimpahan stok, struktur model matematik pada perikanan, kapan pendugaan parameter model, kondisi lingkungan masa depan, respon pengguna terhadap regulasi, sasaran pengelolaan masa depan dan kondisi ekonomi, politik dan sosial. Freon (1986) mengatakan aplikasi model produksi surplus tidak cocok untuk stok ikan tertentu, karena variasi upaya penangkapan hanya menerangkan sebagian kecil dari variabilitas total dari hasil tangkapan tahunan. Kerap kali variabilitas sisa berasal dari pengaruh iklim yang mengganggu kelimpahan stok dan koefisien kemampuan tangkap. Marr (1981) mengatakan bahwa perikanan tropis sebagaimana telah diketahui, sebagai usaha perikanan yang *multi species*. Sedangkan teori dinamika populasi ikan merupakan alat pengelolaan utama yang dikembangkan dari usaha perikanan 1 jenis ikan di daerah beriklim sedang, tidak dapat diterapkan dengan sempurna pada perikanan tropis *multi species*.

Model regresi produksi surplus yang dikembangkan oleh Walters & Hilborn (1976) *dalam* Hilborn & Walters (1992); Schnute (1977) *dalam* Hilborn & Walters (1992) adalah tipe ke-3 setelah Schaefer (1954); Pella & Tomlinson (1969) *dalam* Hilborn & Walters (1992); Fox (1975) *dalam* Hilborn & Walters (1992), di mana model Walters & Hilborn menggunakan versi *discrete*, sedangkan Schnute melalui prosedur integrasi. Pendugaan parameter produksi surplus dari fungsi Gompertz oleh Clarke *et al.* (1992) adalah versi ke-2 setelah Fox (1975). Model ini dapat memberi suatu uraian yang bermanfaat tentang suatu perikanan dan aplikasi memberi gambaran keseimbangan bagi spesies berumur pendek sebagaimana ikan pelagis kecil.

Pada model Walters & Hilborn dan Schnute dapat memperlihatkan *chaotic behavior* untuk nilai r (laju pertumbuhan intrinsik) yang tinggi, sedangkan pada nilai r dan $q \cdot E$ rendah, model ini tidak jauh berbeda dengan

Schaefer model (Fauzi, 1999). Penggunaan tingkat upaya penangkapan sama (E_t) untuk masing-masing spesies akan memperoleh ketidaksesuaian yang mencolok antara kurva pertumbuhan bersih stok setiap spesies dengan kecepatan perkembangan produksi. Aplikasi model produksi surplus berdasarkan pada spesies dapat menyebabkan hasil yang tidak menentu, sering ditemukan dalam *other mixed species* perikanan tropis (Pauly, 1979 *diacu dalam* Hilborn & Waters, 1992).

Tujuan tulisan ini mencoba menganalisis kembali berbagai kemungkinan dari kombinasi data yang tersedia, untuk memperlihatkan dalam pendugaan stok ikan dengan menggunakan model produksi surplus akan diperoleh ketidakstabilan tingkat (*maximum sustainable yield*) akibat perubahan dari parameter-parameter yang dihasilkan. Pendekatan dinamika biomassa dan mortalitas penangkapan maksimum (F_{MSY}) untuk menggambarkan kondisi sumber daya ikan pelagis kecil di Laut Jawa.

BAHAN DAN METODE

Ikan-ikan pelagis kecil di Laut Jawa ditangkap dengan menggunakan berbagai jenis alat tangkap baik di perairan pantai maupun di perairan lepas pantai, di mana sebagian besar produksi berasal dari armada pukat cincin. Lima spesies utama hasil tangkapan kapal pukat cincin, yaitu ikan layang (*Decapterus russelli* dan *Decapterus macrosoma*), bentong (*Selar crumenophthalmus*), banyar (*Rastrelliger kanagurta*), dan siro (*Amblygaster sirm*). Kelima spesies tersebut memberi kontribusi lebih dari 90%, kecuali di wilayah penangkapan utara Jawa Tengah sampai dengan Kepulauan Karimunjawa kurang dari 70 % (Atmaja & Sadhotomo, 2000).

Data hasil tangkapan dan upaya penangkapan perikanan pukat cincin komersial dikumpulkan di pangkalan Pekalongan dan Juana selama periode tahun 1976 sampai dengan 2004. Data produksi pukat cincin di ke-2 tempat tersebut mewakili sekitar 30% dari produksi 5 kategori komersial pelagis kecil di seluruh Laut Jawa dan 45% dari seluruh produksi perikanan pukat cincin di Laut Jawa dan sekitar. Rendah kontribusi produksi pukat cincin tersebut akibat *trend* yang berlawanan antara produksi pukat cincin dengan statistik perikanan Indonesia (Lampiran 1).

Untuk mengetahui perubahan stok ikan per waktu setelah dilakukan penangkapan dalam penelitian ini menggunakan 2 cara, yaitu model produksi surplus Schaefer dan prosedur (Clarke *et al.*, 1992). Pada model Schaefer, laju pertumbuhan bersih stok ikan digambarkan sebagai fungsi logistik, sedangkan pada

Clarke *et al.* (1992) laju pertumbuhan bersih stok ikan diasumsikan sebagai fungsi Gompertz.

Perubahan stok ikan per waktu akibat penangkapan adalah selisih antara laju pertumbuhan stok dikurangi dengan hasil tangkapan (C) secara matematik dapat ditulis, fungsi logistik:

$$F(B) = \partial B / \partial t = rB_t(1 - B_t/K) - C \dots\dots\dots (1)$$

fungsi gompertz:

$$F(B) = \partial B / \partial t = rB_t \ln(K/B_t) - C \dots\dots\dots (2)$$

Pendugaan parameter produksi surplus (r, q, dan K) secara terpisah menggunakan prosedur Walters & Hilborn (1976) *diacu dalam* Hilborn & Walters (1992) dan (Clark *et al.*, 1992).

