

MODEL MODEL SURPLUS PRODUKSI UNTUK

FISH STOCK ASSESSMENT

DILENGKAPI DENGAN PEDOMAN PRAKTIS

Oleh

Dr. FAUZIYAH, S.Pi

ARDANI, S.Pi., M.Si

FITRI AGUSTRIANI, S.Pi., M.Si

Dr. ERMATITA, M.Kom

APRIANSYAH PUTRA, M.Kom

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
SUMATERA SELATAN



MODEL-MODEL SURPLUS PRODUKSI UNTUK

FISH STOCK ASSESSMENT

Dilengkapi dengan Pedoman Praktis

Oleh:

Dr. FAUZIYAH, S.Pi

ARDANI, S.Pi., M.Si

FITRI AGUSTRIANI, S.Pi., M.Si

Dr. ERMATITA, M.Kom

APRIANSYAH PUTRA, M.Kom



MODEL-MODEL SURPLUS PRODUKSI UNTUK
FISH STOCK ASSESSMENT

Dilengkapi dengan Pedoman Praktis

Oleh:

Dr. FAUZIYAH, S.Pi

ARDANI, S.Pi., M.Si

FITRI AGUSTRIANI, S.Pi., M.Si

Dr. ERMATITA, M.Kom

APRIANSYAH PUTRA, M.Kom

Editor: Catur Sukono

Desain: Tim Halaman Moeka

Jakarta, Januari 2019

ISBN: 978-602-269-309-3

Halaman Moeka Publishing

Griya Taman Banjarwangi
Rt 1 Rw 7 B6 No.5
Banjarwangi Ciawi Bogor 16720
www.halamanmoeka.net

Jl. Manggis IV No. 2 RT/RW 07/04
Tanjung Duren Selatan
Grogol Petamburan Jakarta Barat
www.halamanmoeka.com

Sanksi Pelanggaran Pasal 72
Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana denda pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahNya buku ini dapat terbit tepat pada waktunya. Buku ini berisi tentang penilaian stok sumberdaya ikan berdasarkan “best-fitted model” dari model-model surplus produksi yang sering dipakai selama ini.

Substansi buku ini mencakup 5 (lima) hal, yaitu; 1) Pendahuluan; 2) Konsep dasar model surplus produksi; 3) Perhitungan potensi lestari berdasarkan 7 model surplus produksi; 4) Pemilihan model terbaik; dan 5) Penentuan status sumberdaya ikan. Buku ini merupakan teori dan aplikasi perhitungan model-model surplus produksi guna menilai potensi dan status eksploitasi sumberdaya ikan.

Akhirnya, kami berharap informasi yang tersedia pada buku ini dapat menjadi pedoman praktis bagi para pihak yang akan melakukan *stock assessment*. Kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan partisipasi dalam penyusunan publikasi ini, kami ucapkan terima kasih.

Desember 2018

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Urgensi Stock Assessment.....	1
1.2 Stock, Populasi, dan Rekrutmen	4
1.3 Mengapa Menggunakan Model Surplus Produksi.....	8
2 KONSEP DASAR MODEL SURPLUS PRODUKSI	12
2.1 Kebutuhan Data.....	12
2.2 Teori Umum Model Surplus Produksi.....	14
2.3 Jenis Model Surplus Produksi.....	24
2.3.1 Model Schaefer	28
2.3.2 Model Fox	32
2.3.3 Model Gulland	33
2.3.4 Model Pella dan Tomlinson.....	34
2.3.5 Model Walters dan Hilborn.....	35
2.3.6 Model Schnute	36
2.3.7 Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)	37
3 PERHITUNGAN POTENSI LESTARI	39
3.1 Penyiapan Data.....	39
3.1.1 Input data.....	40
3.1.2 Menghitung CPUE	40
3.1.3 Standarisasi alat tangkap	41
3.1.4 Menghitung CPUE standard	44
3.2 Perhitungan Potensi Lestari	45
3.2.1 Model Schaefer	48
3.2.2 Model Gulland	57
3.2.3 Model Walter-Hilborn	64
3.2.4 Model Pella & Tomlinson.....	67
3.2.5 Model Fox	79
3.2.6 Model Schnute	85
3.2.7 Model CYP.....	91

4	PENENTUAN MODEL TERBAIK	97
4.1	Perbandingan Antar Model.....	97
4.2	Penentuan Model Terbaik	104
4.2.1	Pemilihan kriteria model terbaik.....	104
4.2.2	Penentuan nilai kriteria model terbaik	116
5	STATUS STOK IKAN BERDASARKAN MODEL TERBAIK.....	124
5.1	Klasifikasi Status Stok Ikan	124
5.2	Perhitungan dan Pembuatan Plot Status Stok Ikan	144
	DAFTAR PUSTAKA.....	169

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Hasil tangkapan (dalam ton) ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016	40
Tabel 3.2	Jumlah trip penangkapan ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016	40
Tabel 3.3	CPUE ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016	41
Tabel 3.4	FPI penangkapan ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin.....	42
Tabel 3.5	Upaya penangkapan standar menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016	43
Tabel 3.6	CPUE standar ikan kembung menurut upaya penangkapan standar di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016	46
Tabel 4.1	Hasil pendugaan model surplus pproduksi	97
Tabel 4.2	Hasil tangkapan aktual dan hasil tangkapan ikan kembung menurut model-model surplus produksi.....	108
Tabel 4.3	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Schaefer	108
Tabel 4.4	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Gulland.....	109
Tabel 4.5	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Fox	111
Tabel 4.6	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Pella & Tomlinson.....	112
Tabel 4.7	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Schnute	113
Tabel 4.8	Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model CYP.....	114

Tabel 4.9	Nilai kriteria penilaian model surplus produksi terbaik	119
Tabel 4.10	Hasil penilaian model surplus produksi terbaik.....	121
Tabel 4.11	Evaluasi klasifikasi model surplus produksi terbaik	122
Tabel 4.13	Klasifikasi kriteria evaluasi model Fox menurut hasil uji validasi.....	123
Tabel 5.1	Klasifikasi status stok ikan yang disepakati secara nasional di Canada.....	130
Tabel 5.2	Klasifikasi status stok ikan yang disepakati secara nasional di Australia.....	132
Tabel 5.3	Klasifikasi status stok ikan menurut FAO.....	134
Tabel 5.4	Klasifikasi status stok ikan menurut Froese (2012).....	139
Tabel 5.5	Modifikasi klasifikasi status stok ikan.....	143
Tabel 5.6	Status stok ikan kembung di Banyuasin Tahun 2008-2016 berdasarkan model Fox.....	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Hubungan antara <i>stock assessment</i> dengan strategi pengelolaan.....	4
Gambar 1.2	Pertumbuhan ikan	7
Gambar 1.3	Kurva model surplus produksi.....	9
Gambar 4.1	Perbandingan kurva model-model surplus produksi.....	103
Gambar 5.1	Klasifikasi status stok ikan di Uni Eropa	128
Gambar 5.2	Konsep klasifikasi status stok ikan di Kanada.....	129
Gambar 5.3	Klasifikasi status stok ikan menurut Kobe Plot.....	131
Gambar 5.4	Perkembangan stok sumberdaya perikanan secara umum	
Gambar 5.5	Sistem klasifikasi stok ikan di Australia.....	134
Gambar 5.6	Klasifikasi status stok ikan menurut Froese and Kesner-Reyes (2002).....	137
Gambar 5.7	Overlay grafik stock status plots (SSP) antara katagori Grainger and Garcia (1996) dan Kleisner et al (2012)	138
Gambar 5.8	Klasifikasi status stok ikan menurut Carruthers et al, (2012).....	140
Gambar 5.9	Klasifikasi status stok ikan menurut Tsikliras et al, (2015).	140
Gambar 5.10	Klasifikasi status stok ikan menurut Beddington et al, (2007).....	141
Gambar 5.11	Plot status stok ikan hasil modifikasi	
Gambar 5.12	Plot status stok ikan kembang di Banyuasin Tahun 2008-2016 berdasarkan hubungan antara rasio C/Cmsy dan E/Eopt.	144
Gambar 5.13	Plot status stok ikan dan kondisi status perikanan yang paling ideal untuk menjamin keberlanjutan dalam jangka panjang.	159

Gambar 5.14 Plot status stok ikan kembung di Banyuasin Tahun 2008-2016
berdasarkan kurva model Fox..... 168

1.1 Urgensi Stock Assessment

Sumberdaya ikan dikenal dengan sumberdaya milik bersama (*common property*) sehingga sangat rentan terhadap terjadinya penangkapan berlebih (*overfishing*). Penangkapan berlebih didefinisikan sebagai kegiatan penangkapan yang dilakukan pada laju melebihi kemampuan stok ikan untuk melakukan pemulihan (Sparre & Venema, 1998). Oleh karena itu, sumberdaya ikan perlu dikelola secara tepat dan benar. Meskipun sumberdaya ikan tersebut termasuk sumberdaya ikan yang dapat diperbaharui, namun dapat mengalami kepunahan atau deplesi karena sumberdaya ikan memiliki kelimpahan yang terbatas sesuai dengan daya dukung lingkungannya.

Ditinjau dari aspek biologi, tujuan utama pengelolaan sumberdaya perikanan adalah melakukan upaya konservasi stok ikan agar terhindar dari gejala *overfishing* (King dan Ilgorm, 1989). Stok ikan didefinisikan sebagai kelompok individu, subset dari spesies, mempunyai parameter stok (populasi) yang sama, menempati wilayah geografi tertentu, dan tidak melakukan percampuran (minimal) dengan stok ikan di wilayah sekitarnya (Ihssen *et al.*, 1981). Tujuan tersebut dapat tercapai ketika tersedia berbagai *tools*,

termasuk kuota penangkapan, batasan ukuran layak tangkap, pembatasan alat tangkap, musim penangkapan dan penutupan daerah penangkapan. Selanjutnya, bagaimana memilih kombinasi *tools* yang tepat untuk mendukung pencapaian tujuan tersebut? Dalam rangka memilih pendekatan terbaik untuk mengelola stok ikan tentunya dibutuhkan berbagai informasi yang tepat dan akurat.

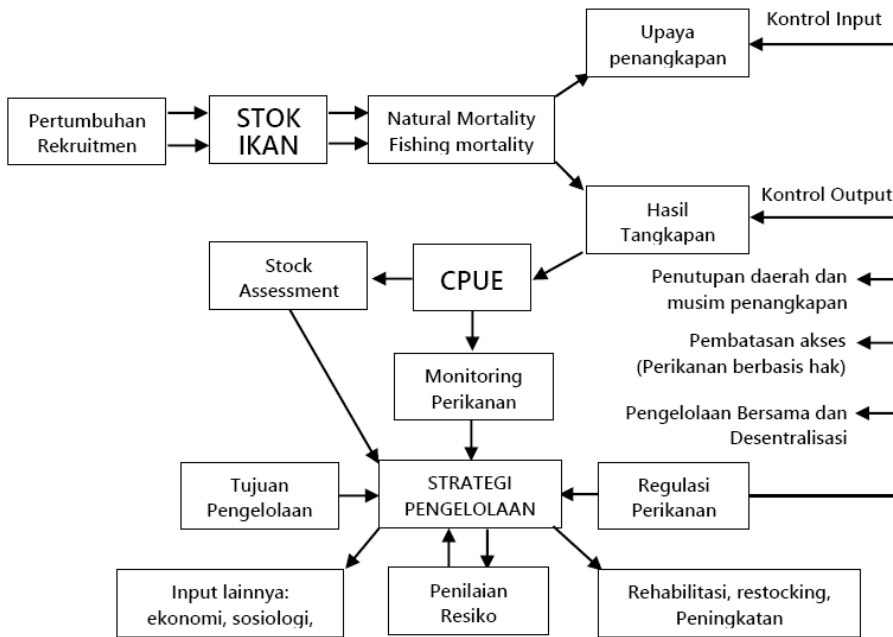
Stock assessment menyediakan berbagai informasi yang dibutuhkan terkait dengan alasan pemilihan pendekatan yang diambil untuk mengelola stok ikan agar tetap berkelanjutan di masa depan. Kajian stok sumberdaya perikanan menggambarkan status stok ikan pada waktu lampau dan saat ini, bahkan memprediksi bagaimana stok ikan tersebut akan merespon terhadap opsi pengelolaan saat ini dan di masa depan. Apakah peningkatan tekanan upaya penangkapan memiliki pengaruh negatif terhadap stok tahun berikutnya dan 10 tahun ke depan?

Stock assessment yang dilakukan secara komprehensif akan menyediakan berbagai informasi baik terkait dengan populasi ikan maupun perikanan. *Stock assessment* juga menggambarkan karakteristik *life history* spesies seperti: 1) informasi tentang umur (*age*), pertumbuhan (*growth*), kematian alami (*natural mortality*), kematangan seksual (*sexual maturity*) dan reproduksi; 2) batas-batas geografis stok dan populasi, faktor lingkungan kritis yang mempengaruhi stok, dan 3) habit ikan yang sesuai.

Dalam buku *Guide to Fisheries Science and Stock Assessments*, menentukan status stok berarti memperkirakan satu atau lebih karakteristik biologis stok, seperti kelimpahan (jumlah ikan) atau biomassa (berat), dan membandingkan nilai perkiraan untuk referensi nilai yang menentukan kondisi yang diinginkan. *Stock assessment* diartikan sebagai evaluasi stok, termasuk komposisi ukuran umur dan ukuran spesies, kapasitas reproduksi, tingkat kematian, ukuran stok, dan rekrutmen (Kilduff *et al*, 2009). Hasil *stock assessment* dapat digunakan untuk bahan pertimbangan dalam menentukan rencana aksi pengelolaan perikanan tangkap yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kondisi stok di masa depan. Jika stok dalam kondisi *overfishing*, maka harus diambil tindakan untuk mengurangi tekanan upaya penangkapan agar stok ikan dapat pulih kembali. Sebaliknya, jika stok dalam kondisi sehat (*underfishing*), maka diperlukan langkah-langkah untuk memastikan upaya penangkapan dilakukan pada tingkat yang memungkinkan keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, informasi mengenai seberapa banyak ikan yang boleh ditangkap agar keberadaan stok ikan tetap lestari dan berkelanjutan di masa depan sangatlah penting diketahui oleh seluruh stakeholder terkait.

Berdasarkan uraian di atas, *stock assessmet* dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai status sumberdaya ikan, mengevaluasi pengaruh upaya pemanfaatan (*fishing effort*) terhadap kondisi stok ikan dan meramalkan kondisi stok dimasa depan. Pada akhirnya, hasil *stock assessment* akan diinterpretasikan untuk

menentukan opsi pengelolaan stok yang terbaik agar upaya pemanfaatan sumberdaya ikan tersebut dapat optimal, lestari dan berkelanjutan. Hubungan antara *stock assessment* dengan strategi pengelolaan diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 1.1 Hubungan antara *stock assessment* dengan strategi pengelolaan

1.2 Stock, Populasi, dan Rekrutmen

Di satu sisi, semua ikan yang ada di perairan tidak dapat dilihat atau dihitung secara langsung dan tidak terbatas pada area atau waktu tertentu. Di sisi lain, spesies yang dikelola memiliki berbagai rentang geografis yang berbeda. Beberapa spesies memiliki rentang geografis yang luas, sementara spesies lainnya memiliki kisaran yang lebih kecil. Oleh karena itu, penting untuk memahami perbedaan

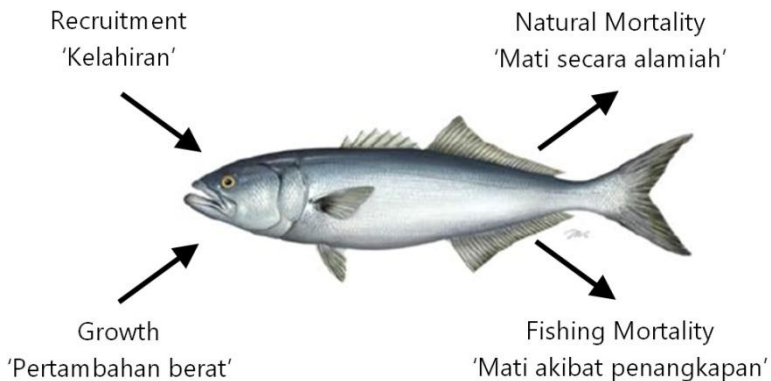
antara populasi ikan dan stok ikan, selain memahami hubungan antara stok ikan dan rekrutmen. Populasi adalah unit biologis yang mengacu pada individu dari spesies yang tinggal di daerah yang sama. Stok satuan mengacu pada kelompok ikan tertentu yang disatukan untuk tujuan pengelolaan dan harus didefinisikan secara jelas ketika melakukan penilaian stok. Stok ikan adalah unit pengelolaan yang dikelompokkan berdasarkan hubungan genetik, distribusi geografis, atau pola pergerakan. Populasi ikan tidak mengenal batasan-batasan geografis tetapi batasannya ditentukan oleh preferensi dan toleransi terhadap lingkungan, misalnya, habitat air tawar versus laut, habitat iklim tropis versus iklim sedang, dan bentik versus pelagis (Kilduff *et al*, 2009).

Rekrutmen(*recruitment*) adalah salah satu parameter populasi perikanan yang paling penting untuk diestimasi. Rekrutmen adalah hasil dari berbagai faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup mulai dari tahap-telur (termasuk *parental effect*) sampai ketika individu merekrut atau masuk ke perikanan atau stok (Paulik, 1973; Rothschild, 1986; Ulltang, 1996; Subbey *et al*, 2014). Kilduff *et al*, (2009) mendefinisikan rekrutmen sebagai jumlah ikan yang lahir dalam periode waktu tertentu yang dapat bertahan hidup sampai tahap juvenil. Ada hubungan antara ukuran stok pemijahan (jumlah atau biomassa ikan dewasa) dan jumlah ikan yang akhirnya merekrut/memasuki perikanan. Dengan memahami hubungan tersebut, maka memungkinkan untuk memproyeksikan ukuran stok

dan mengambil langkah-langkah manajemen untuk memastikan agar ikan akan tersedia di masa depan.

Selain rekrutmen, dalam konsep populasi juga dikaitkan dengan istilah mortalitas (*mortality*) dan pertumbuhan (*growth*). Mortalitas adalah jumlah ikan yang mati dalam waktu tertentu. Mortalitas terdiri dari *natural mortality* (mortalitas alami) dan *fishing mortality* (mortalitas akibat penangkapan ikan). Mortalitas alami adalah hilangnya ikan dari populasi yang akibat dari selain aktivitas penangkapan atau dampak lain dari aktivitas manusia. Tingkat mortalitas alami mengacu pada perubahan jumlah ikan dari waktu ke waktu. Tingkat mortalitas alami ikan sepanjang hidupnya bervariasi. Larva ikan biasanya memiliki tingkat mortalitas alami yang sangat tinggi, kemudian pada fase juvenil memiliki tingkat yang sedang sedangkan pada fase dewasa mengalami mortalitas alami yang rendah. Mortalitas alami sulit diukur secara langsung. Namun demikian, ada hubungan antara kematian alami dengan daur hidup ikan. Secara umum, ikan dengan kematangan (*maturity*) dini, tingkat pertumbuhan yang cepat, dan umur pendek memiliki tingkat mortalitas tinggi (misalnya, ikan teri, makarel, herring). Ikan memiliki kematangan setelah beberapa tahun, tingkat pertumbuhan yang lambat dan hidup lebih lama, memiliki tingkat mortalitas alami yang lebih rendah. Mortalitas penangkapan adalah semua kematian ikan akibat kegiatan penangkapan termasuk hasil tangkapan utama (*main catch*), hasil tangkapan sampingan (*by-catch*), dan hasil tangkapan yang dibuang (*discards*).

Dampak dari rekrutmen dan mortalitas menentukan kelimpahan populasi secara keseluruhan yaitu jumlah ikan yang hidup pada waktu tertentu. Pertumbuhan populasi terjadi saat panjang dan berat ikan bertambah. Pertumbuhan mempengaruhi total biomassa populasi (berat total semua ikan hidup pada waktu tertentu). Ketika kelahiran terjadi, populasi meningkat dalam kelimpahan numerik. Dengan pertumbuhan baru, populasi bertambah berat. Ketika mortalitas terjadi, jumlah dan berat populasi akan menurun. Dengan demikian, pertumbuhan adalah mekanisme di mana biomassa populasi meningkat. Setelah individu ditambahkan ke populasi melalui rekrutmen dan terjadi pertumbuhan maka akan meningkatkan biomassa populasi. Pengetahuan tentang biomassa populasi secara keseluruhan penting untuk mengevaluasi kondisi stok dan mengevaluasi kinerja perikanan.



Gambar 1.2. Pertumbuhan ikan

1.3 Mengapa Menggunakan Model Surplus Produksi

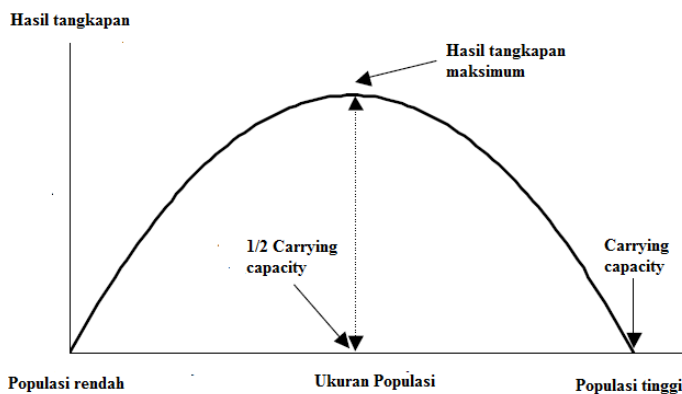
Produksi surplus adalah fondasi bagi pengelolaan perikanan. Konsep surplus produksi menggambarkan kapasitas populasi untuk menghasilkan lebih dari yang diperlukan untuk pemulihan populasi. Untuk memahami konsep produksi surplus, pertama-tama harus mendefinisikan batas-batas ukuran populasi seperti ukuran minimum populasi yaitu nol (kepunahan) dan ukuran populasi maksimum, disebut sebagai daya dukung (*carrying capacity*).