Pendekatan Walters & Hilborn (1976) diacu dalam Hilborn & Walters (1992) sebagai berikut:

$$(U_{t+1}/U_t) - 1 = r - (r/qK)U_t - q E_t Y = \beta_0 - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 \dots\dots\dots (3)$$

Pendekatan Clarke *et al.* (1992) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln(U_{t+1}) &= 2r/(2+r)\ln(qK) + (2-r)/(2+r)\ln(U_t) - q/(2+r)(E_t + E_{t+1}) \\ \text{atau} \\ Y &= \beta_0 + \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

Fungsi produksi ($C = q \cdot B \cdot E$) diformulasikan untuk penggunaan model *sustainable yield* dalam jangka panjang dan biomassa (B) dalam persamaan tersebut adalah fungsi jangka panjang dari upaya penangkapan, di mana suatu kenaikan upaya penangkapan akan menyebabkan penurunan biomassa (Doll, 1988). Dalam notasi sederhana tersebut tidak diungkapkan asumsi sama dengan konsentasi ikan di daerah penangkapan.

Estimasi biomassa, pada kondisi pertumbuhan biomassa ikan sama dengan hasil tangkapan dari persamaan 1 diperoleh hubungan linier antara upaya penangkapan dengan biomassa, yakni:

$$B = K - (K \cdot q / r) \cdot E \dots\dots\dots (5)$$

dan persamaan 2 diperoleh hubungan eksponensial, yakni:

$$B = K \cdot \text{EXP}(-q \cdot E / r) \dots\dots\dots (6)$$

di mana:

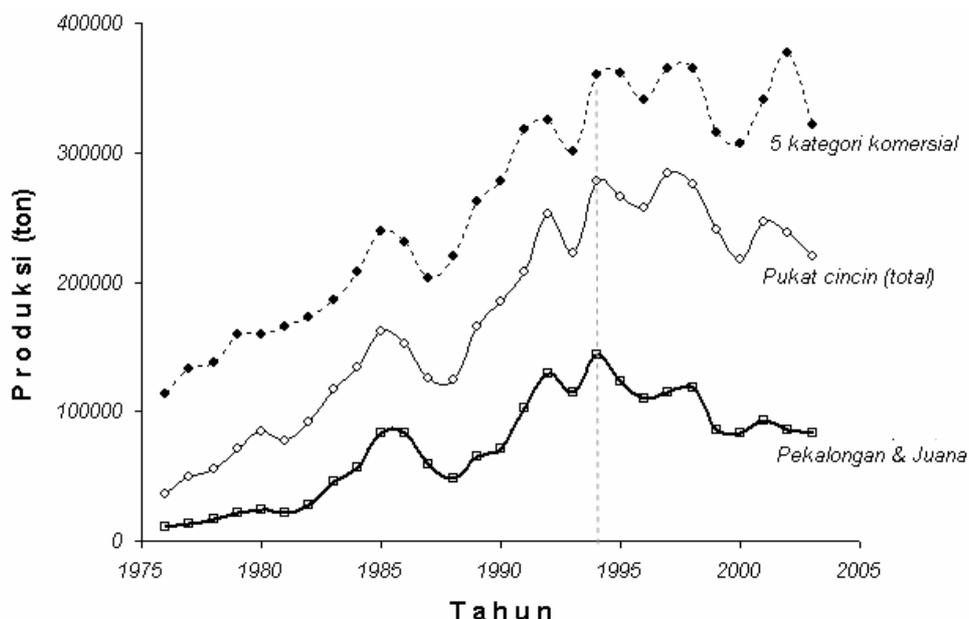
- C = hasil tangkapan
- q = koefisien kemampuan tangkap

- E = upaya penangkapan
- B = biomassa
- F = mortalitas penangkapan
- U = hasil tangkapan per upaya penangkapan (*catch per unit of effort*)
- r = laju pertumbuhan intrinsik
- K = *enviromental carrying capacity*

HASIL DAN BAHASAN

Hasil kajian stok ikan pelagis berdasarkan pada data hasil tangkapan dan upaya penangkapan runtun waktu tahun 1975 sampai dengan 1979 (sebelum pelarangan alat tangkap *trawl*, di mana sebagian besar kapal pukat cincin beroperasi di daerah penangkapan tradisional) diperoleh nilai potensi ikan pelagis 290.000 sampai dengan 391.000 ton per tahun (Bailey *et al.*, 1987), angka potensi tersebut adalah kisaran nilai *maximum sustainable yield* yang dihitung dengan model Schaefer dan Gulland-Fox. Hasil perhitungan dengan model yang sama (dari sumber data hasil tangkapan dan upaya penangkapan runtun waktu tahun 1975 sampai dengan 1981. Produksi tertinggi terjadi pada tahun 1981, yaitu 227.700 ton) diperoleh kisaran nilai *maximum sustainable yield* 261.000 sampai dengan 312.000 ton (Dwiponggo, 1983). Kemudian hasil kajian stok tahun 2000, diperoleh nilai dugaan potensi pelagis di Laut Jawa dan Selat Sunda, yaitu 340.000 ton (Sumadiharga, 2000). Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (2004) mengatakan laju eksploitasi ikan pelagis kecil sekitar 1,5 (potensi = 340.000 ton dan produksi = 507.530 ton). Dari kajian tersebut tercermin bahwa stok ikan bersifat konstan dan tidak terlihat nyata kenaikan produksi ikan pelagis sebelum dan setelah pelarangan *trawl* dan dampak dinamika perikanan, yaitu perubahan yang terjadi pada perikanan pukat cincin baik kapasitas penangkapan (ukuran kapal dan termasuk kekuatan mesin), maupun ekspansi daerah penangkapan dan peningkatan efisiensi penangkapan melalui penggunaan cahaya (lampu sorot) sebagai alat bantu pengumpul ikan menggantikan peranan rumpon.