Secara teori, ukuran populasi spesies yang tidak tereksploitasi akan sedikit berbeda di sekitar daya dukungnya. Populasi yang melebihi daya dukung dalam satu tahun akan segera kembali ke tingkat di bawah daya dukung, karena sumberdaya untuk mempertahankan terjadinya peningkatan populasi dalam jangka waktu yang lama tidak tersedia. Stok ikan di bawah daya dukungnya memiliki kemampuan untuk menghasilkan surplus produksi yang dapat dipanen secara berkelanjutan dari waktu ke waktu.

Tujuan utama pengelolaan perikanan adalah memaksimalkan surplus produksi. Hal ini dapat dicapai dengan menentukan jumlah penangkapan ikan yang akan menghasilkan ukuran populasi (stok) yang menghasilkan produksi paling banyak. Tujuan tersebut akan sulit dicapai jika tidak memiliki pemahaman yang lengkap tentang dampak tekanan penangkapan ikan dan fluktuasi lingkungan terhadap populasi ikan. Tantangannya adalah menemukan tingkat panen (tingkat eksploitasi) yang berkelanjutan dan menghasilkan tujuan

manajemen yang diinginkan. Tantangan inilah yang akan dijawab dalam model surplus produksi.

Model surplus produksi digunakan untuk menduga besarnya populasi berdasarkan besaran hasil tangkapan dari upaya penangkapan tertentu di suatu perairan. Metode ini menggambarkan keberadaan stok ikan pada waktu sebelumnya dan dapat meramalkan hasil yang akan datang berdasarkan data CPUE. Melalui model ini dapat diperoleh tingkat upaya penangkapan optimum yaitu suatu upaya yang dapat menghasilkan hasil tangkapan maksimum yang lestari tanpa mempengaruhi produktifitas stok ikan dalam jangka panjang (Tinungki, 2005). Menurut Gulland (1983), hubungan antara CPUE dan upaya penangkapan (*Effort*) dapat berupa hubungan linier atau eksponensial. Pendugaan upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan maksimum yang lestari (C_{MSY}) dapat dilakukan menggunakan pendekatan model surplus produksi. Konsep surplus produksi diilustrasikan sebagaimana gambar berikut:



Gambar 1.3. Kurva model surplus produksi

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa kurva model surplus produksi dimana ukuran populasi (sumbu X) meningkat dari sumbu X sebelah kiri ke kanan. Pada ukuran populasi rendah hasil tangkapan juga rendah karena ikan sedikit sehingga produksinya juga sedikit. Ketika ukuran populasi mendekati *carrying capacity*, hasil tangkapan juga sedikit karena sumberdaya yang dimiliki untuk produksi lebih banyak juga terbatas. Secara teori, hasil tangkapan maksimum terjadi ketika ukuran populasi ikan setengah dari daya dukungnya.

Model surplus produksi tersebut digunakan untuk menentukan tingkat upaya optimum yang dapat menghasilkan hasil tangkapan maksimum yang lestari (*Maximum Sustainable Yield*). *Maximum Sustainable Yield* (MSY) adalah hasil tangkapan maksimum yang dapat ditoleransi yang diambil dari stok alami pada kondisi eksisting lingkungan tanpa merugikan (berdampak negatif) terhadap populasi (kapasitas reproduksi stok ikan) selama periode waktu yang tidak terbatas (Kilduff *et al*, 2009; Sholahuddin *et al*, 2015).

Keuntungan penggunaan model surplus produksi adalah kesederhanaan dan efisiensinya untuk memberikan hasil yang realistis. Model ini hanya membutuhkan 2 vektor yaitu hasil tangkapan (*catches*) dan upaya penangkapan (*effort*) tahunan. *Catch per unit effort* (CPUE) diestimasi untuk merepresentasikan biomassa stok. Selain itu, model ini sangat fleksibel dan memungkinkan untuk berbagai kurva produksi mulai dari model umum (Pella & Tomlinson, 1969) model logistik (Schaefer 1954) hingga model eksponensial (Fox

1970). Menurut Chassot *et al* (2009) model surplus produksi yang sederhana tersebut terbukti konsisten dengan hasil yang diperoleh dari model yang lebih kompleks.

2

KONSEP DASAR MODEL SURPLUS PRODUKSI

2.1 Kebutuhan Data

Model produksi surplus memiliki persyaratan data yang minimal karena hanya membutuhkan data time series hasil tangkapan (*catch*) dan upaya penangkapan (*effort*). Namun ketersediaan data time series tersebut seringkali terbatas dan series datanya juga pendek. Pada umumnya, pengumpulan data statistik perikanan akan dicatat secara baik ketika perikanan di daerah tersebut telah cukup berkembang untuk menjamin penelitian yang diperlukan guna mewujudkan pengelolaan berbasis ilmiah.

Hasil tangkapan dari alat tangkap j yang dilaporkan pada tahun i (C_{ji}) adalah total berat ikan (dalam ton) yang ditangkap menggunakan alat tangkap j selama tahun tersebut. Dalam statistik perikanan Indonesia, upaya penangkapan (dalam trip) dari alat tangkap j yang dilaporkan pada tahun i (E_{ji}) adalah jumlah trip dari alat tangkap j yang dilaporkan pada tahun i . Hasil tangkapan yang dilaporkan dalam statistik perikanan, khususnya di Indonesia, hanya ikan yang didaratkan yang terdiri dari hasil tangkapan utama (*main catch*) dan hasil tangkapan sampingan (*by-catch*), sementara *discards* (hasil tangkapan yang dibuang) tidak tercatat karena faktor kesulitan teknis pencatatannya. Oleh karena itu, data hasil tangkapan yang didaratkan pada dasarnya kurang mencerminkan *fishing mortality*,

karena mengabaikan data *discard* meskipun persentasi *discards* umumnya relatif kecil. Mengingat persentase *discard* yang relatif kecil dan kesulitan teknis pencatatannya, maka *discards* diabaikan dalam analisis model surplus produksi.

Dalam model surplus produksi, E_{ji} adalah penjumlahan upaya penangkapan standar dari semua alat tangkap ikan selama tahun i . Upaya penangkapan standar didefinisikan sebagai jumlah trip dari alat tangkap j yang telah distandarisasi dengan alat tangkap standar. Standarisasi dilakukan dengan menghitung *fishing power index*. *Fishing power* menggambarkan kemampuan alat tangkap (daya tangkap). *Fishing power* kapal didefinisikan sebagai hasil tangkapan per satuan waktu penangkapan yang diambil dari kepadatan ikan tertentu, dan dengan demikian tergantung pada tonase, kekuatan mesin dan alat tangkap yang digunakan dalam unit penangkapan (Gulland, 1969). Berdasarkan definisi tersebut, alat tangkap yang dijadikan standar adalah alat tangkap yang memiliki total CPUE tertinggi. Upaya penangkapan total yang dihitung akan menjadi bias jika faktor *fishing power* salah hitung. Potensi bias selanjutnya dapat terjadi jika ada upaya penangkapan yang tidak tercatat karena alasan tertentu. Prosedur model surplus produksi mengasumsikan bahwa CPUE yang merupakan bagian perikanan dianggap mewakili perikanan secara keseluruhan.

2.2 Teori Umum Model Surplus Produksi

Menurut Punt (1988) model produksi surplus adalah penyederhanaan realitas. Stok ikan dianggap tertutup karena hanya mempertimbangkan tingkat pertumbuhan dan kematian alami sedangkan tingkat imigrasi dan emigrasi dianggap dapat diabaikan. Ukuran stok (biomassa yang dapat dieksploitasi) akan meningkat sebagai hasil rekrutmen ke dalam populasi ikan muda yang selanjutnya menjadi cukup besar (dapat ditangkap oleh alat tangkap) dan telah bermigrasi ke daerah penangkapan ikan serta ikan secara individu mengalami pertumbuhan. *Natural mortality* (kematian alami) dan *fishing mortality* (mortalitas akibat penangkapan) berdampak pada pengurangan ukuran populasi. Besarnya dampak tersebut tergantung pada faktor-faktor seperti struktur umur dan ukuran populasi, variasi lingkungan, pola densitas secara spasial di seluruh daerah penangkapan ikan, dan historis biomassa saat ini. Meskipun ada kemungkinan ukuran populasi akan dipengaruhi oleh interaksi dengan spesies lain (ketersediaan makanan, predasi, dll.), model surplus produksi umum yang dikembangkan mengasumsikan bahwa kedua efek tersebut, bersama dengan variasi spasial dan lingkungan, tidak substansial atau pada dasarnya acak.

Tingkat perubahan biomassa pada waktu t dapat dijelaskan oleh persamaan berikut:

$$\frac{dy(t)}{dt} = G(\tilde{y}(t))e^{U_t} - H(y(t), E_t) + V_t \dots \dots \dots 2.1$$

dimana:

$y(t)$: biomas yang dapat dieksploitasi pada waktu t

$\tilde{y}(t)$: vektor biomas pada waktu sebelumnya (misalnya, pada waktu $t-1, t-2, \dots$)

E_t : upaya penangkapan dalam tahun t , sebagai data upaya penangkapan yang biasanya dilaporkan setiap tahun, E_t juga mewakili tingkat rata-rata upaya penangkapan terhadap stok ikan selama tahun t (untuk semua model yang dijelaskan di bawah ini, diasumsikan bahwa E_t adalah konstan selama tahun t , tetapi dapat bervariasi antar tahun),

$G(.)$: tingkat surplus produksi sesaat, yang terdiri dari efek gabungan dari semua proses alami (tidak termasuk perikanan) yang menambah atau mengurangi populasi

$H(.)$: tingkat kerugian/kehilangan sesaat akibat penangkapan ikan yang disebabkan oleh unit penangkapan E_t dimana setara dengan tingkat hasil tangkapan sesaat di tahun t .

V_t, U_t : komponen *random noise* (mungkin terkait dengan efek interaksi lingkungan dan spesies) yang tidak secara eksplisit dimodelkan dalam persamaan (2.1); ini kadang-kadang disebut "kesalahan proses".

Tingkat perubahan biomassa diasumsikan hanya terdiri dari tiga efek: 1) $G(\tilde{y}(t))e^{U_t}$, surplus produksi dimana kemungkinan tidak hanya bergantung pada biomassa saat ini, tetapi juga biomassa pada waktu sebelumnya yang memungkinkan waktu tersebut diperlukan

oleh juvenil untuk tumbuh cukup besar dan ditangkap oleh nelayan; 2) $H(y(t), E_t)$, tingkat hasil tangkapan dimana tergantung pada biomassa saat ini dan jumlah upaya penangkapan yang dikeluarkan oleh perikanan pada waktu t ; dan 3) V_t yang mewakili efek (kontribusi kesalahan proses) acak (atau tidak dimodifikasi) pada waktu t .

Dengan pilihan bentuk fungsional yang sesuai dengan G dan H sebagaimana dijelaskan di atas, persamaan (2.1) dapat dibuat seperti beberapa model perikanan sederhana yang familiar yang digunakan saat ini. Fungsi produksi surplus, $G(\cdot)$, dapat dipecah menjadi komponen utama yang mempengaruhi produksi surplus:

$$G(\tilde{y}(t)) = R(\tilde{y}(t)) + T(\tilde{y}(t)) - M(\tilde{y}(t)) \dots\dots\dots 2.2$$

dimana:

$R(\tilde{y}(t))$: tingkat/laju reproduksi (rekrutmen)

$T(\tilde{y}(t))$: laju pertumbuhan

$M(\tilde{y}(t))$: laju mortalitas alami,

Karena $M(\tilde{y}(t))$ merupakan fungsi biomassa masa lalu, maka dimungkinkan untuk menentukan submodels dimana mortalitas alami tidak konstan. Penyederhanaan dalam bentuk model linier dapat dilakukan sehubungan dengan kerugian akibat penangkapan ikan. Model linier dirumuskan sebagai berikut:

$$H(y(t), E_t) = \frac{dC(t)}{dt} = qE_t y(t) \dots\dots\dots 2.3$$

Persamaan 2.3 muncul dari asumsi bahwa populasi dan upaya penangkapan ikan adalah didistribusikan secara acak di daerah penangkapan ikan dan bahwa satu unit tambahan upaya penangkapan atau biomassa menghasilkan peningkatan penangkapan secara proporsional. Di sisi lain, asumsi penangkapan ikan dari musim penangkapan ikan yang sangat singkat dimana diperoleh total hasil tangkapan dan selama mortalitas alami diasumsikan nol, mengarah ke model nonlinier.

$$H(y(t), E_t) = \frac{dC(t)}{dt} = (1 - e^{-qE_t}) y(t) \dots \dots \dots 2.4$$

Parameter q dalam kedua persamaan di atas disebut koefisien penangkapan (*catchability coefficient*), dan mengukur cara dimana alat tangkap digunakan relatif terhadap ketersediaan dan kerentanan populasi. Untuk E_t kecil dapat diartikan sebagai proporsi Y_t diambil oleh satu unit upaya penangkapan. Jika diasumsikan model linier (atau E_t kecil) kemudian diformulasikan sebagai berikut:

$$\frac{dC(t)}{dt} = qE_t y(t) \dots \dots \dots 2.5$$

Mengintegrasikan persamaan (2.5) dari tahun ke t diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$C_t = q \bar{y}(t) E_t \dots \dots \dots 2.6$$

dimana:

- C_t : hasil tangkapan (kotor) pada tahun t
- E_t : upaya penangkapan standar pada tahun t

$\bar{y}(t)$: rata-rata biomas pada tahun t

Membagi persamaan (2.6) dengan E_t kemudian diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$C_t/E_t = (C/E)_t = q\bar{y}(t) \dots \dots \dots 2.7$$

Jadi, meskipun $\bar{y}(t)$ jarang diketahui, hubungan (2.7) menunjukkan bahwa $(C/E)_t$ dapat digunakan sebagai indeks kelimpahan. Pada kenyataannya, persamaan (2.7) (atau "model observasi") memiliki gangguan acak (random noise) yang disebut "kesalahan pengamatan". Persamaan stokastik yang ekuivalen dengan persamaan 2,7 dan versi non-linearnya (dari persamaan 2,4) diasumsikan:

$$(C/E)_t = q\bar{y}(t)E_t e^{u_t} + v_t \dots \dots \dots 2.8$$

dan

$$(C/E)_t = (1 - e^{qE_t})\bar{y}(t) e^{u_t} + v_t \dots \dots \dots 2.9$$

Meskipun kesalahan dalam pengukuran hasil tangkapan dan upaya penangkapan belum dipertimbangkan dalam analisis di atas, hal ini dapat terjadi dan masuk akal bisa dimasukkan ke dalam persamaan yang diturunkan di atas.

Persamaan (2.1) dan generalisasinya yang dibahas di atas dapat diubah menjadi persamaan yang berbeda (model diskrit) dengan memisahkan turunannya:

$$Y_{i+1} = y_i + g(\tilde{y}_i) e^{u_i} - h(\tilde{y}_i, E_i) + v_i \dots \dots \dots 2.10$$

dimana:

y_i : ukuran populasi pada awal tahun i ,

\tilde{y}_i : vektor biomassa masa lalu (pada waktu $i-1, i-2, i-3 \dots$)

$g(\tilde{y}_i)$: peningkatan/penurunan biomassa yang dihasilkan dari proses alami

$h(\tilde{y}_i, E_i)$: banyaknya ikan ditangkap dari populasi pada tahun i

v_i, u_i : komponen kebisingan atau kesalahan pengamatan

Jika sub-model baik model surplus produksi umum kontinyu (persamaan 2.1) atau model produksi surplus umum diskrit (persamaan 2.10) salah spesifikasi, kemungkinan bahwa satu atau lebih dari eror pengamatan akan tergantung pada biomassa saat ini dan masa lalu. Dalam hal ini, diduga akibat eror karena pendekatan (Linhart dan Zucchini, 1986). Jenis eror lain yang mungkin mempengaruhi prediksi adalah eror karena estimasi dimana eror yang terjadi karena mengestimasi parameter model dari kumpulan data yang ukurannya terbatas. Bahkan jika sub-model yang dipilih adalah mewakili mayoritas perikanan ("eror karena perkiraan" rendah), prediksi mungkin masih kurang baik jika data yang tersedia tidak memungkinkan untuk estimasi parameter model secara tepat ("eror karena estimasi" tinggi). Ini menjadi alasan mengapa dalam beberapa kasus, model sederhana mampu membuat prediksi dengan keseluruhan eror yang lebih kecil (jumlah eror karena perkiraan dan estimasi) daripada model yang lebih kompleks.

Agar sesuai dengan model produksi surplus umum (sebagaimana didefinisikan di atas) untuk data real, bentuk-bentuk khusus untuk $g()$ dan $h(.)$ atau $G()$ dan $H(.)$ dan eror pengamatan yang dominan harus dipilih. Untuk memungkinkan perkiraan parameter yang masuk akal yang dibuat dengan mencocokkan antara data historis ($C_i, i = 1, 2, \dots, n; E_i, i = 1, 2, \dots, n$) dan sub-model dari model kontinu umum (persamaan 2.1 atau formulasi diskritnya pada persamaan 2.10), kriteria statistik *repeatability* (pengulangan) dan *stationarity* (stasioneritas) harus diasumsikan.

Walters (1986) mendefinisikan proses pengulangan sebagai "proses dimana respons rata-rata yang sama diperoleh sebelum dan sesudah gangguan stok, mengabaikan ukuran gangguan". Sebagai contoh, rekrutmen diasumsikan tergantung pada ukuran stok ikan (saat ini) saja dan bukan pada struktur umur ikan, sehingga rekrutmen yang diharapkan pada ukuran stok ikan cenderung selalu tetap konstan. Tidak ada kondisi stok dapat diulang semata-mata karena gangguan besar yang menyebabkan hilangnya struktur genetik dan spasial yang tidak dapat diubah. Namun, pada stok "yang dikelola dengan baik", gangguan besar tidak mungkin terjadi, sehingga proses pengulangan didefinisikan sebagai respon rata-rata yang sama akan diperoleh setelah adanya beberapa gangguan yang mungkin terjadi dalam praktik. Jika hubungan proses tidak dapat diulang, hipotesis tersebut mengandung "error karena estimasi" yang serius, yaitu sub-proses dasar tertentu yang hilang dari model, dan diperoleh estimasi yang bias jika menggunakan data historis.

Proses stasioner adalah proses dimana distribusi probabilitas dari proses yang stabil dari waktu ke waktu. Ini adalah kondisi yang lebih kuat daripada pengulangan dimana hanya mensyaratkan bahwa nilai rata-rata tetap stabil. Karena percobaan untuk pengulangan dan stasioneritas seringkali sangat sulit dilakukan, semua stok ikan yang dipertimbangkan dalam penelitian biasanya dianggap menunjukkan setidaknyanya pengulangan yang rendah. Untuk mengilustrasikan estimasi parameter model umum surplus produksi, digunakan formulasi diskrit pada persamaan 2.10. Mengingat bahwa $h(\tilde{y}_i, E_i)$ adalah bentuk diskrit dari fungsi hasil (*yield*) (dan oleh karena itu dapat digantikan dg C_i), persamaan 2.10 dengan model observasi stokastik (persamaan 2.8) dilambangkan sebagai berikut:

$$y_{i+1} = y_i + g(\tilde{y}_i) e^{v_i} - c_i + s_i \dots \dots \dots \quad 2.11$$

$$c_i = qy_i E_i e^{z_i} + u_i \quad \dots \dots \dots \quad 2.12$$

dimana:

- y_i : total biomasa yang dapat dieksploitasi pada awal tahun i ,
- \tilde{y}_i : vektor biomasa (diskrit) masa lalu (yaitu pada waktu $i-1, i-2, i-3 \dots$)
- $g(\tilde{y}_i)$: bentuk diskrit (terpisah) dari fungsi produksi surplus
- E_i : Upaya penangkapan pada awal tahun i ,
- s_i, v_i, u_i, z_i : eror pengamatan s_i dan v_i berkontribusi terhadap eror proses sedangkan u_i dan z_i berkontribusi terhadap eror pengamatan

Untuk memperkirakan eror proses dan pengamatan, maka diasumsikan bahwa:

1. Upaya penangkapan didistribusikan secara log normal:

$$E_i = e_i e^{v_i}$$

dimana:

E_i : pengamatan upaya penangkapan tahunan pada awal tahun i ,

e_i : upaya penangkapan aktual pada awal tahun i ,

v_i : eror yang dihasilkan dari distribusi normal

2. Ada fungsi yang berhubungan dengan penangkapan, CPUE dan biomassa. Adalah satu model observasi pada persamaan (2.4) hingga (2.6) dapat digunakan.
3. Ada persamaan dinamis yang berkaitan dengan biomassa dalam beberapa tahun, bentuk persamaannya adalah:

$$y_{i+1} = \tilde{g}(y_i) e^{w_i} - c_i \dots \dots \dots 2.13$$

dimana:

y_{i+1} : biomas pada pada tahun $i+1$

$\tilde{g}(y_i)$: jumlah biomassa asli dan produksi surplus pada tahun i

c_i : hasil tangkapan pada tahun i

w_i : eror proses pada tahun i

Error observasi (\hat{v}_i) diestimasi sebagai parameter sama halnya dengan parameter pada model lain. Mengingat serangkaian estimasi (\hat{v}_i) dan parameter model, estimasi eror proses dapat dibuat sebagai berikut:

1. Estimasi upaya penangkapan pada tahun i , \hat{e}_i , diestimasi dengan $e_i e^{v_i}$
2. Biomassa pada tahun i diestimasi dari hubungan antara hasil tangkapan, upaya penangkapan dan biomassa dengan mengganti upaya penangkapan berdasarkan nilai estimasi, \hat{e}_i
3. kemudian w_i dapat dihitung dari persamaan 2.13

Dalam banyak kasus, itu hanya mungkin untuk estimasi eror proses ($n-1$) karena baik y_{i+1} dan y_i diperlukan dalam persamaan 2.13.