Berdasarkan pada data statistik perikanan Indonesia selama runtun waktu tahun 1976 sampai dengan 2003 memperlihatkan *trend* perkembangan produksi 5 kategori komersial (layang, selar, lemuru, tembang, dan kembung) naik 2 kali lipat dari periode sebelum pelarangan *trawl*, produksi perikanan pukat cincin di Laut Jawa dan sekitar naik 3 kali lipat, serta produksi perikanan pukat cincin di Pekalongan dan Juwana naik 4 kali lipat (Gambar 3).



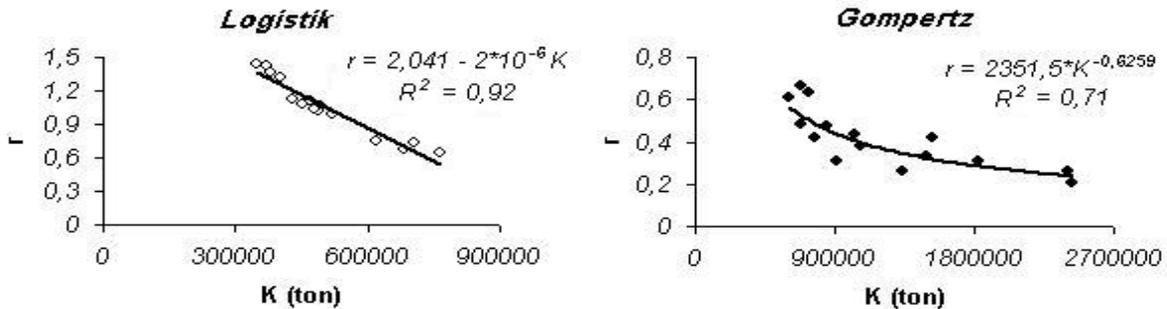
Gambar 1. *Trend* produksi 5 kategori komersial utama (layang, selar, lemuru, tembang, dan kembung), produksi perikanan pukat cincin di Laut Jawa dan sekitar, serta produksi perikanan pukat cincin di Pekalongan dan Juwana.

Figure 1. *Trend* production of five commercially category (scads, trevallies or yellow strip trevallies, spotted sardine, fringescale sardinella, and Indo-Pacific mackerels), production of purse seine in the Java Sea and adjacent waters, and production of purse seine in Pekalongan and Juwana landing site.

Pada Gambar 3 memperlihatkan pola fluktuasi produksi dari Pekalongan dan Juwana dan perikanan pukat cincin di seluruh Laut Jawa dan sekitar mempunyai kemiripan, tetapi jika diperhatikan fluktuasi produksi mempunyai kejadian puncak berbeda. Pada produksi yang berasal dari Pekalongan dan Juwana terjadi pada tahun 1994 dan telah mencapai kestabilan jangka panjang, sedangkan produksi perikanan pukat cincin di seluruh Laut Jawa dan sekitar telah mencapai kestabilan berlangsung pada tahun 1998, selanjutnya produksi menurun. Produksi dari 5 kategori komersial berlangsung pada tahun 1997 sampai dengan 1998, selanjutnya produksi menurun dan naik kembali pada tahun 2002 yang lebih besar dari puncak tahun sebelum. Hal ini, dapat diartikan bahwa produksi dari 5 kategori komersial belum mencapai stabilitas. Apabila *catch per unit of effort* kapal pukat cincin Pekalongan dan Juwana digunakan sebagai upaya penangkapan baku, maka akan diperoleh kenaikan upaya penangkapan yang tidak dibarengi dengan penurunan hasil tangkapan. Hal ini, tentu berlawanan dengan kenaikan upaya penangkapan perikanan pukat cincin dibarengi *trend* hasil tangkapan yang menurun.

Laju Pertumbuhan Fungsi Logistik vs Gompertz

Perubahan kelimpahan stok ikan dipengaruhi 3 parameter dari produksi surplus, yaitu pertumbuhan intrinsik (r), *carring capacity* (K), koefisien kemampuan tangkap (q), ke-3 parameter ini sangat menentukan besaran stok ikan dan hasil tangkapan. Dari kombinasi data yang tersedia (Lampiran 1) diperoleh nilai laju pertumbuhan intrinsik (r) dan kelimpahan stok ikan (K) sangat bervariasi, di mana ke-2 parameters tersebut merupakan pasangan yang saling berkaitan. Kelimpahan stok ikan yang semakin besar akan diikuti dengan laju pertumbuhan intrinsik semakin kecil dan sebaliknya (Gambar 1 dan Lampiran 2). Besaran biomassa dan tingkat C_{MSY} dari metode gompertz lebih tinggi dibandingkan dengan metode logistik, sebaliknya tingkat E_{MSY} memperlihatkan bahwa lebih rendah dari metode gompertz dibandingkan dengan metode logistik (Tabel 1 dan 2). Dengan demikian, ke-2 metode tersebut diperoleh tingkat *maximum sustainable yield* (C_{MSY} dan E_{MSY}) yang tidak stabil.