Dalam konteks model surplus produksi, suatu populasi dianggap berada dalam ekuilibrium (keseimbangan) jika biomasanya tetap konstan sepanjang waktu ($y_{i+1} = y_i$ atau $dy(t)/dt = 0$). Asumsi ini disebut "asumsi keseimbangan kontinu" dan implikasinya bahwa hasil tangkapan yang diambil merupakan ukuran pasti dari surplus produksi stok. Asumsi ini secara substansial menyederhanakan proses estimasi parameter, namun dikritik dalam beberapa literatur ilmiah. Model "Dinamis" adalah model yang tidak membuat asumsi keseimbangan kontinu (Butterworth, 1988).

2.3 Jenis Model Surplus Produksi

Fungsi surplus produksi $g(\tilde{y}_i)$ merupakan model yang sangat sederhana, biasanya tergantung pada biomassa saat ini saja, yaitu $g(\tilde{y}_i) = g(y(t)) = g(y)$. Dengan demikian, laju pertumbuhan alami $g(y)$ diasumsikan berpengaruh langsung terhadap perubahan biomassa (tidak ada penundaan waktu). Hal ini mengisyaratkan bahwa rekrutmen saat ini berpengaruh langsung terhadap perubahan biomassa saat ini (tidak dapat terjadi dalam praktik) karena pada fungsi produksi surplus yang menggabungkan waktu penundaan, perekrutan terjadi beberapa tahun sebelum direkrut ke dalam stok ikan yang dieksploitasi (Walter, 1973). Secara implisit diasumsikan bahwa struktur umur populasi memiliki efek yang kurang signifikan terhadap laju produksi yaitu ukuran biomassa lebih menentukan laju produksi daripada struktur umurnya. Agar asumsi tersebut benar, komposisi umur stok (fraksi dari total biomassa yang masuk ke setiap kelas umur) harus tetap konstan karena fekunditas, pertumbuhan dan kematian terjadi pada usia tertentu. Asumsi ini cukup baik jika intensitas upaya penangkapan ikan hampir selalu konstan, karena komposisi umur ikan cenderung stabil merujuk pada strategi kematian ikan yang konstan.

Setiap fungsi surplus produksi deterministik yang diusulkan harus konsisten dengan batasan biologis tertentu:

1. $g(0) = 0$ (tidak ada ikan dewasa, tidak ada produksi)

2. $g(K) = 0$ (populasi ukuran K (rata-rata tingkat murni)) adalah stabil dan dalam konteks deterministik, ukuran populasi tersebut akan tetap pada tingkat tersebut yaitu ada batas-batas alami untuk pertumbuhan sumber daya yang tidak tereksploitasi
3. $g(K) > 0$ setidaknya beberapa nilai y dalam rentang $(0,K)$.

Asumsi-asumsi ini mengindikasikan bahwa, dengan tidak adanya penangkapan ikan, stok yang pernah terganggu akan cenderung kembali ke K (daya dukung lingkungan). Pilihan fungsi $g(y)$ memiliki biomassa maksimum di bawah nilai K . Karena tidak ada variabel yang dirumuskan selain variabel biomassa yang digunakan dalam fungsi produksi surplus, maka diasumsikan bahwa populasi tergantung pada pengaruh kepadatan (misalnya kanibalisme, ketersediaan pangan, dll.) yang secara implisit dimasukkan dalam $g(y)$ itu sendiri.

Sebenarnya, ada beberapa bentuk matematis untuk model surplus produksi, tetapi jika mengacu pada formulasi stok dinamis Russell, bentuk umumnya ditulis sebagai berikut (Lemay, 2007):

$$B_{t+1} = B_t + f(B_t) - C_t; t = 0, 1, \dots, \dots \quad 2.14$$

$$B_{t+1} - B_t = f(B_t) - C_t$$

$$\frac{dB_t}{dt} = \Delta B_t = B_{t+1} - B_t$$

$$\frac{dB_t}{dt} = f(B_t) - C_t$$

dimana:

B_t : biomas stok ikan pada awal tahun t,

$f(B_t)$: fungsi produksi biomassa pada tahun t

C_t : hasil tangkapan pada awal tahun t,

Fungsi produksi biomassa, $f(B_t)$, menggambarkan dinamika populasi yang mencakup gabungan dari variabel rekrutmen, pertumbuhan alami, dan mortalitas alami.

Model surplus produksi klasik menggunakan pendekatan model pertumbuhan, yaitu model logistik, gompertz dan model logistik umum. Pertumbuhan logistik adalah model pertumbuhan populasi yang terkait dengan kepadatan yang mencerminkan pengaruh dari persaingan intraspesifik. Dengan kata lain, model pertumbuhan logistik merupakan model pertumbuhan yang memperhitungkan faktor logistik berupa ketersediaan makanan dan ruang hidup. Menurut Timuneno *et al.* (2008), pada model pertumbuhan logistik diasumsikan bahwa pada waktu tertentu jumlah populasi akan mendekati titik keseimbangan (equilibrium). Sedangkan model Gompertz memiliki asumsi bahwa pertumbuhan suatu populasi memiliki batas maksimum dan proses pertumbuhannya lambat.

Model pertumbuhan logistik pertama kali diaplikasikan dalam model surplus produksi oleh Graham (1935) dalam makalah berjudul "*Modern theory of exploiting a fishery and application to North Sea trawling.*" Model tersebut menjadi sangat populer setelah

dipublikasikan oleh Schaefer (1954) dan sekarang dikenal dengan model Schaefer atau Graham-Schaefer.

Selain Schaefer (1954), Gulland (1961), Walter dan Hilborn (1976), dan Schute (1977) juga menggunakan pertumbuhan logistik. Model pertumbuhan logistik menggambarkan suatu kurva berbentuk S simetris. Sementara Model Fox (1970) dan Model Clarke Yoshimoto Pooley (1992) menggunakan model pertumbuhan Gompertz yang asimetris (exponensial). Model pertumbuhan umum digunakan oleh Pella dan Tomlinson yang mana fungsi $f(x)$ terdapat parameter tambahan m . Bila $m=2$, model Pella dan Tomlinson akan sama dengan model Schaefer, bila $m=1$ model tersebut akan sama dengan model Fox. Model-model tersebut umum digunakan untuk mengestimasi nilai hasil tangkapan lestari (C_{MSY}) dan upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dimana estimasi nilai C_{MSY} dan E_{opt} sangat tergantung pada fungsi $f(X)$ dari setiap model. Oleh karena itu sangat penting untuk memilih satu yang paling mendekati pertumbuhan stok yang sedang dianalisis. Menurut Sin *et al.* (2016), hasil tangkapan spesies ikan yang ditangkap pada waktu t (C_t) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bentuk persamaan logistik} \quad : \quad C_t = qKE_t - \frac{q^2K}{r} E_t^2$$

$$\text{Bentuk persamaan Gompertz} \quad : \quad C_t = qKE_t \exp\left(-\frac{qE_t}{r}\right)$$

dimana:

C_t : hasil tangkapan ikan pada awal tahun t

- q : koefisien penangkapan
- r : pertumbuhan alami
- E_t : upaya penangkapan pada waktu t
- K : daya dukung lingkungan

Dalam menganalisis model surplus produksi harus memenuhi beberapa syarat yaitu (Gulland, 1983; Sparre, 1989):

1. Ketersediaan ikan pada tiap-tiap periode tidak mempengaruhi daya tangkap relatif
2. Distribusi ikan menyebar merata
3. Masing-masing jenis alat tangkap kemampuan tangkap yang seragam

2.3.1 Model Schaefer

Schaefer dalam mengembangkan konsepnya mengasumsikan bahwa stok perikanan bersifat homogeni, fungsi pertumbuhannya adalah fungsi logistik dengan area terbatas. Model pertumbuhan logistik yang menjadi dasar model Schaefer sebagai berikut:

$$\frac{dB_t}{dt} = rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - qB_tE_t \dots\dots\dots 2.14$$

dimana:

$rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right)$: natural growth

qB_tE_t : Harvest (Y_t)

Jika populasi dalam kondisi ekuilibrium, maka laju pertumbuhan ($\frac{dB_t}{dt}$)

mendekati nol:

$$\frac{dB_t}{dt} = 0 = rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - qB_tE_t$$

$$\frac{dB_t}{dt} = rB_t - \frac{r}{K}B_t^2 - qB_tE_t = 0$$

$$qB_tE_t = rB_t - \frac{r}{K}B_t^2$$

Karena $qB_tE_t = Y_t$, maka jika disubstitusikan persamaanya menjadi:

$$Y_t = rB_t - \frac{r}{K}B_t^2$$

$$\frac{dY_t}{dt} = r - 2\frac{r}{K}B_t$$

Hasil panen (Y_t) akan maksimum jika $\frac{Y_t}{dt} = 0$

$$r - 2\frac{r}{K}B_t = 0$$

$$2\frac{r}{K}B_t = r$$

$$2rB_t = rK$$

$$B_t = \frac{K}{2}$$

Dengan mensubstitusikan nilai B_t , persamaan *maximum equilibrium yield* (Y_t) maka diperoleh persamaan:

$$Y_t = r\frac{K}{2} - \frac{r}{K}\left(\frac{K}{2}\right)^2$$

$$Y_t = r\frac{K}{2} - \frac{rK}{4}$$

$$Y_t = \frac{rK}{4}$$

Seringkali istilah maximum equilibrium yield (Y_t) digambarkan sebagai hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Hubungan antara maximum equilibrium yield (Y_t) dan *fishing mortality* (qE_t) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_t &= qB_tE_t = rB_t - \frac{r}{K}B_t^2 \\
 qB_tE_t &= rB_t - \frac{r}{K}B_t^2 \\
 qB_tE_t &= rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \\
 qE_t &= r \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \\
 \frac{qE_t}{r} &= \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \\
 \frac{B_t}{K} &= \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right) \\
 B_t &= K \left(1 - \frac{q}{r}E_t\right) \dots\dots\dots 2.15
 \end{aligned}$$

$$C_t = qB_tE_t \dots\dots\dots 2.16$$

Dengan mensubsitusikan persamaan 2.15 ke dalam persamaan 2.16 diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$C_t = qKE_t \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right) \dots\dots\dots 2.17$$

Persamaan (2.17) dapat juga digunakan untuk menyatakan hubungan antara penangkapan per satuan upaya (CPUE) dan level stok. Persamaan (2.17) akan menjadi linear jika dibagi dengan E_t :

$$\frac{C_t}{E_t} = qK \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right) \dots\dots\dots 2.18$$

Jika $CPUE_t = \frac{C_t}{E_t}$ maka $CPUE_t = qK \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right) = qK - \frac{Kq^2}{r} E_t \dots\dots\dots 2.19$

Persamaan (2.19) menurut asumsi model Schaefer disebutkan bahwa hubungan antara $CPUE_t$ (catch per unit effort) dan E_t (effort) adalah linear. Persamaan regresi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CPUE_t = a - bE_t \dots\dots\dots 2.20$$

dimana:

a : konstanta

b : slope

Selanjutnya hubungan antara *effort* (E_t) dan *catch* (C_t) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C_t = aE_t - bE_t^2 \dots\dots\dots 2.21$$

Persamaan 2.20 dan 2.21 dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$CPUE_t = a + bE_t$$

$$C_t = aE_t + bE_t^2$$

dimana:

a : harus bernilai positif

b : harus bernilai negatif

Nilai C_t maksimum ketika $\frac{dC_t}{dE_t} = 0$, dimana $\frac{C_t}{E_t}$ identik dengan persamaan CPUE. Besarnya upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan maksimum lestari (C_{MSY}) dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut:

$$E_{opt} = -\frac{a}{2b}$$

$$C_{MSY} = -\frac{a^2}{4b}$$

2.3.2 Model Fox

Model pertumbuhan Gompertz digunakan oleh Fox (1970) dalam membangun model surplus produksi [Mohsin *et al*, 2017;]. Persamaan Model Fox ditulis dalam bentuk yang sederhana sebagai berikut:

$$\ln U_t = a - bE_t$$

$$C_t = E_t \exp(a - bE_t)$$

Kedua persamaan model Fox tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$\ln U_t = a + bE_t$$

$$C_t = E_t \exp(a + bE_t)$$

dimana:

a : bernilai positif/negatif

b : harus bernilai negatif

Nilai a dan b diperoleh dari regresi linear sederhana \ln CPUE tiap tahun ($\ln U_t$) dan upaya penangkapan tiap tahun (E_t) seperti pada Model Schaefer. Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = -\frac{1}{b}$$

$$C_{MSY} = -\frac{1}{b} \exp(a - 1)$$

2.3.3 Model Gulland

Persamaan Model Gulland ditulis dalam bentuk yang sederhana (Ricker, 1975; Singh, 2015; Widodo 1986) sebagai berikut:

$$U_t = \frac{C_t}{\bar{E}_t} = a - b\bar{E}_t$$

$$C_t = a\bar{E}_t - b\bar{E}_t^2$$

Where,

U_t = Catch per unit effort (CPUE) at t period

\bar{E}_t = upaya rata-rata tahun sebelumnya (t-1) dengan tahun ke t yang merupakan rentang hidup rata-rata individu dalam stok yang dieksploitasi;

Kedua persamaan model Gulland tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$U_t = \frac{C_t}{\bar{E}_t} = a + b\bar{E}_t$$

$$C_t = a\bar{E}_t + b\bar{E}_t^2$$

dimana:

a : harus bernilai positif

b : harus bernilai negatif

Nilai a dan b diperoleh dari regresi linear sederhana CPUE tiap tahun (U_t) dan upaya penangkapan rata-rata (\bar{E}_t) seperti pada Model Schaefer. Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = -\frac{a}{2b}$$

$$C_{MSY} = -\frac{a^2}{4b}$$

2.3.4 Model Pella dan Tomlinson

Persamaan Model Pella dan Tomlinson ditulis dalam bentuk yang sederhana form (Singh, 2015; Widodo, 1986) sebagai berikut:

$$U_t = \frac{C_t}{E_t} = a - bE_t^{m-1}$$

$$C_t = KE_t \left(1 - \frac{mE_t}{r}\right)^{\frac{1}{m}} \text{ atau}$$

$$C_t = rE_t - \frac{r}{K^{m-1}}E_t^m$$

Where,

$$a = qK \text{ and } b = \frac{q^m K}{r^{m-1}}$$

U_t = Catch per unit effort (CPUE) pada waktu t

m = parameter asimetris

K = daya dukung lingkungan

q = koefisien penangkapan

r = pertumbuhan alami

E_t = upaya penangkapan pada tahun t

Kedua persamaan U_t dan C_t pada model Pella dan Tomlinson dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$U_t = \frac{C_t}{E_t} = a + bE_t^{m-1}$$

$$C_t = aE_t + bE_t^m$$

dimana:

a : harus bernilai positif

b : harus bernilai negatif

Nilai a dan b diperoleh dari regresi linear sederhana CPUE tiap tahun (U_t) dan E_t^{m-1} seperti pada Model Schaefer. Beberapa nilai m telah dicobakan ke dalam persamaan Model Pella dan Tomlinson ($0,1 \leq m \leq 4,0$) sehingga diperoleh nilai parameter m yang menghasilkan koefisien determinasi (R^2) tertinggi. Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = \left(\frac{a}{mb} \right)^{1/(m-1)}$$

$$C_{MSY} = aE_{opt} + bE_{opt}^m$$

2.3.5 Model Walters dan Hilborn

Persamaan Model Walters dan Hilborn ditulis dalam bentuk yang sederhana (Kekenusa *et al.*, 2014a; Kekenusa *et al.*, 2014b; Kekenusa *et al.*, 2015) sebagai berikut:

$$\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 = r - \frac{r}{Kq} U_t - qE_t$$

$$C_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2$$

Persamaan $\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1$ pada model Walters dan Hilborn dapat dinyatakan dalam bentuk umum yaitu:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 U_t + \beta_2 E_t; r = \alpha; q = -c; K = \frac{\alpha}{\beta_1 \beta_2}$$

$$C_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2$$

dimana:

r, q, K : harus bernilai positif

Nilai α, β_1 dan β_2 diperoleh dari regresi berganda $\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1$, CPUE tiap tahun (U_t) dan upaya penangkapan tiap tahun (E_t). Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = -\frac{a}{2b} = -\frac{r}{2q}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{rK}{4}$$

2.3.6 Model Schnute

Model Schnute dibangun berdasarkan model logistik pertumbuhan populasi (Sholahuddin *et al.*, 2015). Persamaan Model Schnute ditulis dalam bentuk yang sederhana sebagai berikut:

$$Y_t = \alpha - \beta_1 X_{1t} - \beta_2 X_{2t}$$

$$C_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2$$

Where,

$$Y_t = \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right); X_{1t} = \frac{U_t + U_{t+1}}{2} \text{ and } X_{2t} = \frac{E_t + E_{t+1}}{2}$$

$$\alpha = r; \beta_1 = -\frac{r}{qK}; \text{ and } \beta_2 = -q$$

Persamaan Y_t pada model Schnute dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t}; r = \alpha; q = -c; K = \frac{\alpha}{\beta_1 \beta_2}$$

dimana:

r, q, K : harus bernilai positif

Nilai α, β_1 dan β_2 diperoleh dari regresi berganda Y_t, X_{1t} dan X_{2t} seperti pada Model Walters dan Hilborn. Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = -\frac{a}{2b} = -\frac{r}{2q}$$

$$C_{MSY} = -\frac{a^2}{4b} = \frac{rK}{4}$$

2.3.7 Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Model CYP dibangun berdasarkan pendekatan diskrit model pertumbuhan Gompertz (Supriyatna *et al.*, 2016; Sin & Yew, 2016; Kekenusa *et al.*, 2014; Tinungki 2005). Persamaan Model CYP ditulis dalam bentuk yang sederhana sebagai berikut:

$$\ln(U_{t+1}) = \hat{\alpha} \ln(qK) + \beta_2 \ln(U_t) X_{1t} + \beta_3 (E_t + E_{t+1})$$

$$C_t = KqE_t \exp\left(\frac{-q}{r} E_t\right)$$

dimana,

$$\hat{\alpha} = \frac{2r}{2+r}; r = \frac{2(1-\beta_1)}{1+\beta_1}; q = -\beta_3(2+r); Q = \frac{\beta_1(2+r)}{2r}; K = \frac{e^Q}{q}$$

$$\beta_1 = \hat{\alpha} \ln(qK); \beta_2 = \frac{2-r}{2+r}; \text{ and } \beta_3 = -\frac{q}{2+r}$$

r, q, K : harus bernilai positif

Dengan regresi linear berganda seperti pada Model Walters dan Hilborn diperoleh nilai $\beta_1, \beta_2,$ dan β_3 selanjutnya secara tidak langsung diketahui nilai $r, q,$ dan K . Nilai C_{MSY} dan E_{opt} dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{opt} = \frac{r}{q}$$

$$C_{MSY} = \frac{rK}{e}$$

3

PERHITUNGAN POTENSI LESTARI

3.1 Penyiapan Data

Data yang digunakan untuk perhitungan model surplus produksi sangat sederhana yaitu data hasil tangkapan dan upaya penangkapan. Model surplus produksi merupakan model yang digunakan untuk menganalisis stok sumberdaya ikan tunggal. Oleh karena itu, pertama-tama harus menentukan jenis ikan yang akan dianalisis. Selanjutnya mengidentifikasi data *time series* tahunan hasil tangkapan spesies tersebut, dan semakin panjang time series datanya akan semakin baik untuk membangun model. Data upaya penangkapan yang tersedia di data statistik perikanan berupa data trip per alat tangkap. Semua jenis alat tangkap yang digunakan untuk menangkap spesies tersebut harus diidentifikasi sesuai data time series hasil tangkapan.

3.1.1 Input data

Input data merupakan tahapan awal yang sangat menentukan hasil analisis karena jika terjadi kesalahan dalam proses input data, maka analisis selanjutnya menjadi tidak valid. Berikut ini contoh input data untuk membangun model surplus produksi:

Tabel 3.1 Hasil tangkapan (dalam ton) ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016

Jenis Alat Tangkap	Tahun									Total (C _{total})
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Dogol	120.71	126.04	126.27	136.22	139.42	143.36	142.44	146.98	151.12	1,233
Jaring tiga lapis	139.62	145.76	146.03	155.97	159.87	164.38	163.6	168.82	173.51	1,418
Bagan tancap	130.38	137.55	137.8	137.74	141.19	145.18	144.66	149.37	152.95	1,277
Perangkap lainnya	69.09	65.39	65.51	65.49	67.13	69.02	68.65	70.74	73.25	614
Jumlah	459.8	474.74	475.61	495.42	507.61	521.94	519.35	535.91	550.83	4,541.21

Tabel 3.2 Jumlah trip penangkapan ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016

Jenis Alat Tangkap	Tahun									Total (E _{total})
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Dogol	39,485	31,543	45,737	31,543	31,543	41,940	44,222	47,538	48,489	362,040
Jaring tiga lapis	7,933	6,334	9,184	7,334	7,334	10,552	5,327	5,726	5,841	65,565
Bagan tancap	15,883	12,684	18,392	18,694	18,694	11,580	12,210	13,126	13,388	134,651
Perangkap lainnya	43,076	34,062	49,393	41,716	41,716	23,796	25,334	27,234	27,778	314,105
Jumlah	106,377	84,623	122,706	99,287	99,287	87,868	87,093	93,624	95,496	780,865

3.1.2 Menghitung CPUE

Perhitungan ini berdasarkan pada pembagian antara hasil tangkapan (*catch*) dengan upaya penangkapan (*effort*). Persamaan yang digunakan sebagai berikut (Hamka & Rais, 2016; Sparre & Venema, 1998):

$$U_{jt} = \frac{C_{jt}}{E_{jt}}$$

dimana:

U_{jt} = Catch per unit effort (CPUE) alat tangkap j pada tahun t
(ton/ trip)

C_{jt} = hasil tangkapan dari alat tangkap j pada tahun t (ton)

E_{jt} = upaya penangkapan dari alat j pada tahun t (trip)

Hasil CPUE ikan kembung sebagaimana contoh data di atas disajikan sebagaimana tabel berikut:

Tabel 3.3 CPUE ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016

Jenis Alat Tangkap	C_{total}	E_{total}	$CPUE_{total}$
Dogol	1,233	362,040	0.00340449
Jaring Tiga Lapis	1,418	65,565	0.02162068
Bagan tancap	1,277	134,651	0.00948244
Perangkap lainnya	614	314,105	0.00195562

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa nilai CPUE tertinggi adalah jaring tiga lapis (*trammelnet*). Artinya, alat tangkap tersebut paling efektif untuk menangkap jenis ikan kembung. Perbedaan nilai CPUE juga menunjukkan bahwa tiap alat tangkap memiliki kemampuan yang berbeda-beda sehingga untuk tahap selanjutnya diperlukan standarisasi alat tangkap.