Gambar 2. Hubungan laju pertumbuhan intrinsik (r) dengan kelimpahan stok ikan (K), logistik: $345.000 < K < 766.000$ dan $0,65 < r < 1,44$; gompertz: $679.000 < K < 2430000$ dan $0,2 < r < 0,64$.

Figure 2. Relationship between intrinsic of growth (r) and stock fish abundance (K), logistic: $345,000 < K < 766,000$ and $0.65 < r < 1.44$; gompertz: $679,000 < K < 2,430,000$ and $0.2 < r < 0.64$.

Nilai r dan K pada model produksi surplus lebih berasosiasi dengan osilasi perkembangan produksi daripada laju pertumbuhan populasi yang benar. Pertumbuhan organisme adalah hasil proses sangat kompleks yang berkaitan dengan faktor abiotik dan biotik lingkungan, interaksi spesies (pemangsaan dan kompetisi), dan perubahan struktur komunitas (Krebs, 1985). Laju pertumbuhan alami stok tergantung pada besaran stok ikan dan parameter lingkungan. Pada kondisi perairan tanpa dipengaruhi faktor *exogeneous* dan *endogeneous*, secara biologi kombinasi r dan K dapat menerangkan persaingan ruang dan makanan yang tersedia. Freon (1986) mengatakan bahwa 3

kemungkinan yang dapat mempengaruhi stok, yaitu r tetap dan K berubah, r berubah, dan K tetap atau slope konstan (r dan K berubah).

Bagaimana hasil tangkapan mempengaruhi populasi ikan, secara matematik dapat dihitung melalui perubahan biomassa. Dari beberapa parameter produksi surplus dipilih yakni parameter produksi surplus (periode tahun 1988 sampai dengan 2003, tahun 1989 sampai dengan 2003, tahun 1990 sampai dengan 2003, dan tahun 1991 sampai dengan 2003) mewakili parameter yang terkecil-terbesar dari fungsi pertumbuhan logistik (Tabel 1) dan fungsi pertumbuhan gompertz (Tabel 2).

Tabel 1. Parameter produksi surplus (model Logistik) berdasarkan pada Gambar 1
Table 1. Parameter of surplus production (Logistic model) based on Figure 1

Periode/Period	K (x 1.000 ton)	r	q (x 10 ⁻⁶)	C _{MSY} (x 1.000 ton)	B _{MSY} (x 1.000 ton)	E _{MSY} (x 1.000 hari)	Keterangan/Remarks
	508	1,05	8,3	133	254	63	WHrata-rata
1988-2003	707	0,74	6,6	131	353	56	WH1
1989-2003	491	1,07	8,9	130	245	60	WH2
1990-2003	470	1,11	9,12	130	235	61	WH3
1991-2003	373	1,42	1,14	132	186	62	WH4

Keterangan/Remarks: $C_{MSY} = r \cdot K / 4$, $E_{MSY} = r / 2 \cdot q$, $B_{MSY} = K / 2$

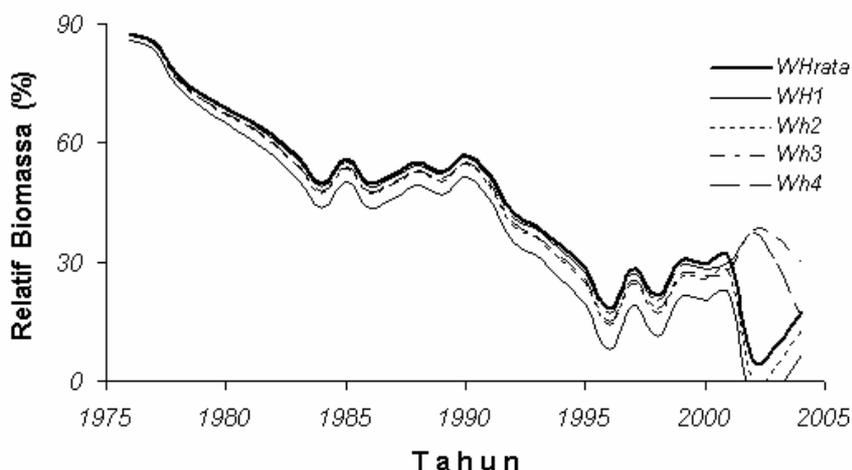
Tabel 2. Parameter produksi surplus (model Gompertz) berdasarkan pada Gambar 1
Table 2. Parameter of surplus production (Gompertz model) based on Figure 1

Periode/Period	K (x 1.000 ton)	r	q (x 10 ⁻⁶)	C _{MSY} (x 1.000 ton)	B _{MSY} (x 1.000 ton)	E _{MSY} (x 1.000 hari)	Keterangan/Remarks
	1.195	0,414	9,94	182	440	42	CYPrata-rata
1988-2003	2.427	0,206	6,57	184	893	31	CYP1
1989-2003	1.486	0,334	9,67	182	547	35	CYP2
1990-2003	1.028	0,433	1,13	164	378	38	CYP3
1991-2003	736	0,637	1,64	172	270	38	CYP4

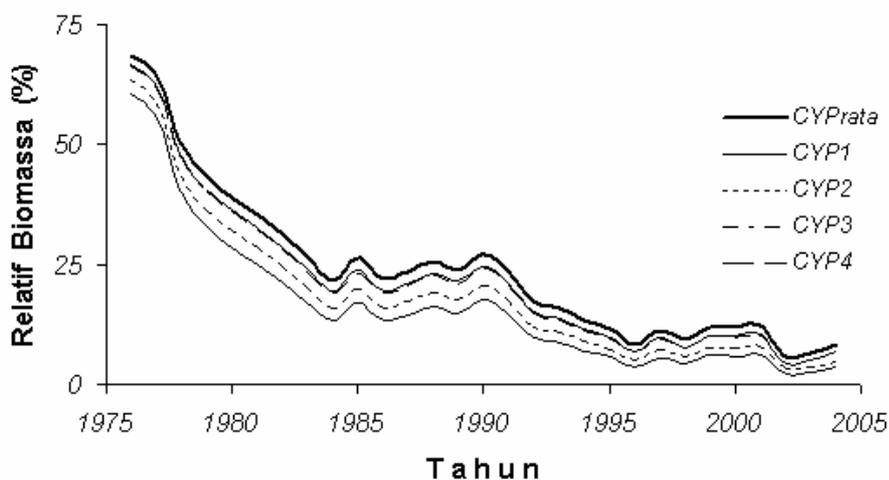
Keterangan/Remarks: $C_{MSY} = r \cdot K \cdot \text{Exp}(-1)$, $E_{MSY} = r / q$, $B_{MSY} = K \cdot \text{Exp}(-1)$

Pada Gambar 2 memperlihatkan *trend* biomassa dari fungsi pertumbuhan logistik, di mana besaran biomassa yang belawan pada tahun 2003, pada nilai laju pertumbuhan (r) rendah (WH1 dan WH2) menunjukkan biomassa cenderung koleps, sebaliknya nilai r yang tinggi (WH3 dan WH4) menunjukkan biomassa

cenderung pulih sementara dan biomassa tersisa 7 sampai dengan 30% (Gambar 3). Sedangkan Gambar 4 memperlihatkan *trend* biomassa dari fungsi pertumbuhan gompertz cenderung menurun terus dan hanya tersisa sekitar 3,5 sampai dengan 8%.



Gambar 3. Dinamika biomassa berdasarkan pada Tabel 1 (logistik).
Figure 3. Biomass dynamics based on Table 1 (logistic).



Gambar 4. Dinamika biomassa berdasarkan pada Tabel 2 (Gompertz).
Figure 4. Biomass dynamics based on Table 2 (Gompertz).

Tingkat B_{MSY} untuk metode Gompertz (37% dari biomassa awal) telah tercapai pada kurun waktu tahun 1978 sampai dengan 1981 dan untuk metode logistik (50% dari biomassa) tercapai pada kurun waktu tahun 1990 sampai dengan 1992. Dari kejadian B_{MSY} dan E_{MSY} menunjukkan perkembangan *catch effort* perikanan pukat cincin lebih cenderung mengikuti fungsi pertumbuhan logistik daripada fungsi pertumbuhan gompertz (lihat Gambar 1).

Penurunan biomassa tersebut didukung juga oleh peningkatan rata-rata hari beroperasi dan nelayan merasakan semakin sulit menemukan gerombolan ikan. Gerombolan ikan berada di suatu daerah penangkapan hanya dalam waktu singkat, sehingga nelayan sering berpindah-pindah daerah penangkapan untuk memperoleh hasil tangkapan yang memadai. Sinyal lain penurunan stok ikan pelagis kecil juga ditunjukkan oleh rendah produktivitas kapal pukat cincin yakni hasil

tangkapan hanya separuh kapasitas volume palka (Atmaja, 2002), peningkatan hasil tangkapan ikan ayam-ayaman (leather jacket, *Aluterus monoceros*) yang didaratkan di tempat pendaratan ikan Pekalongan dari 4.576 ton (tahun 2002) menjadi 7.344 ton (tahun 2004). Dua tahun terakhir, substitusi alat tangkap (kapal pukat cincin mengganti alat tangkap dengan cantrang) menunjukkan laju eksploitasi sumber daya ikan pelagis kecil lebih besar dibandingkan dengan laju eksploitasi ikan demersal. Indikator lain, setelah ekspansi daerah penangkapan pukat cincin semi industri berlangsung lebih dari 20 tahun, nelayan tradisional di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur merasakan bahwa banyak kapal pendatang beroperasi menyebabkan hasil tangkapan menurun drastis. Pada akhir tahun 2004, relokasi usaha perikanan mandiri, 8 kapal pukat cincin yang berasal dari Pontianak dan Pekalongan berpindah *fishing base* ke Bitung (Sulawesi Utara), kemudian diikuti oleh beberapa kapal pukat cincin lain. Beroperasi di perairan Laut Maluku dan Laut Sulawesi.

Implikasi Pengelolaan

Sejauh ini, evaluasi eksploitasi sumber daya ikan lebih difokuskan terhadap status stok dan kerangka pengelolaan hanya mengacu pada kriteria angka potensi (cenderung tidak berubah) dan *maximum sustainable yield*, tanpa memperhatikan variabilitas lingkungan global terhadap sumber daya perikanan serta dinamika perikanan yang terjadi. Instrumen pengelolaan melalui konvensional *input control* upaya penangkapan dan ukuran mata jaring (*mechanical selection*), tidak termasuk pembatasan berusaha (*limited entry*), yaitu membatasi jumlah modal, tenaga kerja, dan taktik penangkapan, maka wajar terjadi *miss management*. Selain itu, perikanan pukat cincin telah mencapai titik jenuh lebih 10 tahun yang lalu. Durand & Widodo (1997) menyimpulkan tingkat eksploitasi perikanan pukat cincin telah mencapai ambang krisis, yang lebih bersifat sosial ekonomi dari pada bersifat biofisik akibat eksploitasi, yaitu perluasan daerah penangkapan telah mencapai maksimum (hampir seluruh daerah penangkapan di Laut Jawa dan Laut Cina Selatan telah dieksploitasi), pendapatan per kapal menurun (tidak seimbang kenaikan biaya pembekalan dengan nilai jual ikan yang tidak berubah banyak), stagnasi hasil tangkapan pada periode tahun 1992 sampai dengan 1995 menunjukkan bahwa seluruh daerah penangkapan telah dieksploitasi dan hasil tangkapan telah mencapai keseimbangan *maximum sustainable yield*. Sementara itu, secara alamiah nelayan merespon penyusutan stok ikan dengan merekayasa perlengkapan alat bantu penangkapan dengan teknologi yang lebih maju, sedangkan sikap para perencanaan perikanan, pengembangan usaha perikanan dilakukan melalui