3.1.3 Standarisasi alat tangkap

Standarisasi alat tangkap dilakukan dengan cara menentukan CPUE terbesar dari masing-masing alat tangkap dan CPUE terbesar tersebut dijadikan sebagai alat tangkap standar. Langkah-langkah standarisasi alat tangkap adalah sebagai berikut:

- Menentukan jenis alat tangkap yang dapat menjadi standar, yaitu alat tangkap yang memiliki nilai CPUE terbesar.

- b. Mencari nilai Fishing Power Indeks (FPI) dengan rumus sebagai berikut:

$$FPI_j = \frac{CPUE_j}{CPUE_s}$$

Keterangan:

FPI_j = Fishing Power Index dari alat tangkap *j*

CPUE_j = total CPUE dari alat tangkap *j* (kg/trip)

CPUE_s = total CPUE dari alat tangkap standar (kg/trip)

Tabel 3.4 menunjukkan hasil nilai FPI penangkapan ikan kembung dengan alat tangkap standar yang terpilih adalah *trammelnet*. Salah satu indikator bahwa perhitungan FPI sudah benar adalah nilai FPI alat tangkap standar harus 1 dan alat tangkap lainnya dibawah 1. Kesalahan perhitungan yang sering terjadi ketika menggunakan program Exel adalah kesalahan menulis rumus. Jika nama cell CPUE trammelnet dan dogol masing-masing adalah D35 dan D36, maka nilai FPI dogol dirumuskan dalam program Exel adalah: =D35/\$D\$36. Copy paste rumus tersebut untuk perhitungan alat tangkap lainnya.

Tabel 3.4 FPI penangkapan ikan kembung menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin

Jenis Alat Tangkap	C _{total}	E _{total}	CPUE _{total}	FPI
Dogol	1,233	362,040	0.00340449	0.157
Jaring Tiga Lapis	1,418	65,565	0.02162068	1.000
Bagan tancap	1,277	134,651	0.00948244	0.439
Perangkap lainnya	614	314,105	0.00195562	0.090

- c. Menghitung nilai total upaya penangkapan standar dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{sjt} = FPI_j \times E_{jt}$$

$$E_{st} = \sum_{j=1}^j E_{sjt}$$

Keterangan:

- FPI_j = Fishing Power Index dari alat tangkap j
 E_{sjt} = upaya penangkapan standar dari jenis alat tangkap j pada tahun t (trip)
 E_{st} = upaya penangkapan standar pada tahun t (trip)

Tabel 3.5 Upaya penangkapan standar menurut alat tangkap di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016

Jenis Alat Tangkap	FPI _j	Upaya penangkapan Standar (E _{st})								
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Dogol	0.157	6,217.48	4,966.90	7,201.95	4,966.90	4,966.90	6,604.05	6,963.39	7,485.54	7,635.29
Jaring Tiga Lapis	1.000	7,933.00	6,334.00	9,184.00	7,334.00	7,334.00	10,552.00	5,327.00	5,726.00	5,841.00
Bagan tancap	0.439	6,966.00	5,562.97	8,066.40	8,198.85	8,198.85	5,078.78	5,355.09	5,756.83	5,871.73
Perangkap lainnya	0.090	3,896.28	3,080.95	4,467.66	3,773.27	3,773.27	2,152.38	2,291.49	2,463.35	2,512.56
Jumlah E _{st}		25,012.76	19,944.82	28,920.01	24,273.02	24,273.02	24,387.21	19,936.97	21,431.72	21,860.58

Tabel 3.5 menghasilkan upaya penangkapan dari seluruh alat tangkap setelah distandardisasi tahun 2008-2016. Misalnya, jumlah total upaya penangkapan dari seluruh alat tangkap setelah distandardisasi pada tahun 2016 adalah 21,860.58 trip.

Data tersebut akan digunakan untuk menghitung CPUE standar.

3.1.4 Menghitung CPUE standard

CPUE standar dihitung berdasarkan total hasil tangkapan dan upaya penangkapan standar. Persamaan CPUE standar menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CPUEs_t = \frac{C_t}{Es_t}$$

dimana:

$CPUEs_t$ = total CPUE pada tahun t (ton/trip)

C_t = total hasil tangkapan pada tahun t (ton)

Es_t = total upaya penangkapan standar pada tahun t (trip)

Tabel 3.6 CPUE standar ikan kembung menurut upaya penangkapan standar di Kabupaten Banyuasin tahun 2008-2016

Tahun	C_t	Es_t	$CPUEs_t$
2008	459.8	25012.75711	0.0183826
2009	474.74	19944.82356	0.0238027
2010	475.61	28920.00716	0.0164457
2011	495.42	24273.01547	0.0204103
2012	507.61	24273.01547	0.0209125
2013	521.94	24387.21195	0.0214022
2014	519.35	19936.96628	0.0260496
2015	535.91	21431.71652	0.0250055
2016	550.83	21860.57907	0.0251974

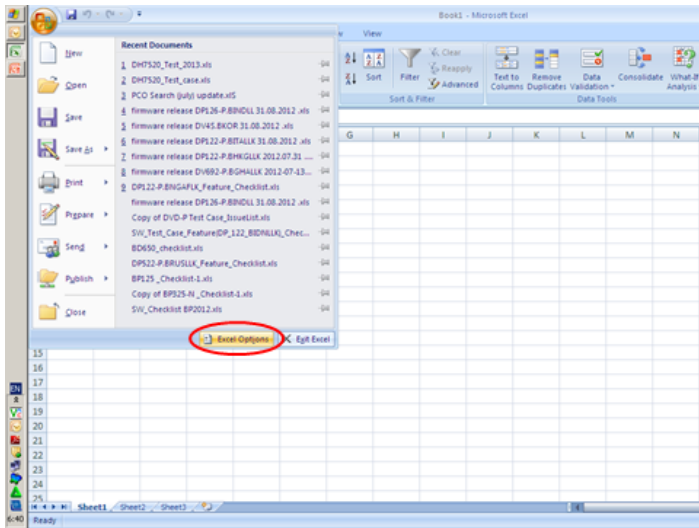
Hasil akhir input data pada Tabel 3.6 yang terdiri dari variabel hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (Es_t), dan CPUE standar ($CPUEs_t$), merupakan data dasar yang akan digunakan untuk perhitungan model surplus produksi.

3.2 Perhitungan Potensi Lestari

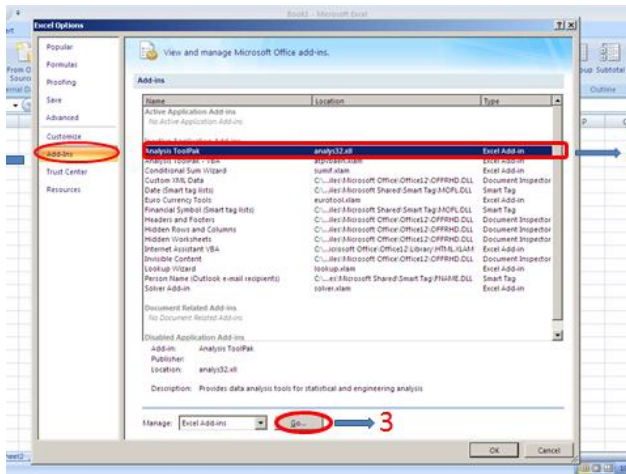
Potensi lestari (C_{MSY}) diperoleh dari perhitungan model surplus produksi. Pada bagian ini akan menjabarkan cara perhitungan potensi lestari menggunakan 7 model surplus produksi yaitu: model Schaefer, Gulland, Fox, Pella & Tomlinson, Walter-Hilbron, Schnute dan CYP.

Semua perhitungan tersebut dapat dengan mudah dilakukan menggunakan program Exel. Program exel telah menyediakan fasilitas *Analysis ToolPak (data analysis)* untuk menganalisis data dengan beberapa perhitungan statistik yang kompleks. Pada beberapa komputer, fasilitas tersebut mungkin belum terinstal. Cara menginstal data analysis pada Microsoft Excel 2007 sebagai berikut:

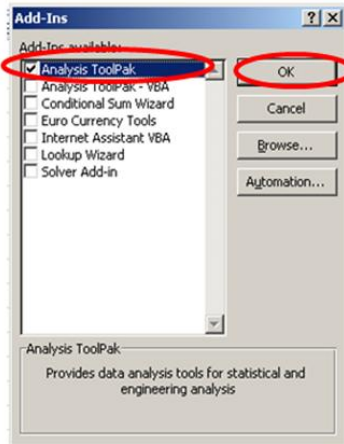
1. Pastikan laptop/komputer tersambung dengan jaringan internet.
2. Buka program exel
3. Buka Menu Microsoft Excel lalu pilih Excel Options maka akan tampil di bawah ini.



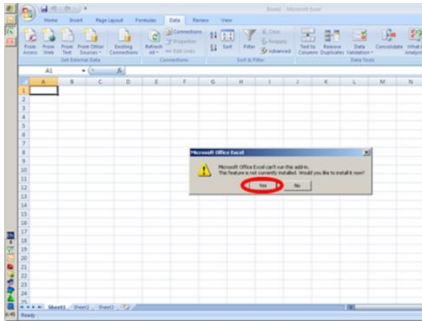
4. Kemudian Add-Ins → Analysis ToolPk → lalu klik Go. Lihat gambar berikut:



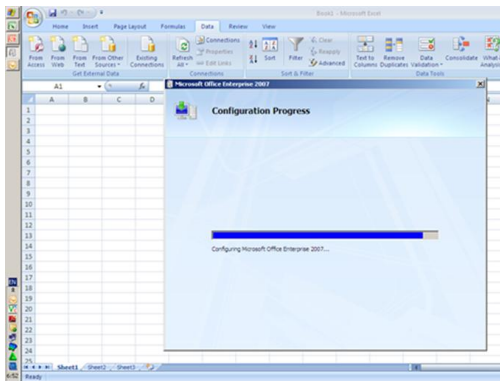
5. Centang Analysis ToolPak lalu klik OK. Lihat gambar berikut:



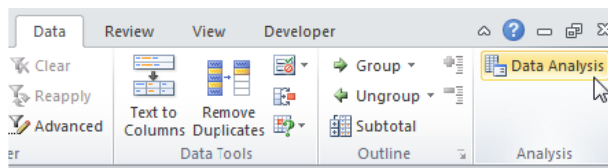
6. Layar komputer akan muncul gambar di bawah ini kemudian klik Yes.



7. Lalu akan muncul seperti gambar di bawah ini dan tunggu sekitar 3 menit sampai proses instal selesai.



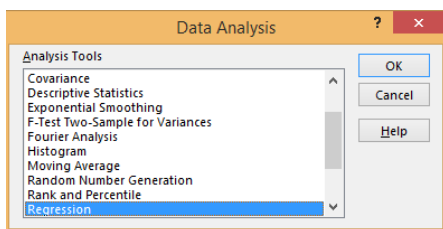
8. Klik menu data kemudian akan muncul data analysis di pokok kanan atas.



3.2.1 Model Schaefer

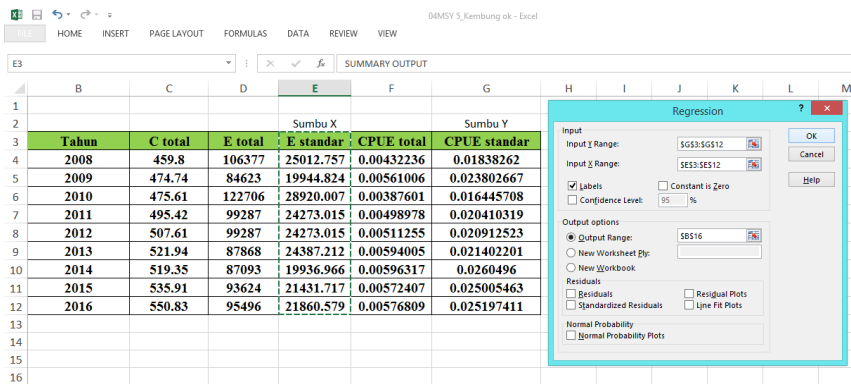
Dalam model Schaefer ini, Tabel 3.6 digunakan sebagai data dasar untuk menghitung hubungan linier antara CPUE standar dan hasil tangkapan. Perhitungan regresi dilakukan dengan bantuan program Exel dimana CPUE standar sebagai variabel Y dan upaya penangkapan standar sebagai variabel X. Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

1. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), dan CPUE standar (U_{st}), di setiap kolom seperti Tabel 3.6.
2. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:

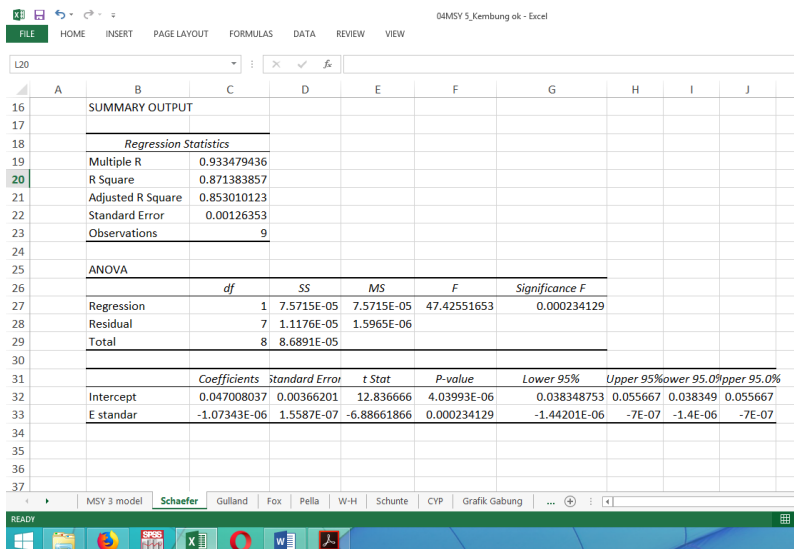


3. Pada input Y range, masukan cell data CPUE standar termasuk cell label CPUE standar di baris pertama pada kolom tersebut.

4. Pada input X range, masukan cell data E standar termasuk cell label CPUE standar di baris pertama pada kolom tersebut.
5. Centang Label karena pada point 3 dan 4 memasukkan cell CPUE standar dan E standar sebagai cell data.
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.
7. Klik OK sehingga akan muncul seperti gambar berikut:



8. Hasil regresi seperti tampilan berikut:



9. Analisis regresi di atas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

a. R^2 : 0.933479436

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : 0.047008037
- E standar (b) : -1.07343E-06

10. Menghitung upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Pada perhitungan ini, tanda positif/negatif dari nilai a dan b tidak akan dirubah sehingga rumus perhitungannya berbeda tanda dengan rumus yang telah ditulis dalam Bab 2. Perhitungan C_t , E_{opt} , C_{MSY} sebagai berikut:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data and formulas:

	df	SS	MS	F	Significance F
ANOVA					
Regression	1	7.5715E-05	7.5715E-05	47.42551653	0.000234129
Residual	7	1.1176E-05	1.5965E-06		
Total	8	8.6891E-05			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.047008037	0.00366201	12.836666	4.03993E-06	0.038348753	0.055667	0.038349	0.055667
E standar	-1.07343E-06	1.5587E-07	-6.88661866	0.000234129	-1.44201E-06	-7E-07	-1.4E-06	-7E-07

Formulas used in the spreadsheet:

- $E_{opt} = -a/2b$ (Cell C40): $=-C32/(C33*2)$
- $C_{MSY} = -a^2/4b$ (Cell C41): $=-(C32^2)/(4*C33)$

Calculated values:

- $E_{opt} = 21,896.135$
- $C_{MSY} = 514.647$

11. Periksa kesesuaian tanda untuk model Schaefer:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
Intercept (a): positif	Harus bernilai positif	sesuai
Slope (b): negatif	Harus bernilai negatif	sesuai

Kedua nilai intercept dan slope hasil regresi menunjukkan kesesuaian tanda dengan rumus persamaan model Schaefer sehingga model tersebut layak untuk menduka C_{MSY} dan E_{opt} .

12. Membuat kurva model Schaefer. Model Schaefer menggunakan pendekatan model pertumbuhan logistik sehingga garis kurva tersebut memiliki perpotongan di sumbu X yaitu di titik 0 dan dititik 2 kalinya E_{opt} . Kurva model schaefer akan dibuat sedemikian rupa agar memotong di sumbu X sehingga data range data X mulai dari nilai 0 sampai $2E_{opt}$. Untuk memudahkan pembuat grafik, data simulasi sumbu X akan dibuat sebanyak 20 data sehingga selang antar data adalah $2E_{opt}/20 = 0.1E_{opt}$. Langkah-langkah selanjutnya sebagai berikut:

- Pilih cell untuk sumbu X dan sumbu Y
- Data sumbu X: isidata ke-1 dengan nilai 0 dan data ke-2 dengan rumus data sebelumnya $+E_{opt} * 0.1$. Copy paste rumus data ke-2 untuk data k-3 sampai ke-20
- Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = aE_t + bE_t^2$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-20.
- Data ke-1 dan ke-20 pada sumbu Y nilainya harus nol karena merupakan titik perpotongan kurva dengan sumbu X.

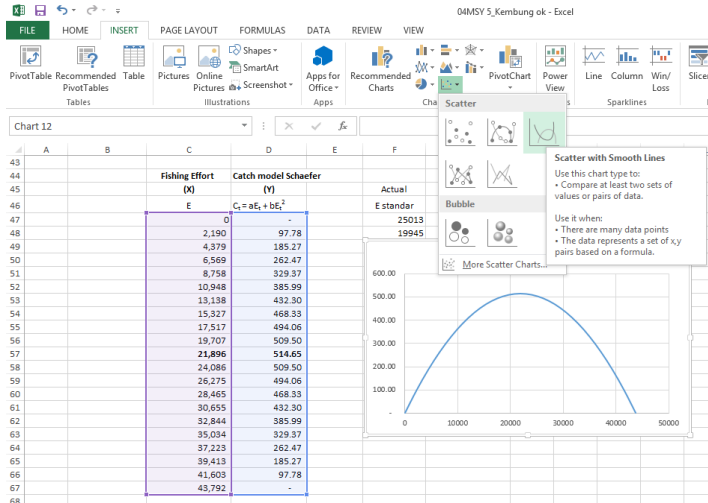
- e. Cara koreksi bahwa rumus kurva model Schaefer sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} (point 10) akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.
- f. Copy data actual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C

	A	B	C	D	E	F	G
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							

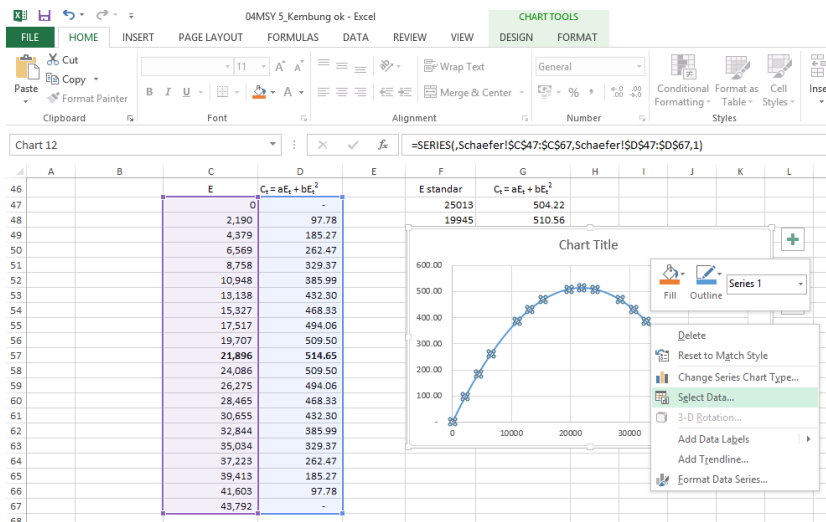
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%
Intercept	0.047008037	0.003662013	12.836666	4.0399E-06	0.038348753
E standar	-1.07343E-06	1.55872E-07	-6.886619	0.00023413	-1.44201E-06

Fishing Effort (X)	Catch model Schaefer (Y)	Actual
E	$C_1 = aE_1 + bE_1^2$	E standar
0	-	25013
2,190	97.78	19945
4,379	185.27	28920
6,569	262	
8,758	329	
10,948	385	
13,138	432.30	19937
15,327	468.33	21432
17,517	494.06	21861
19,707	509.50	
21,896	514.65	
24,086	509.50	
26,275	494.06	
28,465	468.33	
30,655	432.30	
32,844	385.99	
35,034	329.37	
37,223	262.47	
39,413	185.27	
41,603	97.78	
43,792	-	

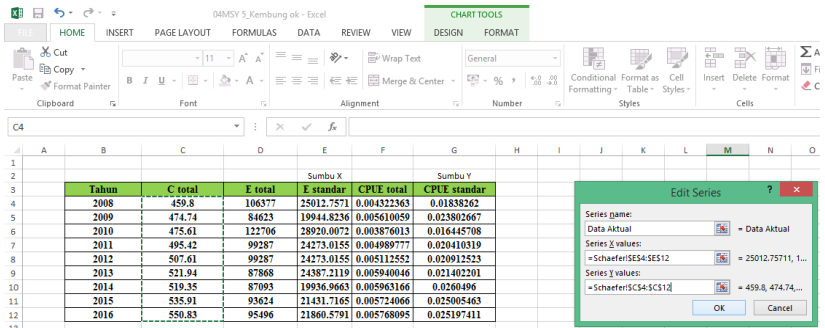
- h. Blok semua data sumbu X dan sumbu Y, klik inset, lalu klik chart kemudian klik scatterwith smooth line sehingga diperoleh kurva seperti gambar berikut:



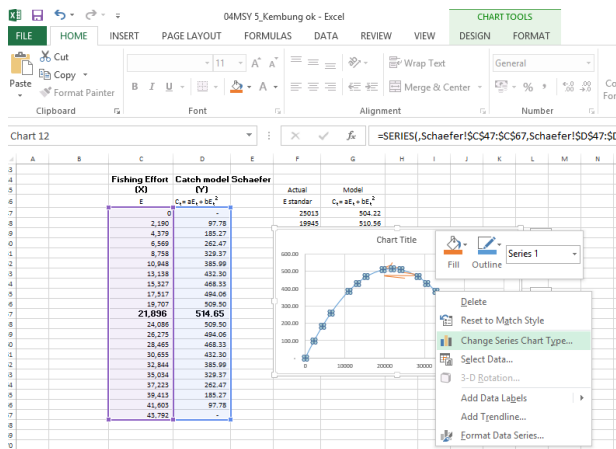
i. Klik garis kurva, lalu klik kanan dan klik select data:



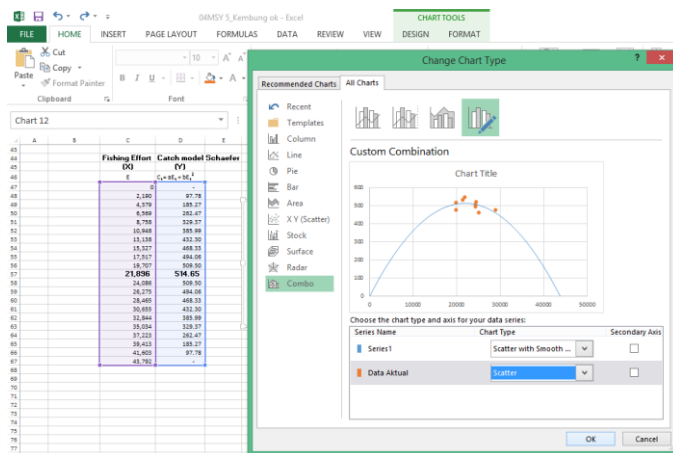
j. Klik Add, untuk menambahkan data aktual Catch dan E standar. Isi kotak series name: Data aktual, series X Value: data E standar dan series Y value: C total selanjutnya klik OK.



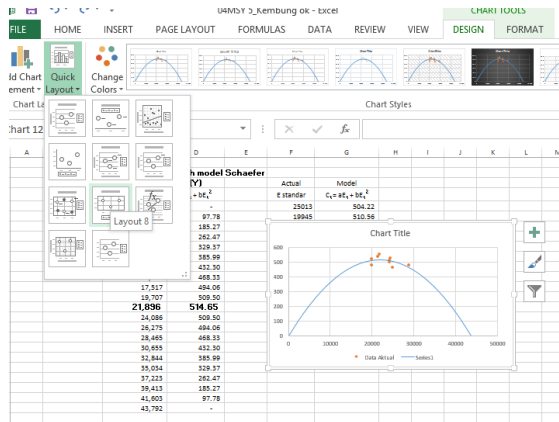
- k. Klik garis kurva, lalu klik kanan dan klik change series charts type guna mengganti tipe grafik pada data aktual.



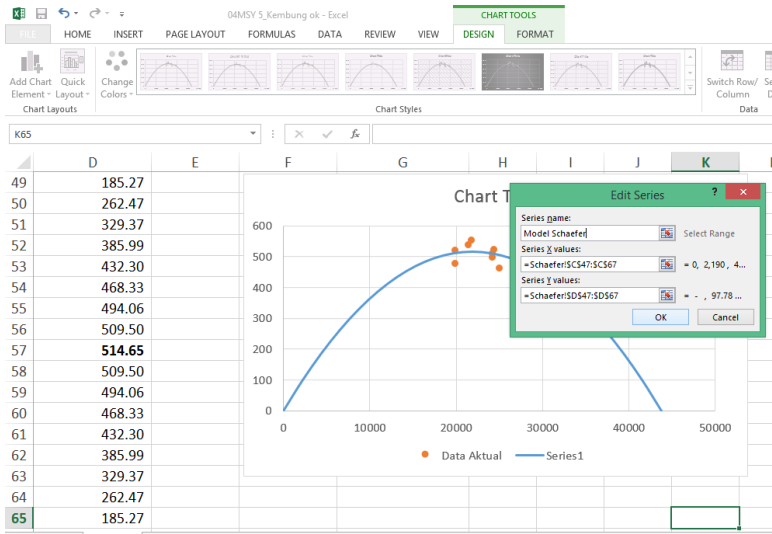
- l. Klik pada kotak data aktual, lalu klik tipe grafik scatter dan klik OK.



- m. Double Klik garfik, pilih dan klik quick layout dan klik layout 8 agar legend ada di bagian bawah.

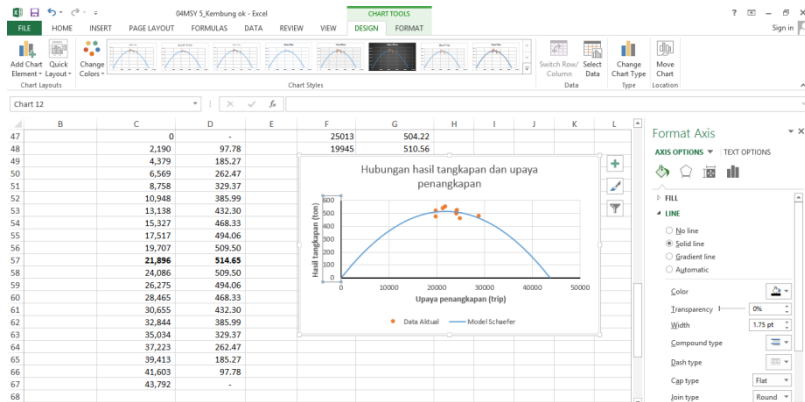
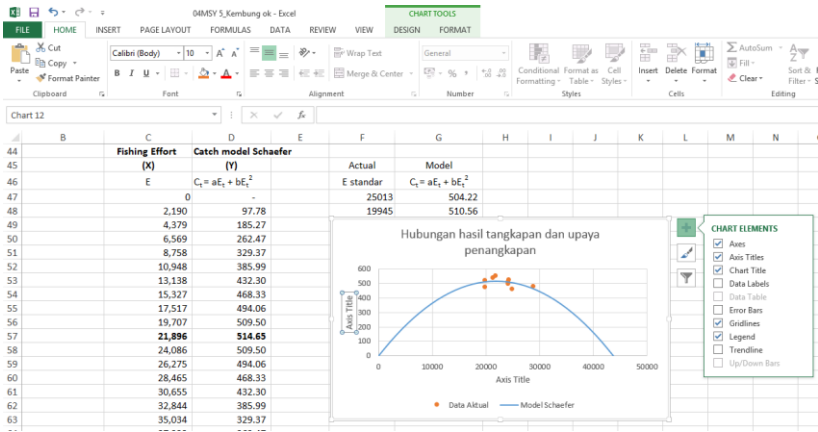


- n. Klik grafik, pilih dan klik select data, dan klik edit untuk mengganti nama legend. Isi kotak series name: Model Schaefer, lalu klik OK dan klik OK

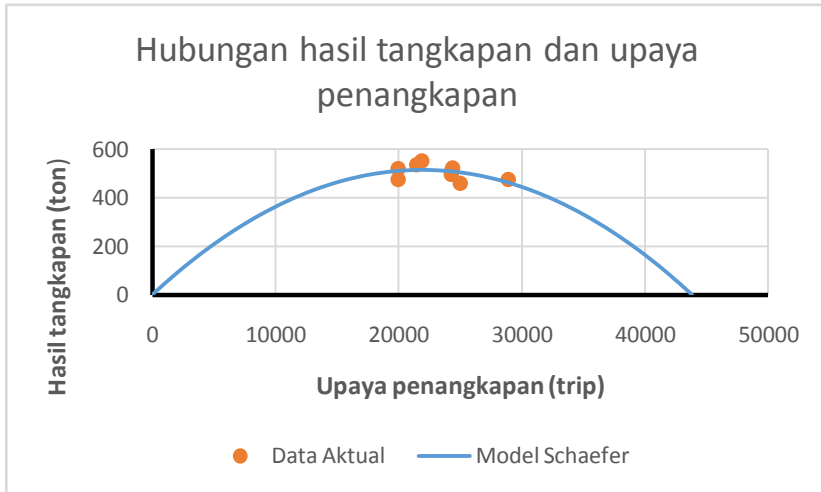


- o. Klik Chart Title untuk mengganti judul grafik dengan nama Hubungan hasil tangkapan dan upaya penangkapan.

- p. Klik grafik lalu klik tanda “+” dan centang axis titles untuk memberi nama sumbu X dan Y. Ganti nama Axis titles upaya penangkapan untuk sumbu X dan Hasil tangkapan untuk sumbu Y.
- q. Jika ingin mempertebal garis sumbu X, arahkan kursor ke sumbu X dan double klik, lalu klik icon fill & line, pada kotak color pilih warna hitam dan pada kotak width pilih 1.75 pt. Langkah yang sama juga berlaku untuk sumbu Y.



r. Hasil akhir grafik model schaefer sebagai berikut:



3.2.2 Model Gulland

Model Gulland hampir sama dengan model Schaefer, perbedaannya terletak pada variabel X yaitu upaya rata-rata tahun sebelumnya ($t-1$) dengan tahun t . Hubungan CPUE standar dengan upaya penangkapan rata-rata bergerak dianalisis dengan regresi linier sederhana. Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

1. Buat lembar kerja (sheet) baru dengan nama "Gulland."
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), CPUE standar ($CPUE_{st}$), dan rata-rata bergerak upaya penangkapan (E_{rbsst}), di setiap kolom. Data-data tersebut dapat dilihat pada tampilan berikut:

04M

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW

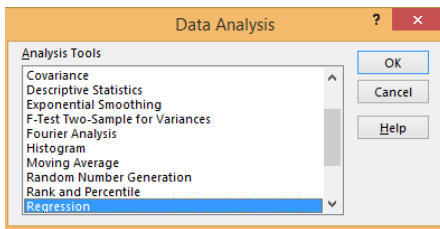
Cut Copy Paste Format Painter

Clipboard Font Alignment

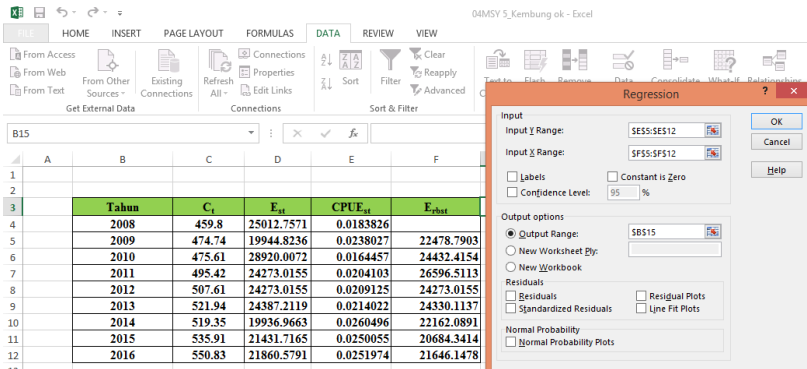
F5 =AVERAGE(D4:D5)

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2					Sumbu Y	Sumbu X	
3		Tahun	C_t	E_{st}	$CPUE_{st}$	E_{rbst}	
4		2008	459.8	25012.7571	0.0183826		
5		2009	474.74	19944.8236	0.0238027	22478.7903	
6		2010	475.61	28920.0072	0.0164457	24432.4154	
7				273.0155	0.0204103	26596.5113	
8				273.0155	0.0209125	24273.0155	
9		2013	521.94	24387.2119	0.0214022	24330.1137	
10		2014	519.35	19936.9663	0.0260496	22162.0891	
11		2015	535.91	21431.7165	0.0250055	20684.3414	
12		2016	550.83	21860.5791	0.0251974	21646.1478	
13							

3. Klik menu data lalu klik dataanalysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



4. Pada input X range, masukan cell data E_{rbst} sebaiknya tidak termasuk data label.
5. Pada input Y range, masukan cell data $CPUE_{st}$ seperti input data X dimana dimulai data E_{rbst} tahun 2009.
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.
7. Klik OK sehingga akan muncul seperti gambar berikut:



8. Hasil regresi seperti tampilan berikut:

Regression Statistics	
Multiple R	0.75338624
R Square	0.567590827
Adjusted R Square	0.495522631
Standard Error	0.002286153
Observations	8

ANOVA		df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	4.11626E-05	4.11626E-05	7.875746327	0.030903291	
Residual	6	3.1359E-05	5.2265E-06			
Total	7	7.25215E-05				

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.051924129	0.010550229	4.92161133	0.002652496	0.026108647	0.07773961	0.026108647	0.07773961
X Variable 1	-1.2656E-06	4.50977E-07	-2.806376013	0.030903291	-2.3691E-06	-1.621E-07	-2.36911E-06	-1.6211E-07

9. Analisis regresi di atas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

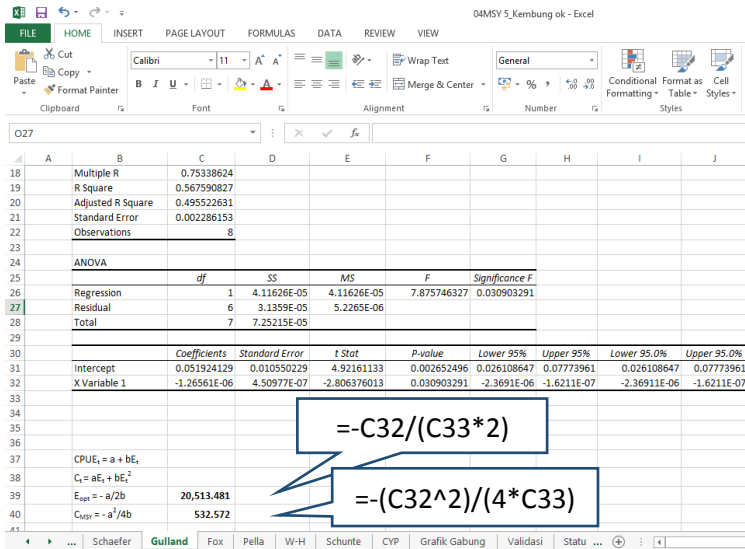
a. R² : 0.567590827

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : 0.051924129

- E_{1rbst} (b) : -1.26561E-06

10. Menghitung upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Perhitungan C_t , E_{opt} , C_{MSY} sebagai berikut:



11. Periksa kesesuaian tanda hasil regresi:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
Intercept (a): positif	Harus bernilai positif	sesuai
Slope (b): negatif	Harus bernilai negatif	sesuai

Nilai intercept dan slope dari hasil regresi menunjukkan kesesuaian tanda dengan rumus persamaan model Gulland sehingga model tersebut layak digunakan untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} .

12. Membuat kurva model Gulland. Langkah-langkah pembuat kurva tersebut sebagai berikut:

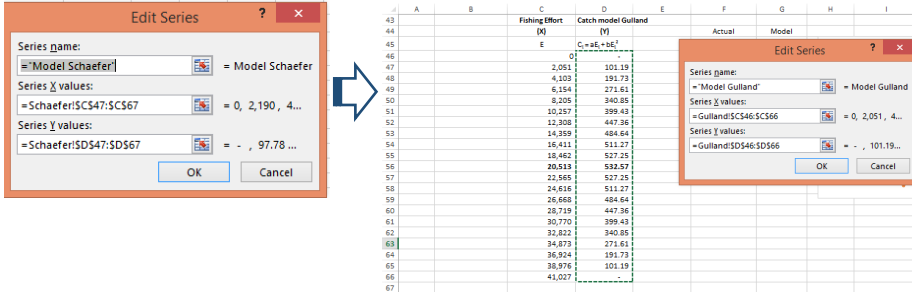
- a. Pilih cell untuk sumbu X dan sumbu Y

- b. Data sumbu X: isi data ke-1 dengan nilai 0 dan data ke-2 dengan rumus data sebelumnya + $E_{opt} * 0.1$. Copy paste rumus data ke-2 untuk data ke-3 sampai ke-20
- c. Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = aE_t + bE_t^2$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-20.
- d. Data ke-1 dan ke-20 pada sumbu Y nilainya harus nol karena merupakan titik perpotongan kurva dengan sumbu X.
- e. Cara koreksi bahwa rumus kurva model Gulland sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} (point 10) akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.
- f. Copy data aktual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C.

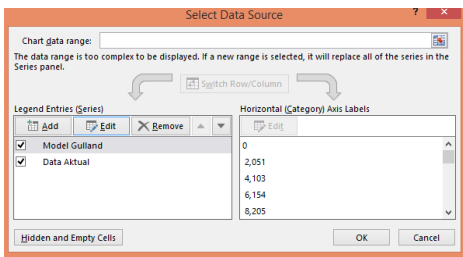
	A	B	C	D	E	F	G
37		$CPUE_t = a + bE_t$					
38		$C_t = aE_t + bE_t^2$					
39		$E_{opt} = -a/2b$	20,513				
40		$C_{opt} = -a^2/4b$	532.57				
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							

	Fishing Effort (X)	Catch model Gulland (Y)	Actual E_t	Model $C_t = aE_t + bE_t^2$
44	E	$C_t = aE_t + bE_t^2$		
45	0	0		
46	2,051	101.19	25013	506.95
47	103	191.73	19945	532.16
48	154	271.6	28920	443.13
49	205	340.8		
50	257	399.4		
51	12,308	447.3		
52	14,359	484.64	21432	531.51
53	16,411	511.27	21861	530.28
54	18,462	527.25		
55	20,513	532.57		
56	22,565	527.25		
57	24,616	511.27		
58	26,668	484.64		
59	28,719	447.36		
60	30,770	399.43		
61	32,822	340.85		
62	34,873	271.61		
63	36,924	191.73		
64	38,976	101.19		
65	41,027	-		

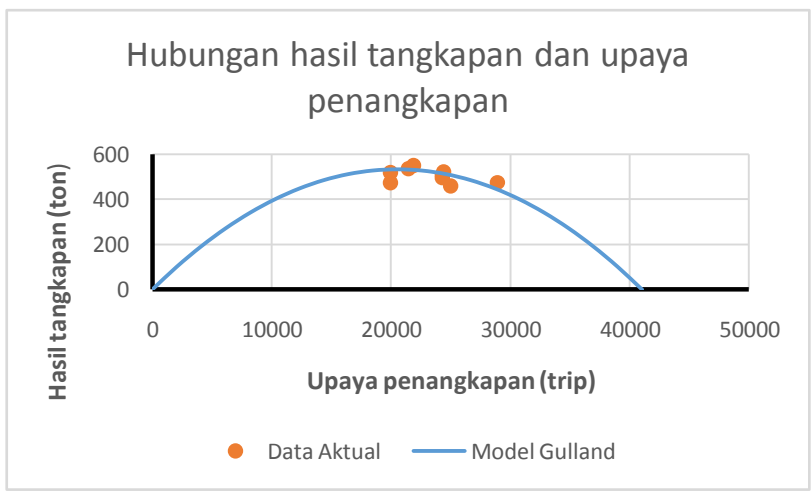
- h. Copy paste kurva model Schaefer selanjutnya dilakukan pengeditaan data sesuai dengan data model Gulland.
- i. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan pilih model Schaefer lalu klik edit.
- j. Edit series name dengan Model Gulland, lalu klik series X value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Gulland agar sheet kembali ke sheet Gulland kemudian klik kembali series X value lalu blok data X yang akan digunakan untuk mengganti data X Schaefer.
- k. Klik series Y value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Gulland agar sheet kembali ke sheet Gulland kemudian klik kembali series Y value lalu blok data Y yang akan digunakan untuk mengganti data Y Schaefer.



- I. Jika tidak ada kesalahan input data Gulland lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah berubah dari model schaefer menjadi model Gulland. Kemudian klik OK.