peningkatan kemampuan kapal dan perbaikan teknologi alat penangkapan ikan daripada pengelolaan atau pengendalian pemanfaatan. Peningkatan upaya penangkapan (baik jumlah kapal maupun teknologi penangkapan) yang tidak terkendali tersebut, tidak hanya sumber daya ikan yang terkuras, tetapi juga eksploitasi perikanan menjadi tidak efisien secara ekonomi dalam penggunaan tenaga kerja dan modal.

Pendekatan *maximum sustainable yield* bagi pengelolaan perikanan telah mengalami banyak kritik tajam, sebab selain ketidakstabilan *maximum sustainable yield* itu sendiri, *maximum sustainable yield* juga tidak memiliki basis logis pada saat terjadi interaksi antarspesies (Fauzi & Anna, 2005). Dari hasil penelitian ini membuktikan sumber daya perikanan adalah sumber daya bersifat dinamis. Besaran biomassa dan tingkat C_{MSY} dari metode Gompertz lebih tinggi dibandingkan dengan metode logistik, sebaliknya tingkat E_{MSY} memperlihatkan bahwa lebih rendah dari metode Gompertz dibandingkan dengan metode logistik.

Di bawah *open access* motivasi perusahaan atau nelayan keuntungan yang sebesar-besarnya yang menjadi faktor dalam menentukan tanggapan terhadap peraturan. Selama ini, kontrol *input effort* pada perikanan pukat cincin dilakukan langsung oleh nelayan dan individu pemilik kapal. Secara alamiah, nelayan akan merespon penurunan stok ikan dengan merekayasa peningkatan kemampuan tangkap kapal, ukuran kapasitas kapal, jaring dan taktik penangkapan (peningkatkan kemampuan tangkap dengan perlengkapan teknologi yang lebih maju). Dengan demikian, masuk keluar kapal (upaya penangkapan) pada usaha perikanan tidak bersifat statis, upaya penangkapan bergerak mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi pada sumber daya dan faktor eksternal lain. Pada tingkat biomassa tidak dapat mendukung pada tingkat upaya penangkapan yang sedang berjalan, maka upaya penangkapan akan berkurang secara alami. Martosubroto (2005) mengusulkan perubahan paradigma *open access* ke *limited access*, khusus bagi pengelolaan perikanan untuk kapal di bawah 30 GT karena izin penangkapan yang diberikan tidak ada terbatas. Namun demikian, pada kondisi stok ikan pelagis saat ini, pengendalian upaya penangkapan dan hasil tangkapan tidak mungkin dilakukan dengan suatu solusi yang sederhana. Pembatasan jumlah kapal jelas tidak akan efektif sebagai metode kontrol upaya penangkapan tanpa ada kontrol tambahan terhadap kapasitas penangkapan individu dan tak tik penangkapan.

Perikanan pelagis kecil di Laut Jawa telah dihadapkan pada masalah kelebihan kapasitas penangkapan dan

dinamika alokasi upaya penangkapan. Penerapan pengelolaan perikanan (*fisheries management*) melalui pengendalian kegiatan penangkapan pada daerah padat tangkap, pemulihan produktivitas sumber daya ikan dan pengendalian pemanfaatan lingkungan sumber daya ikan. Kuota hasil tangkapan dan pembatasan upaya penangkapan dapat mengurangi *over exploitation*, tetapi regulasi pada perikanan pukat cincin juga harus memperhitungkan kenyataan perikanan saat ini seperti a) rata-rata hasil tangkapan jauh lebih rendah dari kapasitas kapal; b) pengurangan subsidi bahan bakar minyak berpengaruh langsung terhadap aktivitas perikanan; dan c) ketidakberdayaan nelayan keluar dari usaha perikanan akibat kesulitan alternatif pekerjaan lain. Rasionalisasi upaya penangkapan akibat semakin terbatas stok ikan pelagis kecil dan kenaikan biaya operasional menimbulkan konsekuensi sosial ekonomi, bagaimana memindahkan sejumlah besar anak buah kapal.

Negara berkewajiban mencegah terjadi *overfishing* dan kapasitas penangkapan yang berlebihan, serta mengimplementasikan peraturan sehingga tingkat upaya penangkapan seimbang dengan kapasitas produksi dari sumber daya dalam rangka pemanfaatan secara berkelanjutan (*code of conduct for responsible fisheries*, pasal 6, ayat 3). Dalam rangka implementasi UU 31/2004 tentang perikanan telah melahirkan rencana pengelolaan perikanan Laut Jawa. Upaya pemerintah penerapan rencana pengelolaan perikanan gencar membentuk iklim berusaha perikanan tangkap dengan penataan perizinan yang semakin ketat, serta pembatasan daerah penangkapan. Sebagaimana tertuang dalam rumusan *workshop* rencana pengelolaan perikanan Laut Jawa yakni menutup secara bertahap penambahan kapal penangkapan baru khusus untuk kapal-kapal >30 GT dan pengalihan kapal penangkapan ke arah kawasan perairan timur Indonesia atau mendorong pengalihan daerah penangkapan ke wilayah pengelolaan perikanan yang dalam kondisi *under exploited*.