Hasil akhir kurva model Gulland seperti gambar berikut:



3.2.3 Model Walter-Hilborn

Pada Model Walter-Hilborn menggunakan regresi linier berganda untuk menggambarkan hubungan antara CPUE standar dan Upaya penangkapan standar. Variabel Y, X1 dan X2 adalah:

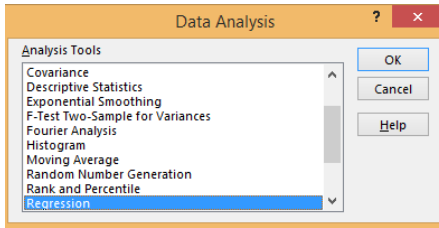
$$Y = \frac{CPUE_{st+1}}{CPUE_{st}} - 1; X_1 = CPUE_{st}; X_2 = E_{st}$$

Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

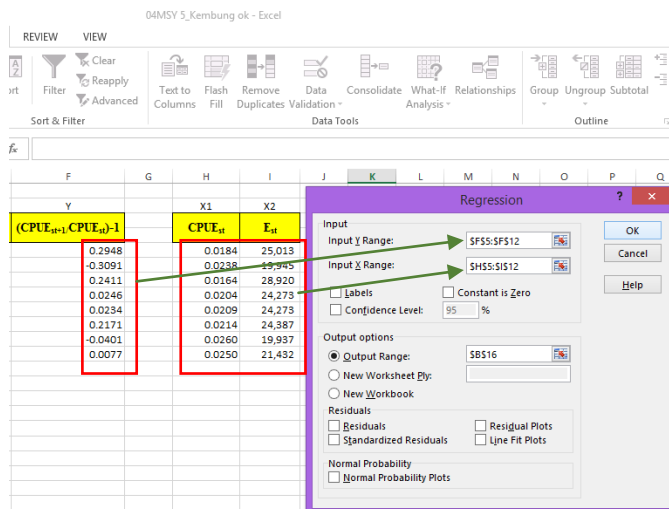
1. Buat lembar kerja (sheet) baru dengan nama "W-H."
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), CPUE standar ($CPUE_{st}$), dan CPUE standar pada tahun t+1($CPUE_{st+1}$), di setiap kolom seperti tampilan berikut:

Tahun	C_t	X2 $= (E_6/E_5) - 1$	Y $(CPUE_{st+1}/CPUE_{st}) - 1$	X1 $CPUE_{st}$	X2 E_{st}	
2008	459.8		0.2948	0.0184	25,013	
2009	474.74	19,945	-0.3091	0.0238	19,945	
2010	475.61	28,920	0.2411	0.0164	28,920	
2011	495.42	24,273	0.02041032	0.0204	24,273	
2012	507.61	24,273	0.02091252	0.0234	0.0209	24,273
2013	521.94	24,387	0.02140220	0.2171	0.0214	24,387
2014	519.35	19,937	0.02604960	-0.0401	0.0260	19,937
2015	535.91	21,432	0.02500546	0.0077	0.0250	21,432
2016	550.83	21,861	0.02519741			

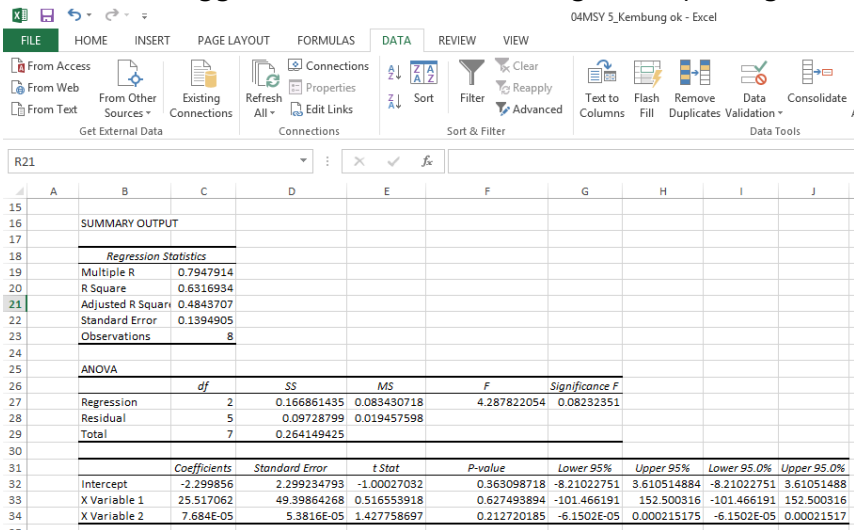
3. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



4. Pada input X range, masukan cell data X1 dan X2 Walters-Hilborn.
5. Pada input Y range, masukan cell data Y Walters-Hilborn.
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.



7. Klik OK sehingga akan muncul hasil regresi seperti gambar



8. Analisis regresi di atas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

a. R^2 : 0.63169335

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : -2.299856311
- X_1 (b) : 25.51706239
- X_2 (c) : 7.68363E-05

9. Menghitung upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Perhitungan C_t , E_{opt} dan C_{MSY} sebagai berikut:

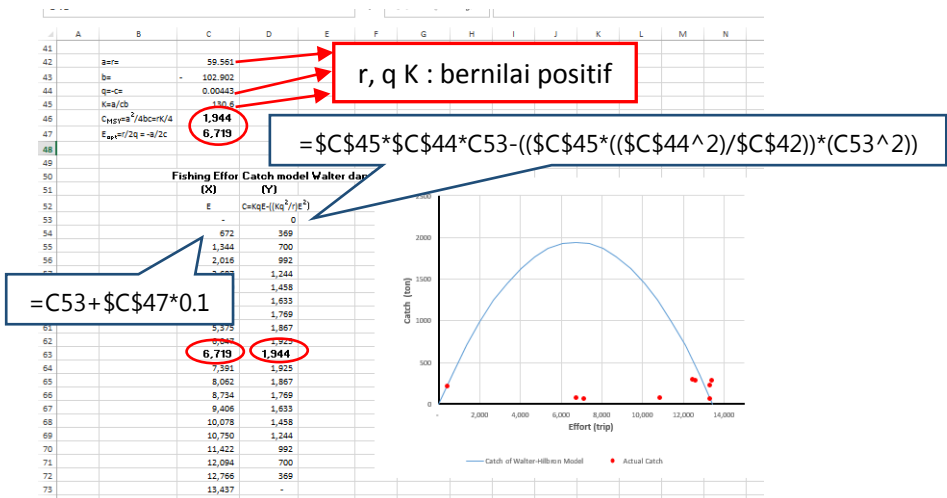
Regression Statistics								
Multiple R	0.7947914							
R Square	0.6316934							
Adjusted R Square	0.4843707							
Standard Error	0.1394905							
Observations	8							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	0.166861435	0.083430718	4.287822054	0.08232351			
Residual	5	0.09728799	0.019457598					
Total	7	0.264149425						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-2.299856	2.299234793	-1.00027032	0.363098718	-8.21022751	3.610514884	-8.21022751	3.61051488
X Variable 1	25.517062	49.39864268	0.516553918	0.627493894	-101.466191	152.500316	-101.466191	152.500316
X Variable 2	7.684E-05	5.3816E-05	1.427758697	0.212720185	-6.1502E-05	0.000215175	-6.1502E-05	0.00021517

a=r=	-	2.300	=C38*C41/4
b=	-	25.517	
q=c=	-	0.00008	
K=a/cb	-	1,173.0	=C38/(2*C40)
$C_{MSY} = a^2/4bc = r^2/4$		674.44	
$E_{opt} = r/2q = -a/2c$		14,966	

10. Periksa kesesuaian tanda untuk model Walters-Hilborn dimana:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
r: negatif	Harus bernilai positif	Tidak sesuai
q: negatif	Harus bernilai positif	Tidak sesuai
k: negatif	Harus bernilai positif	Tidak sesuai

11. Perhitungan selanjutnya tidak perlu dilakukan karena pada kasus ini model Walters dan Hilborn tidak layak digunakan untuk membangun model surplus produksi Walters dan Hilborn dinama pendugaan parameter biologi (r , q dan K) bernilai negatif.
12. Berikut ini adalah contoh perhitungan model Walter-Hilborn untuk ikan bawal putih dimana hasilnya memiliki kesesuaian tanda:



3.2.4 Model Pella & Tomlinson

Pada Model Pella & Tomlinson menggunakan regresi linier sederhana untuk menggambarkan hubungan antara CPUE standar dan Upaya penangkapan standar. Variabel Y dan X adalah:

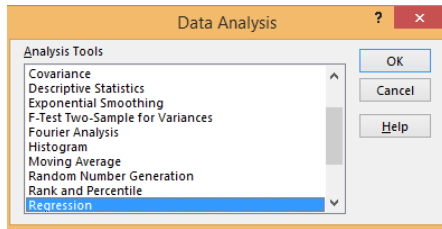
$$Y = CPUE_{st}; X = E_{st}^{m-1}$$

Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

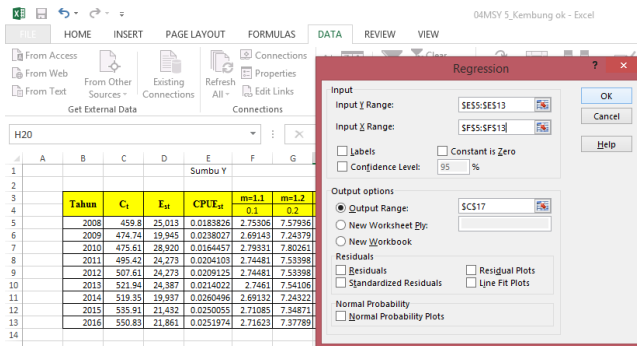
1. Buat lembar kerja (*sheet*) baru dengan nama "Pella."
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), CPUE standar ($CPUE_{st}$), dan E_{st}^{m-1} di setiap kolom seperti tampilan berikut:

1	Sumbu Y				Sumbu X									
	Tahun	C_t	E_{st}	$CPUE_{st}$	$m=1.1$	$m=1.2$	$m=1.3$	$m=1.4$	$m=1.5$	$m=1.9$	$m=2.1$	$m=2.2$	$m=2.3$	$m=2.5$
2					0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5
3														
4	2008	459.8	25,013	0.0183826	2.75206	5.20356	20.86645	57.44664	158.1542	9085.428	68861.7	189580.6	521922.1	1255873
5	2009	474.74	19,945	0.0238027	2.6914	7.4	20.86645	57.44664	158.1542	9085.428	68861.7	189580.6	521922.1	1255873
6	2010	475.61	28,920	0.0164457	2.7933	7.4	20.86645	57.44664	158.1542	9085.428	68861.7	189580.6	521922.1	1255873
7	2011	495.42	24,273	0.0204103	2.74483	7.4	20.86645	57.44664	158.1542	9085.428	68861.7	189580.6	521922.1	1255873
8	2012	507.61	24,273	0.0209125	2.744811	7.533985	20.67936	56.76093	155.798	8843.239	66624.83	182872.5	501950.5	3781687
9	2013	521.94	24,387	0.0214022	2.746099	7.541061	20.7085	56.86759	156.1641	8880.674	66969.7	183905.4	505022.6	3808406
10	2014	519.35	19,937	0.0260496	2.691324	7.243222	19.49385	52.46427	141.1983	7407.867	53656.83	144407.9	388648.3	2815066
11	2015	535.91	21,432	0.0250055	2.710851	7.348715	19.92127	54.00361	146.3958	7905.899	58098.2	157495.6	426947.1	3137512
12	2016	550.83	21,861	0.0251974	2.716228	7.377893	20.04004	54.4333	147.8532	8048.14	59378.31	161285	438086.8	3232157

3. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut



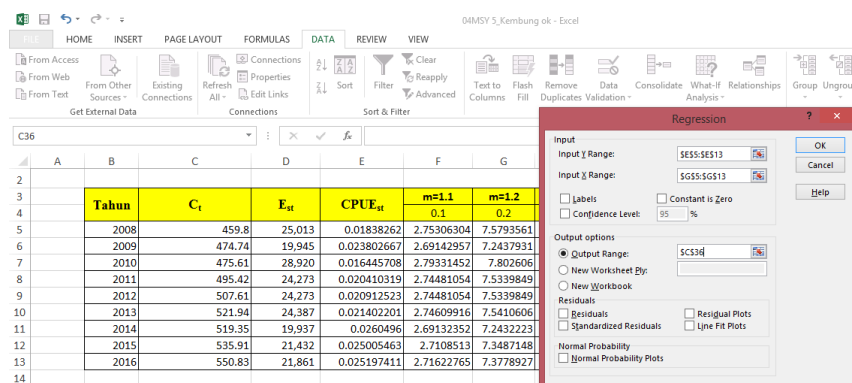
4. Pada input Y range, masukan cell data E_{st}^{m-1} dimana $m=1.1$.
5. Pada input X range, masukan cell data $CPUE_{st}$
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.



7. Klik OK sehingga hasil regresi seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
16											
17		m=1.1	SUMMARY OUTPUT								
18			Regression Statistics								
19			Multiple R	0.9316125							
20			R Square	0.86790185							
21			Adjusted R Square	0.84903069							
22			Standard Error	0.00128052							
23			Observations	9							
24			ANOVA								
25				df	SS	MS	F	Significance F			
26			Regression	1	7.54126E-05	7.5413E-05	45.990901	0.00025747			
27			Residual	7	1.14781E-05	1.6397E-06					
28			Total	8	8.68907E-05						
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											
91											
92											
93											
94											
95											
96											
97											
98											
99											
100											

8. Ulangi langkah 3-6 untuk m=1.2



9. Hasil regresi untuk $m=1.2$ seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
35											
36		m=1.2	SUMMARY OUTPUT								
37											
38			Regression Statistics								
39			Multiple R	0.93200695							
40			R Square	0.86863696							
41			Adjusted R Square	0.84987081							
42			Standard Error	0.00127695							
43			Observations	9							
44			ANOVA								
45				df	SS	MS	F	Significance F			
46			Regression	1	7.54765E-05	7.5477E-05	46.28744	0.00025241			
47			Residual	7	1.14142E-05	1.6306E-06					
48			Total	8	8.68907E-05						
49											
50											
51				Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
52			Intercept	0.14880659	0.01864972	7.97902507	9.269E-05	0.10470701	0.192906168	0.10470701	0.192906168
53			X Variable 1	-0.01698768	0.002496908	-6.80348734	0.0002524	-0.02289193	-0.01108343	-0.02289193	-0.01108343

10. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=1.3$

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a regression analysis for $m=1.3$. The data table is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1					Sumbu Y				
2									
3									
4			Tahun	C_t	E_{ct}	$CPUE_{ct}$	m=1.1	m=1.2	m=1.3
5			2008	459.8	25.013	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452
6			2009	474.74	19.945	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591
7			2010	475.61	28.920	0.016445708	2.79331452	7.802606	21.7951328
8			2011	495.42	24.273	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612
9			2012	507.61	24.273	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612
10			2013	521.94	24.387	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002
11			2014	519.35	19.937	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546
12			2015	535.91	21.432	0.025005463	2.7108513	7.3487148	19.921273
13			2016	550.83	21.861	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361

The 'Regression' dialog box is open, showing the following settings:

- Input Range: \$E\$5:\$I\$13
- Input X Range: \$H\$5:\$H\$13
- Labels: Constant is Zero
- Confidence Level: 95 %
- Output Range: \$C\$5:\$H\$13
- Output options: New Worksheet Ply, New Workbook
- Residuals: Residuals, Standardized Residuals, Residual Plots, Line Fit Plots
- Normal Probability: Normal Probability Plots

11. Klik OK sehingga hasil regresi untuk $m=1.3$ seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
55											
56		m=1.3	SUMMARY OUTPUT								
57											
58			Regression Statistics								
59			Multiple R	0.93235557							
60			R Square	0.86928692							
61			Adjusted R Square	0.85061362							
62			Standard Error	0.00127379							
63			Observations	9							
64			ANOVA								
65				df	SS	MS	F	Significance F			
66			Regression	1	7.5533E-05	7.5533E-05	46.552405	0.00024799			
67			Residual	7	1.13578E-05	1.6225E-06					
68			Total	8	8.68907E-05						
69											
70											
71				Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
72			Intercept	0.10640755	0.01238481	8.59177869	5.763E-05	0.07712213	0.135692973	0.07712213	0.135692973
73			X Variable 1	-0.00413795	0.000606477	-6.82293229	0.000248	-0.00557204	-0.00270386	-0.00557204	-0.00270386

12. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=1.4$

Tahun	C_t	E_{1t}	$CPUE_{1t}$	$m=1.1$	$m=1.2$	$m=1.3$	$m=1.4$
2008	459.8	25.013	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921
2009	474.74	19.945	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906
2010	475.61	28.920	0.016445708	2.79331452	7.802806	21.7951328	60.88066092
2011	495.42	24.273	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876
2012	507.61	24.273	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876
2013	521.94	24.387	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002	56.86759491
2014	519.35	19.937	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944
2015	535.91	21.432	0.025005463	2.7108513	7.3487148	19.921273	54.00360879
2016	550.83	21.861	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009

13. Klik OK sehingga hasil regresi seperti tampilan berikut:

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	7.5582E-05	7.5582E-05	46.784423	0.00024421
Residual	7	1.13088E-05	1.6155E-06		
Total	8	8.68907E-05			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.08520442	0.009256589	9.20473185	3.684E-05	0.06331606	0.107092772	0.06331606	0.107092772
X Variable 1	-0.00113372	0.000165751	-6.83991396	0.0002442	-0.00152566	-0.00074178	-0.00152566	-0.00074178

14. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=1.5$

Tahun	C_t	E_{1t}	$CPUE_{1t}$	$m=1.1$	$m=1.2$	$m=1.3$	$m=1.4$	$m=1.5$
2008	459.8	25.013	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921	158.154219
2009	474.74	19.945	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906	141.226143
2010	475.61	28.920	0.016445708	2.79331452	7.802806	21.7951328	60.88066092	170.058834
2011	495.42	24.273	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996
2012	507.61	24.273	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996
2013	521.94	24.387	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002	56.86759491	156.164055
2014	519.35	19.937	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944	141.198323
2015	535.91	21.432	0.025005463	2.7108513	7.3487148	19.921273	54.00360879	146.395753
2016	550.83	21.861	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009	147.852353

15. Klik OK sehingga hasil regresi untuk $m=1.5$ seperti tampilan berikut:

04MSY_5_Kembung ok - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
95											
96		m=1.5	SUMMARY OUTPUT								
97											
98			Regression Statistics								
99			Multiple R	0.93291358							
100			R Square	0.87032774							
101			Adjusted R Square	0.85180313							
102			Standard Error	0.00126871							
103			Observations	9							
104			ANOVA								
105				df	SS	MS	F	Significance F			
106			Regression	1	7.56234E-05	7.5623E-05	46.982247	0.00024104			
107			Residual	7	1.12673E-05	1.6096E-06					
108			Total	8	8.68907E-05						
109											
110				Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
111			Intercept	0.07247963	0.00738307	9.81700465	2.416E-05	0.05502144	0.089937815	0.05502144	0.089937815
112			X Variable 1	-0.00033126	4.83289E-05	-6.85435974	0.000241	-0.00044554	-0.00021698	-0.00044554	-0.00021698
113											

16. Ulangi langkah 3-6 untuk m=1.9

04MSY_5_Kembung ok - Excel

	D	E	F	G	H	I	J	K	
1		Sumbu Y			Sumbu X				
2									
3		E_{it}	$CPUE_{it}$	m=1.1	m=1.2	m=1.3	m=1.4	m=1.5	m=1.9
4				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.9
5		25.013	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921	158.154219	9085.428381
6		19.945	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906	141.226143	7410.494321
7		28.920	0.016445708	2.79331452	7.802606	21.7951328	60.88066092	170.058834	10353.29423
8		24.273	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935
9		24.273	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935
10		24.387	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002	56.86759491	156.164055	8880.674196
11		19.937	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944	141.198323	7407.866837
12		21.432	0.025005463	2.7108513	7.3487148	19.9211273	54.00360879	146.395753	7905.898978
13		21.861	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009	147.853235	8048.139506
14									

Regression

Input Y Range: \$E\$5:\$E\$13

Input X Range: \$K\$5:\$K\$13

Labels Constant is Zero

Confidence Level: 95 %

Output options

Output Range: \$C\$11:\$I\$11

New Worksheet Ply:

New Workbook

Residuals

Residuals Residual Plots

Standardized Residuals Line Fit Plots

Normal Probability

Normal Probability Plots

17. Klik OK sehingga hasil regresi untuk m=1.9 seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
114											
115		m=1.9	SUMMARY OUTPUT								
116											
117			Regression Statistics								
118			Multiple R	0.93346224							
119			R Square	0.87135175							
120			Adjusted R Square	0.85297343							
121			Standard Error	0.00126369							
122			Observations	9							
123			ANOVA								
124				df	SS	MS	F	Significance F			
125			Regression	1	7.57124E-05	7.5712E-05	47.411935	0.00023434			
126			Residual	7	1.11783E-05	1.5969E-06					
127			Total	8	8.68907E-05						
128											
129				Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
130			Intercept	0.04984149	0.004071583	12.2413051	5.562E-06	0.04021372	0.0594669251	0.04021372	0.0594669251
131			X Variable 1	-3.2687E-06	4.74713E-07	-6.88563252	0.0002343	-4.3912E-06	-2.1462E-06	-4.3912E-06	-2.1462E-06
132											
133											

18. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=2.1$

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a regression analysis for $m=2.1$. The 'Regression' dialog box is open, showing the following settings:

- Input Y Range: \$E\$5:\$E\$13
- Input X Range: \$I\$5:\$I\$13
- Labels: Labels, Constant is Zero
- Confidence Level: 95%
- Output Range: \$C\$134
- Residuals: Residuals, Standardized Residuals, Residual Plots, Line Fit Plots
- Normal Probability: Normal Probability Plots

The spreadsheet data is as follows:

	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Sumbu Y					Sumbu X		
2					E^{m-1}			
3		$m=1.1$	$m=1.2$	$m=1.3$	$m=1.4$	$m=1.5$	$m=1.9$	$m=2.1$
4	CPUE _{it}	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.9	1.1
5	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921	158.154219	9085.428381	68861.7
6	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906	141.226143	7410.494321	53680.09
7	0.016445708	2.79331452	7.802606	21.7951328	60.88066092	170.058834	10353.29423	80782.68
8	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935	66624.83
9	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935	66624.83
10	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002	56.86759491	156.164055	8880.674196	66969.7
11	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944	141.198323	7407.866837	53656.83
12	0.0235005463	2.7108513	7.3487148	19.921273	54.00360879	146.395753	7905.898978	58098.2
13	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009	147.853235	8048.139506	59378.31

19. Klik OK sehingga hasil regresi untuk $m=2.1$ seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
133											
134		$m=2.1$	SUMMARY OUTPUT								
135											
136			Regression Statistics								
137			Multiple R	0.93344817							
138			R Square	0.87132549							
139			Adjusted R Square	0.85294342							
140			Standard Error	0.00126382							
141			Observations	9							
142											
143			ANOVA								
144				df	SS	MS	F	Significance F			
145			Regression	1	7.57101E-05	7.571E-05	47.400831	0.00023451			
146			Residual	7	1.11806E-05	1.5972E-06					
147			Total	8	8.68907E-05						
148											
149				Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
150			Intercept	0.04468842	0.003328509	13.4259589	2.983E-06	0.03681775	0.052559093	0.03681775	0.052559093
151			X Variable 1	-3.56E-07	5.17085E-08	-6.88482611	0.0002345	-4.7827E-07	-2.3373E-07	-4.7827E-07	-2.3373E-07

20. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=2.2$

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a regression analysis for $m=2.2$. The 'Regression' dialog box is open, showing the following settings:

- Input Y Range: \$E\$5:\$E\$13
- Input X Range: \$M\$5:\$M\$13
- Labels: Labels, Constant is Zero
- Confidence Level: 95%
- Output Range: \$C\$153
- Residuals: Residuals, Standardized Residuals, Residual Plots, Line Fit Plots
- Normal Probability: Normal Probability Plots

The spreadsheet data is as follows:

	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Sumbu Y							
2									
3						E^{m-1}			
4		E_{it}	$m=1.1$	$m=1.2$	$m=1.3$	$m=1.4$	$m=1.5$	$m=1.9$	$m=2.1$
5		25.013	0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921	158.154219	9085.428381
6		19.945	0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906	141.226143	7410.494321
7		28.920	0.016445708	2.79331452	7.802606	21.7951328	60.88066092	170.058834	10353.29423
8		24.273	0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935
9		24.273	0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935
10		24.387	0.021402201	2.74609916	7.5410606	20.7085002	56.86759491	156.164055	8880.674196
11		19.937	0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944	141.198323	7407.866837
12		21.432	0.0235005463	2.7108513	7.3487148	19.921273	54.00360879	146.395753	7905.898978
13		21.861	0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009	147.853235	8048.139506

21. Klik OK sehingga hasil regresi untuk $m=2.2$ seperti tampilan berikut:

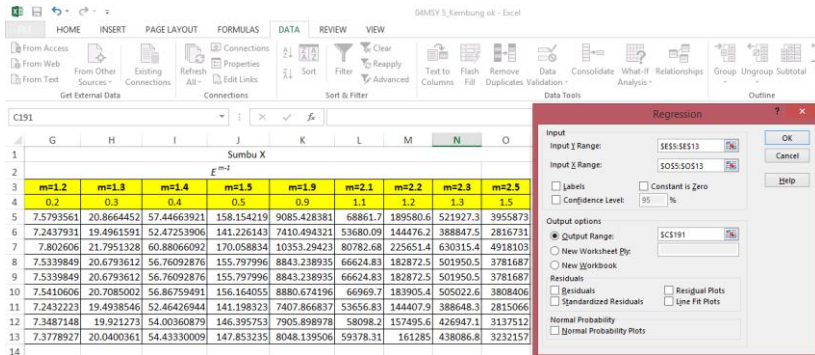
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
152											
153		m=2.2	SUMMARY OUTPUT								
154											
155			Regression Statistics								
156			Multiple R	0.93336828							
157			R Square	0.87117635							
158			Adjusted R Square	0.85277298							
159			Standard Error	0.00126455							
160			Observations	9							
161											
162			ANOVA								
163				<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
164			Regression	1	7.56972E-05	7.5697E-05	47.33785	0.00023548			
165			Residual	7	1.11936E-05	1.5991E-06					
166			Total	8	8.68907E-05						
167											
168				<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
169			Intercept	0.04275418	0.003052056	14.008321	2.237E-06	0.03553721	0.049971146	0.03553721	0.049971146
170			X Variable 1	-1.1903E-07	1.73001E-08	-6.88025075	0.0002355	-1.5994E-07	-7.8121E-08	-1.5994E-07	-7.8121E-08

22. Ulangi langkah 3-6 untuk m=2.3

23. Klik OK sehingga hasil regresi untuk m=2.3 seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
171											
172		m=2.3	SUMMARY OUTPUT								
173											
174			Regression Statistics								
175			Multiple R	0.93323963							
176			R Square	0.87093621							
177			Adjusted R Square	0.85249853							
178			Standard Error	0.00126573							
179			Observations	9							
180											
181			ANOVA								
182				<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
183			Regression	1	7.56763E-05	7.5676E-05	47.236746	0.00023704			
184			Residual	7	1.12144E-05	1.6021E-06					
185			Total	8	8.68907E-05						
186											
187				<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
188			Intercept	0.04111639	0.00281949	14.582915	1.703E-06	0.03444935	0.047783423	0.03444935	0.047783423
189			X Variable 1	-4.0068E-08	5.8298E-09	-6.87289941	0.000237	-5.3853E-08	-2.6282E-08	-5.3853E-08	-2.6282E-08

24. Ulangi langkah 3-6 untuk $m=2.5$



25. Klik OK sehingga hasil regresi untuk $m=2.5$ seperti tampilan berikut:

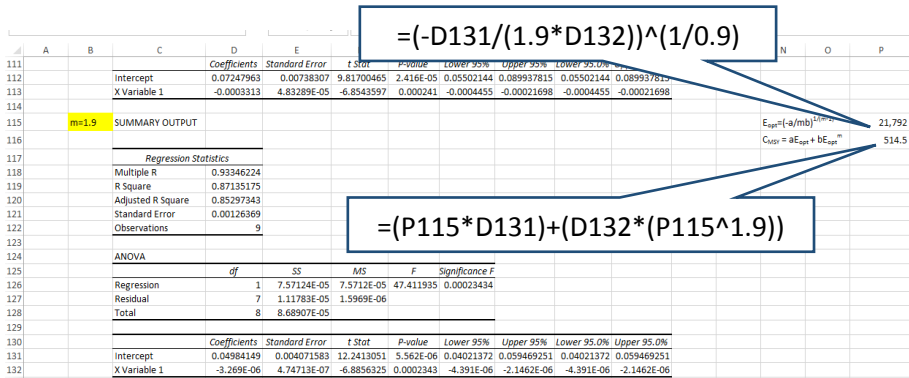
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
190												
191		m=2.5	SUMMARY OUTPUT									
192												
193			Regression Statistics									
194			Multiple R	0.93283569								
195			R Square	0.87018243								
196			Adjusted R Square	0.85163707								
197			Standard Error	0.00126942								
198			Observations	9								
199												
200			ANOVA									
201					df	SS	MS	F	Significance F			
202			Regression	1	7.56108E-05	7.5611E-05	46.921824	0.000242				
203			Residual	7	1.12799E-05	1.6114E-06						
204			Total	8	8.68907E-05							
205												
206					Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
207			Intercept	0.03849301	0.002450908	15.705607	1.027E-06	0.03269753	0.044288483	0.03269753	0.044288483	
208			X Variable 1	-4.6152E-09	6.73762E-10	-6.8495068	0.000242	-6.2084E-09	-3.022E-09	-6.2084E-09	-3.022E-09	

26. Bandingkan nilai R^2 dari masing-masing regresi di atas dan pilih regresi yang memiliki nilai R^2 tertinggi. Hasil perbandingan R^2 tersebut sebagai berikut:

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
2													
3													
4		CPUE _{it}	m=1.1	m=1.2	m=1.3	m=1.4	m=1.5	m=1.9	m=2.1	m=2.2	m=2.3	m=2.5	
5			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	
6			0.01838262	2.75306304	7.5793561	20.8664452	57.44663921	158.154219	9085.428381	68861.7	189580.6	521927.3	3955873
7			0.023802667	2.69142957	7.2437931	19.4961591	52.47253906	141.226143	7410.494321	53680.09	144476.2	388847.5	2816731
8			0.016445708	2.79331452	7.802606	21.7951328	60.88066092	170.058834	10353.29423	80782.68	225651.4	630315.4	4918103
9			0.020410319	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935	66624.83	182872.5	501950.5	3781687
10			0.020912523	2.74481054	7.5339849	20.6793612	56.76092876	155.797996	8843.238935	66624.83	182872.5	501950.5	3781687
11			0.0260496	2.69132352	7.2432223	19.4938546	52.46426944	141.198323	7407.866837	53565.83	144407.9	388648.3	2815066
12			0.025005463	2.7108513	7.3487148	19.921273	54.00360879	146.395753	7905.898978	58098.2	157495.6	426947.1	3137512
13			0.025197411	2.71622765	7.3778927	20.0400361	54.43330009	147.853235	8048.139506	59378.31	161285	438086.8	3232157
14													
15			R^2	0.86790185	0.868637	0.86928692	0.869850793	0.87032774	0.871351754	0.871325	0.871176	0.870936	0.870182
16													

Nilai R^2 tertinggi terjadi pada $m=1.9$

27. Hitung nilai E_{opt} dan C_{MSY} berdasarkan persamaan regresi terpilih dan hasilnya sebagai berikut:



28. Periksa kesesuaian tanda hasil regresi:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
Intercept (a): positif	Harus bernilai positif	sesuai
Slope (b): negatif	Harus bernilai negatif	sesuai

Nilai intercept dan slope dari hasil regresi menunjukkan kesesuaian tanda dengan rumus persamaan model Pella dan Tomlinson sehingga model tersebut layak digunakan untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} .

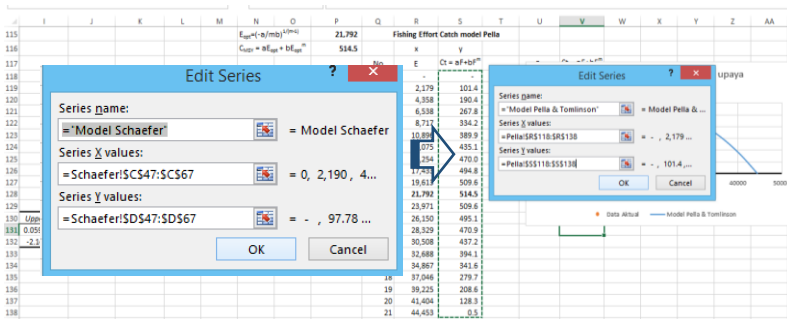
29. Membuat kurva model Pella dan Tomlinson. Langkah-langkah membuat kurva tersebut sebagai berikut:

- Pilih cell untuk sumbu X dan sumbu Y
- Data sumbu X: isi data ke-1 dengan nilai 0 dan data ke-2 dengan rumus data sebelumnya + $E_{opt} * 0.1$. Copy paste rumus data ke-2 untuk data ke-3 sampai ke-20

- c. Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = aE_t + bE_t^m$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-20.
- d. Data ke-1 pada sumbu Y nilainya harus nol tetapi hasil data ke 20 bernilai positif karena nilai $m < 2$. Agar nilai Y pada data ke-21 menjadi 0, dilakukan perubahan pada rumus data X ke-21 dengan rumus data ke-20 + $E_{opt} * 0.1 + 870$. Angka 870 merupakan angka *try and error* untuk mendapatkan nilai data Y ke-21 mendekati 0.
- e. Cara koreksi bahwa rumus kurva model Pella dan Tomlinson sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.
- f. Copy data aktual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C.

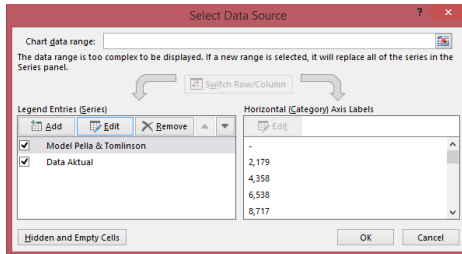
No	E	X	Y	E_{st}	$C_t = aE+bf^m$
1	-	-	-	25,013	503.9
2	2,179	-	-	19,945	511.0
3	-	-	101.4	28,920	462.7
4	6,538	-	267.8	24,273	508.2
5	17	-	934.2	24,273	508.2
6	96	-	389.9	24,387	507.6
7	75	-	435.1	19,937	510.9
8	54	-	470.0	21,432	514.4
9	33	-	494.8	21,861	514.5
10	-	-	506.4	-	-
11	-	-	21,792	514.5	-
12	-	-	23,971	509.6	-
13	-	-	26,150	495.1	-
14	-	-	28,329	470.9	-
15	-	-	30,508	437.2	-
16	-	-	32,688	394.1	-
17	-	-	34,867	341.6	-
18	-	-	37,046	279.7	-
19	-	-	39,225	208.6	-
20	-	-	41,404	128.3	-
21	-	-	44,453	0.5	-

- h. Copy paste kurva model Schaefer, selanjutnya lakukan pengeditaan data sesuai dengan data model Pella & Tomlinson.
- i. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan pilih model Schaefer lalu klik edit.
- j. Edit series name dengan Model Pella & Tomlinson, lalu klik series X value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Pella & Tomlinson agar sheet kembali ke sheet Pella & Tomlinson kemudian klik kembali series X value lalu blok data X Pella & Tomlinson yang akan digunakan untuk mengganti data X Schaefer.
- k. Klik series Y value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Pella & Tomlinson agar sheet kembali ke sheet Pella & Tomlinson kemudian klik kembali series Y value lalu blok data Y yang akan digunakan untuk mengganti data Y Schaefer.

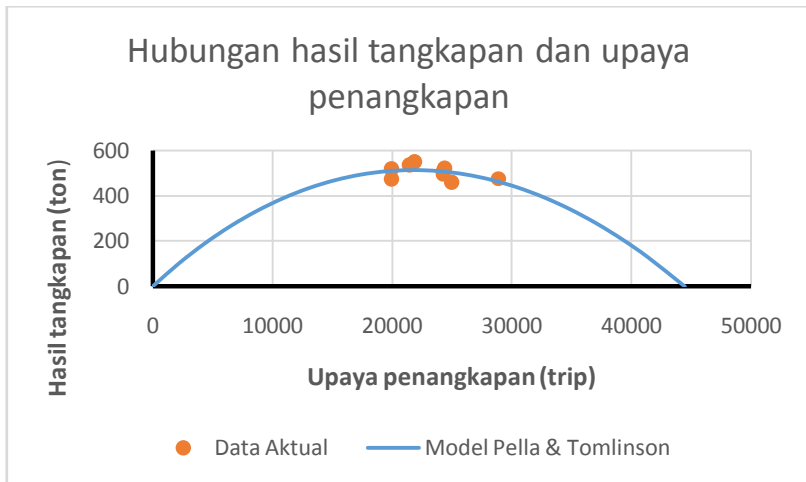


- l. Jika tidak ada kesalahan input data Pella & Tomlinson lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah berubah dari

model schaefer menjadi model Pella & Tomlinson. Kemudian klik OK.



Hasil akhir kurva model Pella & Tomlinson seperti gambar berikut:



3.2.5 Model Fox

Model Fox menggunakan regresi linier sederhana untuk menggambarkan hubungan antara CPUE standar dan upaya penangkapan standar. Variabel Y dan X adalah:

$$Y = \ln CPUE_{st}; \quad X = E_{st}$$

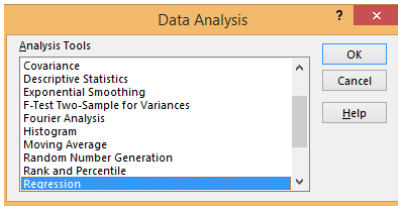
Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

1. Buat lembar kerja (sheet) baru dengan nama "Fox."
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), dan logaritma natural CPUE standar ($\ln CPUE_{st}$), di setiap

	A	B	C	D	E	F
1						
2				Sumbu X		Sumbu Y
3		Tahun	C_t	E_{st}	$CPUE_{st}$	$\ln CPUE_{st}$
4		2008	459.80	25,013	0.0183826	-3.9963496
5		2009	474.74	19,945	0.0238027	-3.7379576
6		2010	475.61	28,920	0.0164457	-4.1076907
7		2011	495.42	24,273	0.0204103	-3.8917147
8		2012	507.61	24,273	0.0209125	-3.8674071
9		2013	521.94	24,387	0.0214022	-3.8442615
10		2014	519.35	19,937	0.0260496	-3.6477529
11		2015	535.91	21,432	0.0250055	-3.6886609
12		2016	550.83	21,861	0.0251974	-3.6810140

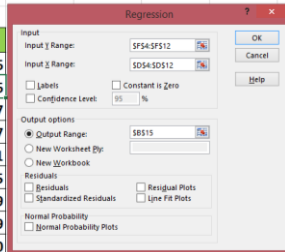
=LN(E4)

3. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



4. Pada input X range, masukan cell data E_{st}
5. Pada input Y range, masukan cell data $\ln CPUE_{st}$
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2				Sumbu X		Sumbu Y				
3		Tahun	C_t	E_{st}	$CPUE_{st}$	$\ln CPUE_{st}$				
4		2008	459.80	25,013	0.0183826	-3.9963496				
5		2009	474.74	19,945	0.0238027	-3.7379576				
6		2010	475.61	28,920	0.0164457	-4.1076907				
7		2011	495.42	24,273	0.0204103	-3.8917147				
8		2012	507.61	24,273	0.0209125	-3.8674071				
9		2013	521.94	24,387	0.0214022	-3.8442615				
10		2014	519.35	19,937	0.0260496	-3.6477529				
11		2015	535.91	21,432	0.0250055	-3.6886609				
12		2016	550.83	21,861	0.0251974	-3.6810140				



7. Klik OK sehingga akan muncul hasil regresi seperti gambar berikut:

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.940389775							
R Square	0.88432928							
Adjusted R Square	0.867809061							
Standard Error	0.056625487							
Observations	9							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.171604231	0.171604231	53.51852012	0.00016059			
Residual	7	0.02244512	0.003206446					
Total	8	0.194049351						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-2.63656794	0.164114273	-16.06543959	8.79752E-07	-3.0246365	-2.2484994	-3.02463653	-2.248499353
X Variable 1	-5.11031E-05	6.98546E-06	-7.315635319	0.00016059	-6.762E-05	-3.459E-05	-6.7621E-05	-3.45851E-05

8. Analisis regresi di atas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

a. R^2 : 0.884332928

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : -2.636567943

- E_{st} (b) : -5.11031E-05

9. Menghitung upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Perhitungan C_{tr} , E_{opt} , C_{MSY} sebagai berikut:

ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.171604231	0.171604231	53.51852012	0.00016059			
Residual	7	0.02244512	0.003206446					
Total	8	0.194049351						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-2.63656794	0.164114273	-16.06543959	8.79752E-07	-3.0246365	-2.2484994	-3.02463653	-2.248499353
X Variable 1	-5.11031E-05	6.98546E-06	-7.315635319	0.00016059	-6.762E-05	-3.459E-05	-6.7621E-05	-3.45851E-05

34								
35								
36	CPU $E=ae^{-bP}$							
37	$C_{tr}=E_e^{(1+bP)}$							
38	$E_{opt} = -1/b$	19,568						
39	$C_{MSY} = -1/b * e^{(bE)}$	515,480						

14. Periksa kesesuaian tanda hasil regresi model Fox:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
Intercept (a): negatif	Bernilai positif/negatif	sesuai
Slope (b): negatif	Harus bernilai negatif	sesuai

Nilai intercept dan slope dari hasil regresi menunjukkan kesesuaian tanda dengan rumus persamaan model Fox sehingga model tersebut layak digunakan untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} .

15. Membuat kurva model Fok dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pilih cell untuk sumbu X dan sumbu Y
- Data sumbu X: isi data ke-1 dengan nilai 0 dan data ke-2 dengan rumus data sebelumnya + $E_{opt} * 0.1$. Copy paste rumus data ke-2 untuk data ke-3 sampai ke-20
- Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = E_t * \text{Exp}(a + bE_t)$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-20.
- Data ke-1 pada sumbu Y nilainya harus nol karena merupakan titik perpotongan kurva dengan sumbu X sedangkan data ke-20 bernilai positif. Data ke-21 cukup diisi dengan data ke-20 dari data X Schaefer yaitu 43,792.
- Cara koreksi bahwa rumus kurva model Gulland sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} (point 10) akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.

- f. Copy data aktual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C.

	A	B	C	D	E	F
38		$E_{opt} = -1/b$	19,568			
39		$C_{opt} = -1/b * e^{(a*-1)}$	515,480			
			$=\$C\$38*0.1+B46$			$=(\$C\$32*C47)+(\$C\$33*(C47^2))$
43		Fishery	Catch model Fox			
44		Y	Y			
45	No	E	$Ct = E_t * \text{Exp}(a+bE_t)$		E_{st}	$Ct = E_t * \text{Exp}(a+bE_t)$
46	1	0	-		25,013	498.87
47	2	1,957	126.788		19,945	515.39
48	3	3,914	229.444		28,920	472.40
49	4	5,870	311.415		24,273	502.77
50	5	7,827	375.706		24,273	502.77
51	6	9,784	424.941			
52	7	11,741	461.403			
53	8	13,698	487.077			
54	9	15,655	503.687		21,861	512.21
55	10	17,611	512.724			
56	11	19,568	515.480			
57	12	21,525	513.068			
58	13	23,482	506.447			
59	14	25,439	496.440			
60	15	27,396	483.751			
61	16	29,352	468.981			
62	17	31,309	452.642			
63	18	33,266	435.165			
64	19	35,223	416.916			
65	20	37,180	398.199			
66	21	43,792	334.529			

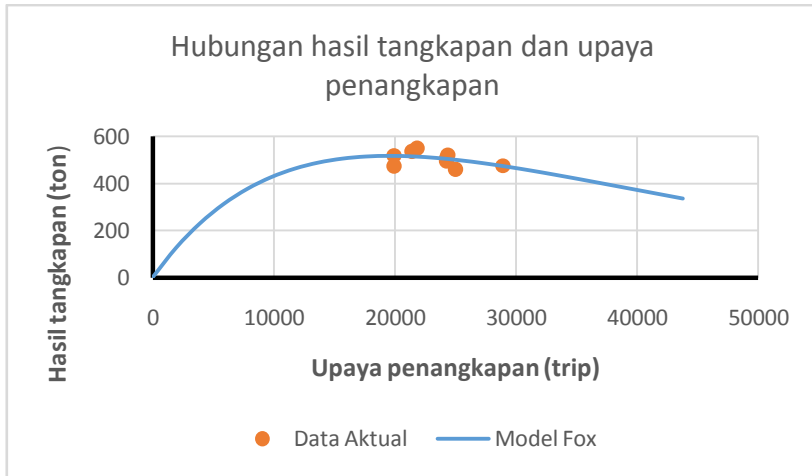
- h. Copy paste kurva model Schaefer selanjutnya dilakukan pengeditan data sesuai dengan data model Fox.
- i. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan pilih model Schaefer lalu klik edit.