Relokasi usaha perikanan mandiri kapal pukat cincin ke *fishing base* Bitung dan Bengkulu harus memperhitungkan kecemburuan sosial yang akan timbul dari nelayan lokal, karena penyebab eksternal dari penurunan hasil tangkapan akan dialamatkan kepada nelayan pendatang. Oleh karena itu, daerah penangkapan pada umumnya berasosiasi di sekitar pulau-pulau, maka perizinan penangkapan ikan secara jelas dan tegas melarang kapal pendatang beroperasi di Teluk Tomini, selanjutnya bukti-bukti aktivitas penangkapan didokumentasikan dengan baik dan dapat diperlihatkan bahwa tidak beroperasi di daerah penangkapan yang sama dengan nelayan lokal.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Besaran stok ikan bersifat dinamis dan ketidakstabilan tingkat *maximum sustainable yield*. Dari tingkat biomassa 50% (B_{MSY}) dan upaya penangkapan (E_{MSY}) menunjukkan penyebaran data perkembangan perikanan pukat cincin lebih cenderung mengikuti pertumbuhan logistik dari pada pertumbuhan Gompertz.
2. Situasi perikanan pukat cincin di Laut Jawa telah mengalami titik jenuh di mana hasil tangkapan turun drastis. Rekayasa peningkatan alat bantu penangkapan dengan teknologi yang lebih maju sebagai indikator respon terhadap penyusutan stok ikan.
3. Kebijakan berdasarkan pada titik acuan kriteria angka potensi dan *maximum sustainable yield* tanpa mengetahui laju pertumbuhan stok ikan dan dinamika perikanan akan terjadi *mismanagement* baik bagi keberlanjutan stok ikan maupun bagi keberlangsungan usaha perikanan itu sendiri, karena tingkat *maximum sustainable yield* telah tercapai pada kurun waktu tahun 1992 sampai dengan 1995. Pengelolaan perikanan baik berdasarkan pada indikator kondisi *trend* biomassa, perubahan teknologi penangkapan dan kapasitas penangkapan.
4. Penurunan aktivitas penangkapan dan substitusi alat tangkap (kapal pukat cincin mengganti alat tangkap dengan cantrang) menunjukkan masuk keluar kapal (upaya penangkapan) pada usaha perikanan tidak bersifat statis, upaya penangkapan bergerak mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi pada sumber daya ikan dan faktor eksternal lain.

Persantunan:

Hasil dari kegiatan riset: Perubahan Upaya, Hasil Tangkapan, dan Biologi Populasi Ikan Pelagis Kecil di Laut Cina Selatan, Laut Jawa, dan Selat Makassar T.A. 2005 di Balai Riset Perikanan Laut

DAFTAR PUSTAKA

- Atmaja, S. B. 2002. *Dinamika perikanan purse seine di Laut Jawa dan sekitar*. Tesis Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 62 hal (tidak dipublikasikan).

- Atmaja S. B. & B. Sadhotomo. 2000. Variasi geografis hasil tangkapan pukat cincin di bagian selatan Paparan Sunda. *Prosiding Seminar Keanekaragaman Hayati Ikan*. Pusat Studi Ilmu Hayati Institut Pertanian Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 221-218.
- Badrudin & S. Blaber. 2003. Pengkajian stok sumber daya ikan kakap merah di perairan Laut Arafuru dan Laut Timor. *Prosiding Forum Pengkajian Stok Ikan Laut 2003*. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. 47-56.
- Bailey, C. A. Dwiponggo, & F. Marahuddin. 1987. Indonesian marine capture fisheries. ICLARM Studies and reviews. 10. 196 p.
- Caddy, J. F. & R. Mearns. 1996. Targets or limits for management of fisheries. *North American Journal Fisheries Management*. American Fisheries Society. Vol.16 (3): 479-487.
- Charles, T. A. 2001. *Sustainable fishery systems*. Blackwell Science Ltd. London. 370 p.
- Clarke, R. P., S. S. Yoshimoto, & S. G. Pooley. 1992. A bioeconomic analysis of the North-Western Hawaiian Islands. Lobster Fishery. *Marine Resources Economics*. 7 (2): 115-140.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. 2004. Pencapaian pembangunan perikanan tangkap tahun 2001 sampai dengan 2003. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. 57 p.
- Doll, J. 1988. Tradisional economic models of fishing vessels: A review with discussion. *Marine Resource Economics*. Vol (5): 99-123.
- Durand, J. R. & J. Widodo. 1997. Final report Java Sea pelagic fishery assessment project (ALA/INS/87/17). AARD-ORSTOM/EEC. Sci. and Tech. Doc. No.26. 76 p.
- Dwiponggo, A. 1983. Pengkajian sumber daya perikanan laut di Laut Jawa. Laporan Penelitian Perikanan Laut. No.28: 13-33.
- Fauzi, A. 1999. An econometric analysis for the surplus production model and its application for tropical fisheries. Working paper Institute of Fisheries Analysis. Simon Fraser University. British Columbia. Canada. 18 p.
- Fauzi, A. & Anna, S. 2005. *Pemodelan sumber daya perikanan dan kelautan untuk analisis kebijakan*. Gramedia. Jakarta. 335 p.
- Freon, P. 1986. *Introduction of environmental variables into global production models*. Inst. Symp. Long Term Changes Marine Fisheries Pop. Vigo. 481-528.
- Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics, and uncertainty*. Chapman and Hall. New York. London. 570 p.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row. Publishers. New York. 800 p.
- Marr, J. C. 1981. Southeast Asian marine fishery resources and fisheries. In C. Mac Andrews and L. S. Chia (Eds.) *Southeast Asian Seas*. McGraw-Hill International Book Company. Singapore. 75-109.
- Martosubroto, P. 2005. Menuju pengelolaan perikanan yang bertanggungjawab. Makalah disampaikan pada Forum Pengkajian Stok Ikan Laut 2005. Hotel Bintang. 27-28 Desember 2005.
- Seijo J. C., O. Defeo, & S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics: Theory, modeling, and management. FAO Fish. Tech. Paper 368. FAO-UN. 108 p.
- Sumadiharga, O. K. 2000. Potensi sumber daya perikanan Laut Indonesia. *Prosiding Seminar Kelautan*. 142-157.

Diterima tanggal: 3 Agustus 2005
Diterima setelah perbaikan tanggal: 29 Juni 2006
Disetujui terbit tanggal: 8 September 2006

Lampiran 1. Perkembangan produksi ikan dan upaya penangkapan pukat cincin di tempat pendaratan ikan Pekalongan dan Juwana, selama tahun 1976 sampai dengan 2004

Appendix 1. *The development of total production of fish and effort of purse seine in Pekalongan and Juwana landing place, during the periods 1976 to 2004*

Tahun/Year	Upaya penangkapan/ Fishing effort (Trip)	Upaya penangkapan/ Fishing effort (Hari)	Produksi/ Production* (ton)	Pukat cincin/Purse seine DGF** (ton)	5 kategori komersial/Five commercial category DGF*** (ton)
1976	3.930	15.720	10.899	35.839	116.968
1977	4.625	18.500	12.740	49.633	134.863
1978	5.760	28.800	17.236	56.122	140.784
1979	5.950	35.059	21.231	71.892	161.789
1980	5.918	39.236	24.303	84.474	162.812
1981	5.389	43.542	21.720	77.940	170.780
1982	5.935	48.492	28.273	91.277	178.739
1983	5.896	55.327	45.807	116.914	190.585
1984	5.709	63.511	56.264	134.357	213.011
1985	5.132	55.931	82.824	161.611	242.635
1986	4.702	63.484	83.003	152.673	233.574
1987	3.948	60.465	59.503	125.708	206.027
1988	3.709	56.865	47.884	124.141	223.548
1989	4.173	59.636	65.660	165.453	265.613
1990	3.914	54.532	71.903	185.191	280.872
1991	4.098	60.569	102.780	207.909	321.505
1992	4.537	73.221	129.719	252.609	326.115
1993	4.230	76.929	115.217	221.804	303.856
1994	4.476	83.525	144.200	278.010	362.270
1995	4.231	90.267	123.386	266.320	363.297
1996	4.538	103.283	110.278	256.909	345.205
1997	3.890	90.760	115.405	284.294	367.401
1998	4.331	99.370	118.077	275.423	371.343
1999	3.610	88.457	85.914	240.381	318.641
2000	3.304	89.244	82.952	217.531	311.871
2001	3.075	87.240	93.622	246.168	347.980
2002	4.134	120.296	85.337	237.740	384.977
2003	3.900	114.937	83.936	219.384	329.153
2004	3.547	104.559	79.029		

Keterangan/Remarks: * Produksi perikanan pukat cincin Pekalongan dan Juwana; ** Produksi perikanan pukat cincin; *** layang, kembang, lemuru, selar, dan tembang

Lampiran 2a. Parameter produksi surplus (model pertumbuhan logistik)
 Appendix 2a. Parameters of surplus production (logistic growth model)

Periode/Period	r	q (x 10 ⁻⁶)	K (x 1.000 ton)	Koefisien determinasi/Determinati coefisient R ²
1988-2001	0,648	5,56	766	0,34
1988-2002	0,672	5,09	684	0,34
1988-2003	0,741	6,61	707	0,44
1988-2004	0,746	5,87	618	0,33
1989-2001	0,989	8,08	520	0,65
1989-2002	1,013	7,82	489	0,64
1989-2003	1,068	8,90	491	0,71
1989-2004	1,074	8,17	451	0,63
1990-2001	0,992	8,10	518	0,56
1990-2002	1,04	8,00	480	0,56
1990-2003	1,107	9,12	470	0,65
1990-2004	1,128	8,50	429	0,62
1991-2001	1,316	10,6	402	0,56
1991-2002	1,365	10,73	381	0,59
1991-2003	1,42	11,40	373	0,58
1991-2004	1,438	10,75	348	0,58
Rata-rata	1,05	8,33	508	

Lampiran 2b. Parameter produksi surplus (model pertumbuhan gompertz)
 Appendix 2b. Parameters of surplus production (gompertz growth model)

Periode/Period	r	q (x 10 ⁻⁶)	K (x 1.000 ton)	Koefisien determinasi/ Determinati coefisient R ²
1988-2001	0,418	7,20	777	0,55
1988-2002	0,306	3,92	919	0,53
1988-2003	0,206	6,57	2.427	0,6
1988-2004	0,264	6,27	1.336	0,61
1989-2001	0,263	8,90	2.409	0,66
1989-2002	0,418	7,20	777	0,62
1989-2003	0,334	9,67	1.486	0,7
1989-2004	0,384	9,53	1.069	0,72
1990-2001	0,31	9,69	1.820	0,64
1990-2002	0,485	8,36	678	0,61
1990-2003	0,433	11,30	1.028	0,71
1990-2004	0,477	11,40	848	0,73
1991-2001	0,422	13,79	1.531	0,67
1991-2002	0,61	12,16	606	0,63
1991-2003	0,637	16,42	735	0,74
1991-2004	0,665	16,60	679	0,76
Rata-rata	0,415	9,94	1.195	