- j. Edit series name dengan Model Fox, lalu klik series X value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Fox agar sheet kembali ke sheet Gulland kemudian klik kembali series X value lalu blok data X yang akan digunakan untuk mengganti data X Schaefer.
- k. Klik series Y value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Fox agar sheet kembali ke sheet Fox kemudian klik kembali series Y value lalu blok data Y yang akan digunakan untuk mengganti data Y Schaefer.

	Fishing Effort	Catch model Fox
	x	y
45	No	E
46	1	0
47	2	1,957
48	3	3,914
49	4	5,870
50	5	7,827
51	6	9,784
52	7	11,741
53	8	13,698
54	9	15,655
55	10	17,611
56	11	19,568
57	12	21,525
58	13	23,482
59	14	25,439
60	15	27,396
61	16	29,352
62	17	31,309
63	18	33,266
64	19	35,223
65	20	37,180
66	21	39,137

- l. Jika tidak ada kesalahan input data Fox lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah berubah dari model schaefer menjadi model Fox. Kemudian klik OK.

- m. Hasil akhir kurva model Fox seperti gambar berikut:



3.2.6 Model Schnute

Model Schnute menggunakan regresi linier berganda untuk menggambarkan hubungan antara CPUE standar dan upaya penangkapan standar. Variabel Y , X_1 dan X_2 adalah:

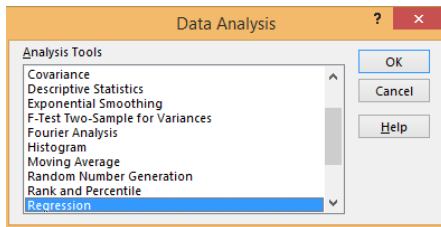
$$Y = \ln\left(\frac{CPUE_{st+1}}{CPUE_{st}}\right); X_1 = \frac{CPUE_{st+1} + CPUE_{sy}}{2}; X_2 = \frac{E_{st+1} + E_{st}}{2}$$

Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

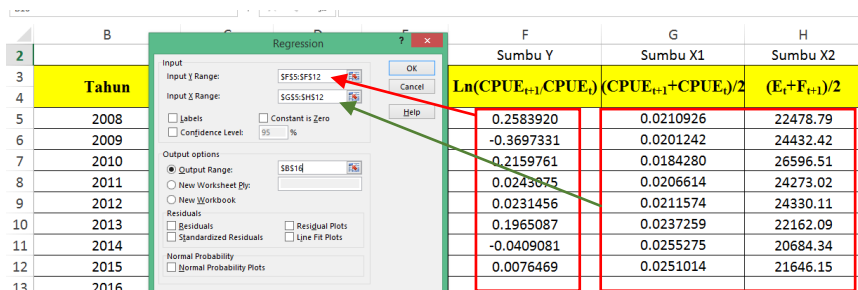
1. Buat lembar kerja (sheet) baru dengan nama "Schnute"
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), CPUE standar ($CPUE_{st}$), Y , X_1 dan X_2 di setiap kolom seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	
		Tahun	C _t	E _{t+1}	CPUE _{t+1}	Ln(CPUE _{t+1} /CPUE _t)	(CPUE _{t+1} +CPUE _t)/2	(E _t +F _{t+1})/2	
2						Sumbu Y	Sumbu X1	Sumbu X2	
3									
4									
5			2008	459.80	25,013	0.0183826	0.2583920	0.0210926	22478.79
6			2009			0.02427	-0.3697331	0.0201242	24432.42
7			2010				0.0184280	0.0184280	26596.51
8			2011				0.0206614	0.0206614	24273.02
9			2012	507.61	24,273	0.0214022	0.1965087	0.0211574	24330.11
10			2013	521.94	24,387	0.0214022	0.1965087	0.0211574	22162.09
11			2014	519.35	19,937	0.0260496	-0.0409081	0.0255275	20684.34
12			2015	535.91	21,432	0.0250055	0.0076469	0.0251014	21646.15
13			2016	550.83	21,861	0.0251974			

3. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



4. Pada input X range, masukan cell data X1 dan X2 Schnute.
5. Pada input Y range, masukan cell data Y Schnute..
6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.



7. Klik OK sehingga akan muncul hasil regresi seperti gambar berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
15										
16		SUMMARY OUTPUT								
17										
18		Regression Statistics								
19		Multiple R	0.118643486							
20		R Square	0.014076277							
21		Adjusted R Square	-0.380293213							
22		Standard Error	0.234618735							
23		Observations	8							
24										
25		ANOVA								
26			df	SS	MS	F	Significance F			
27		Regression	2	0.003929523	0.001964762	0.035693118	0.965179951			
28		Residual	5	0.275229755	0.055045951					
29		Total	7	0.279159278						
30										
31			Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
32		Intercept	1.379761632	5.105060196	0.270273333	0.797751018	-11.74321338	14.50273664	-11.7432134	14.50273664
33		X Variable 1	-26.28316082	98.40859924	-0.26708195	0.800071971	-279.2505185	226.6841969	-279.250519	226.6841969
34		X Variable 2	-3.26987E-05	0.000129701	-0.25210842	0.810992434	-0.000366106	0.000300708	-0.00036611	0.000300708

8. Analisis regresi di atas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

a. R^2 : 0.014076277

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : 1.379761632
- X_1 (b) : -26.28316082
- X_2 (c) : -3.26987E-05

9. Menghitung upaya penangkapan optimum (E_{opt}) dan hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Perhitungan C_t , E_{opt} dan C_{MSY} sebagai berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
30										
31										
32			Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
33		Intercept	1.379761632	5.105060196	0.270273333	0.797751018	-11.74321338	14.50273664	-11.7432134	14.50273664
34		X Variable 1	-26.28316082	98.40859924	-0.26708195	0.800071971	-279.2505185	226.6841969	-279.250519	226.6841969
35		X Variable 2	-3.26987E-05	0.000129701	-0.25210842	0.810992434	-0.000366106	0.000300708	-0.00036611	0.000300708
36										
37										
38		a=r=	1.380							
39		b=	-26.28316082							
40		q=-c=	0.00003							
41		K=a/cb	1,605.4							
42		$C_{MSY}=a^2/4bc=K/4$	554							
43		$E_{opt}=r/2q = -a/2c$	21,098							

=C38*C41/4

=C38/(2*C40)

13. Periksa kesesuaian tanda untuk model Schnute dimana:

Nilai perhitungan	Kesesuaian Tanda	Kesimpulan
r: positif	Harus bernilai positif	sesuai
q: positif	Harus bernilai positif	sesuai
K: positif	Harus bernilai positif	sesuai

Nilai intercept dan slope dari hasil regresi menunjukkan kesesuaian tanda dengan rumus persamaan model Schnute sehingga model tersebut layak digunakan untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} .

14. Membuat kurva model Schnute. Langkah-langkah membuat kurva tersebut sebagai berikut:

- Pilih cell untuk sumbu X dan sumbu Y
- Data sumbu X: isi data ke-1 dengan nilai 0 dan data ke-2 dengan rumus data sebelumnya + $E_{opt} * 0.1$. Copy paste rumus data ke-2 untuk data ke-3 sampai ke-20
- Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = KqE_t(1 - qE_t/r)$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-20.
- Data ke-1 dan ke-20 pada sumbu Y nilainya harus nol karena merupakan perpotongan dengan sumbu X.
- Cara koreksi bahwa rumus kurva model Schnute sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.
- Copy data aktual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.

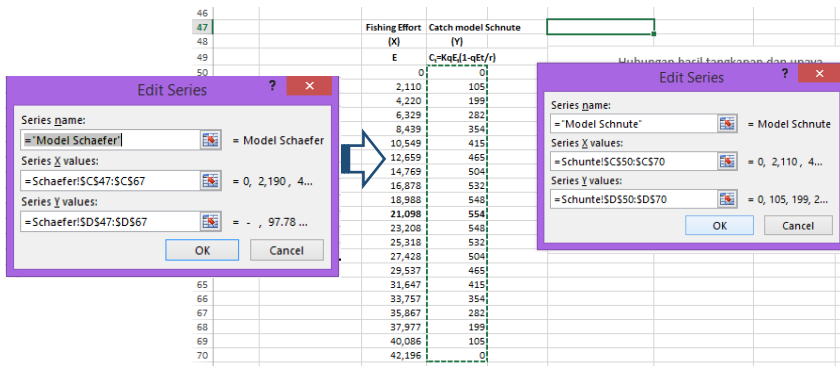
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C.

	A	B	C	D	E	F	G
40		q=-c=	0.00003				
41		K=a/cb	1,605.4				
42		$C_{0,t} = a^2/4bc = rK/4$	554				
43		$E_{0,t} = r/2q = -a/2c$	21,098				
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58			16,878	532		21861	553
59			18,988	548			
60			21,098	554			
61			23,208	548			
62			25,318	532			
63			27,428	504			
64			29,537	465			
65			31,647	415			
66			33,757	354			
67			35,867	282			
68			37,977	199			
69			40,086	105			
70			42,196	0			

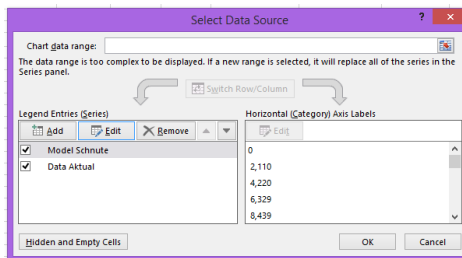
	A	B	C	D	E	F	G
48							
49							
50							
51							
52							
53							

- h. Copy paste kurva model Schaefer, selanjutnya lakukan pengeditan data sesuai dengan data model Schnute.
- i. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan pilih model Schaefer lalu klik edit.
- j. Edit series name dengan Model Schnute, lalu klik series X value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Schnuteagar sheet kembali ke sheet Schnute kemudian klik kembali series X value lalu blok data X Schnute yang akan digunakan untuk mengganti data X Schaefer.
- k. Klik series Y value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Schnuteagar sheet kembali ke sheet

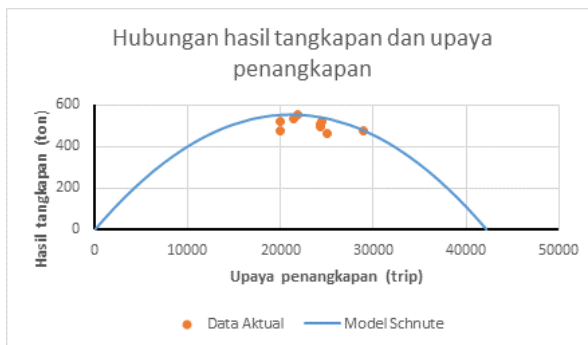
Schnute kemudian klik kembali series Y value lalu blok data Y yang akan digunakan untuk mengganti data Y Schaefer.



- l. Jika tidak ada kesalahan input data Schnute lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah berubah dari model Schaefer menjadi model Schnute. Kemudian klik OK.



- m. Hasil akhir kurva model Schnute seperti gambar berikut:



3.2.7 Model CYP

Model CYP menggunakan regresi linier berganda untuk menggambarkan hubungan antara CPUE standar dan Upaya penangkapan standar. Variabel Y , X_1 dan X_2 adalah:

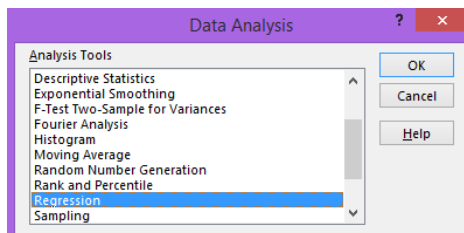
$$Y = \ln CPUE_{st,t+1}; X_1 = \ln CPUE_{st}; X_2 = E_t + E_{t+1}$$

Cara perhitungan regresi di Exel sebagai berikut:

1. Buat lembar kerja (sheet) baru dengan nama "CYP."
2. Siapkan data hasil tangkapan (C_t), upaya penangkapan standar (E_{st}), Y , X_1 dan X_2 di setiap kolom seperti tampilan berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2						Sumbu Y	Sumbu X1	Sumbu X2
3		Tahun	C_t	E_{st}	CPUE_{st}	Ln(CPUE_{t+1})	(CPUE_t)	(E_t+E_{t+1})
4								
5		2008	459.80	25,013	0.01838	- 3.7380	- 3.9963	22,479
6		2009	474.74	19,945	0.02380	- 4.1077	- 3.7380	24,432
7		2010	475.61	28,920	0.01645	- 3.8917	- 4.1077	26,597
8		2011	495.42	24,273	0.02041	- 3.8674	- 3.8917	24,273
9		2012	507.61	24,273	0.02091	- 3.8443	- 3.8674	24,330
10		2013	521.94	24,387	0.02140	- 3.6478	- 3.8443	22,162
11		2014	519.35	19,937	0.02605	- 3.6887	- 3.6478	20,684
12		2015	535.91	21,432	0.02501	- 3.6810	- 3.6887	21,646
13		2016	550.83	21,861	0.02520			

3. Klik menu data lalu klik data analysis dan pilih regression kemudian klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



4. Pada input X range, masukan cell data X1 dan X2 model CYP.
5. Pada input Y range, masukan cell data Y model CYP.

6. Pilih Output Range, dan masukan cell sebagai tempat output hasil regresi.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2						Sumbu Y	Sumbu X1	Sumbu X2
3		Tahu				Ln(CPUE _{t+1})	(CPUE _t)	(E _t +E _{t+1})
4								
5		2008				3.7380	3.9963	22,479
6		2009				4.1077	3.7380	24,432
7		2010				3.8917	4.1077	26,597
8		2011				3.8674	3.8917	24,273
9		2012				3.8443	3.8674	24,330
10		2013				3.6478	3.8443	22,162
11		2014				3.6887	3.6478	20,684
12		2015				3.6810	3.6887	21,646
13		2016						

7. Klik OK sehingga akan muncul hasil regresi seperti gambar berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
17		SUMMARY OUTPUT								
18										
19			Regression Statistics							
20		Multiple R	0.868949743							
21		R Square	0.755073655							
22		Adjusted R Square	0.657103117							
23		Standard Error	0.089251912							
24		Observations	8							
25										
26			ANOVA							
27			df	SS	MS	F	Significance F			
28		Regression	2	0.122788834	0.06139442	7.70715024	0.029688534			
29		Residual	5	0.039829519	0.0079659					
30		Total	7	0.162618352						
31										
32			Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
33		Intercept	-4.15581612	0.870438491	-4.7743938	0.004995343	-6.39334949	-1.91828274	-6.3933495	-1.91828274
34		X Variable 1	-0.66849952	0.304402301	-2.1961053	0.079482847	-1.45099054	0.11399151	-1.4509905	0.113991507
35		X Variable 2	-9.5376E-05	2.47106E-05	-3.8597364	0.011883172	-0.0001589	-3.1856E-05	-0.0001589	-3.1856E-05

8. Analisis regresi diatas diperoleh hasil penting yang akan digunakan untuk analisis berikutnya seperti:

a. R^2 : 0.755073655

b. Koefisien regresi

- Intercept (a) : -4.155816116

- X_1 (b) : -0.668499518

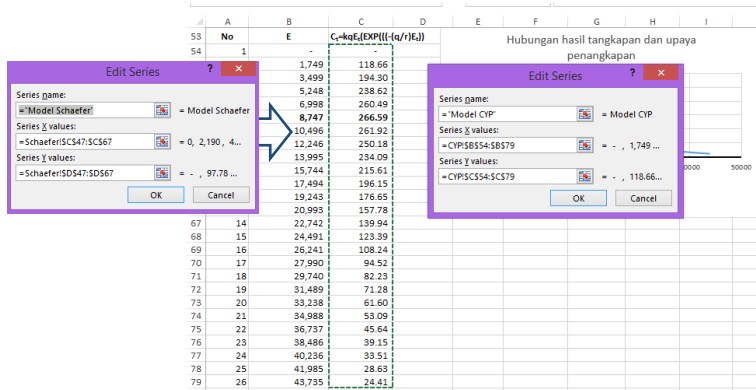
- X_2 (c) : -9.53763E-05

ke-3 sampai ke-n hingga mendekati nilai $2E_{opt}$ model Schaefer (yaitu $X = 43,792$).

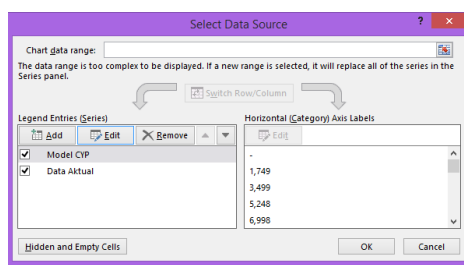
- c. Data sumbu Y: isi data ke-1 dengan rumus $C_t = KqE_t(\text{Exp}(-(r/q)E_t))$ dan copy paste untuk data ke-2 sampai data ke-n.
- d. Data ke-1 pada sumbu Y nilainya harus nol karena merupakan perpotongan dengan sumbu X sedangkan data ke-n lebih besar dari nol.
- e. Cara koreksi bahwa rumus kurva model CYP sudah benar adalah nilai perhitungan E_{opt} dan C_{MSY} akan sama dengan salah satu nilai X dan Y yang telah dibuat pada point b dan point c.
- f. Copy data aktual upaya penangkapan standar (E_{st}) dan tempatkan di sebelah kanan kolom sumbu Y yang telah dibuat.
- g. Buatlah data sumbu Y dengan cara copy paste rumus pada point C.

No	E	C _t = kqE _t [EXP(-(q/r)E _t)]	E _{t+1}	C _{t+1} = kqE _{t+1} [EXP(-(q/r)E _{t+1})]
1			25013	119
2	1,749	118.66	19945	1
3	3,499	194.30	28920	1
4	5,248	238.62	24273	1
5	6,998	266.49	24273	1
6	8,747	266.59	24387	1
7	10,496	251.92	19937	1
8	12,246	250.18	21432	1
9	13,995	234.09	21861	1
10	15,744	215.61		
11	17,494	196.15		
12	19,243	176.65		
13	20,993	157.78		
14	22,742	139.94		
15	24,491	123.39		
16	26,241	108.24		
17	27,990	94.52		
18	29,740	82.23		
19	31,489	71.28		
20	33,238	61.60		
21	34,988	53.09		
22	36,737	45.64		
23	38,486	39.15		
24	40,236	33.51		
25	41,985	28.63		
26	43,735	24.41		

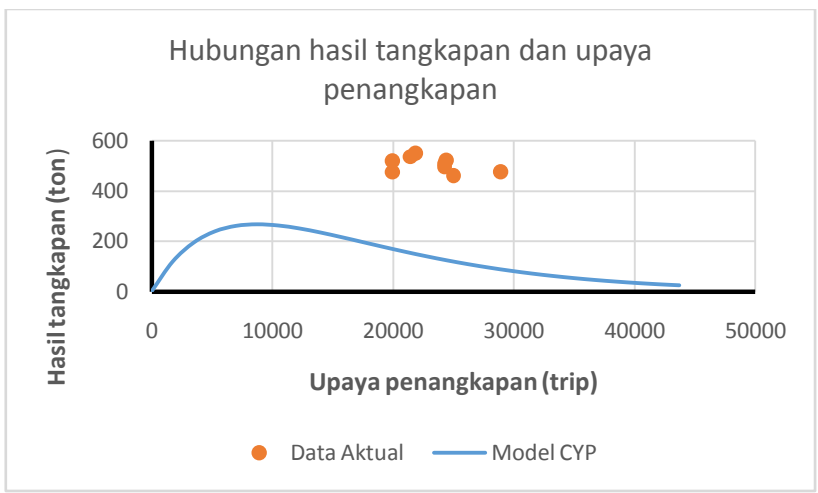
- h. Copy paste kurva model Schaefer, selanjutnya lakukan pengeditan data sesuai dengan data model CYP.
- i. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan pilih model Schaefer lalu klik edit.
- j. Edit series name dengan Model CYP, lalu klik series X value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet CYP agar sheet kembali ke sheet CYP kemudian klik kembali series X value lalu blok data X CYP yang akan digunakan untuk mengganti data X Schaefer.
- k. Klik series Y value (saat ini lembar kerja telah pindah ke sheet Schaefer) dan klik sheet Schnute agar sheet kembali ke sheet CYP kemudian klik kembali series Y value lalu blok data Y yang akan digunakan untuk mengganti data Y Schaefer.



- l. Jika tidak ada kesalahan input data CYP lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah berubah dari model Schaefer menjadi model CYP. Kemudian klik OK.



- n. Hasil akhir kurva model Schnute seperti gambar berikut:



4

PENENTUAN MODEL TERBAIK

4.1 Perbandingan Antar Model

Berdasarkan hasil perhitungan sebagaimana diuraikan pada Bab sebelumnya diperoleh persamaan model surplus produksi sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pendugaan model surplus pproduksi

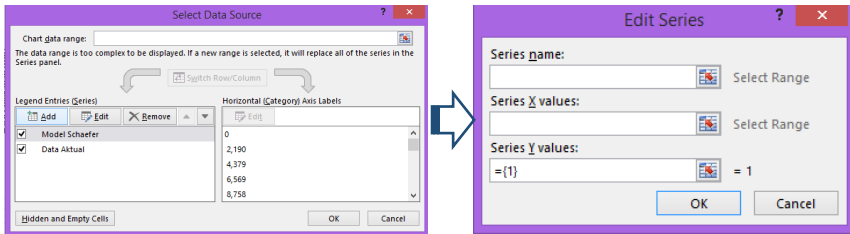
Model	Persamaan	E_{opt}	C_{MSY}
Schaefer	$C_t = 0.0470080E_t - 0.0000011E_t^2$	21,896	514.65
Gulland	$C_t = 0.0519241E_t - 0.0000013E_t^2$	20,513	532.57
Pella & Tomlinson	$C_t = 0.04984149E_t - 0.00000327E_t^{1.9}$	21,792	514.48
Fox	$C_t = E_t \text{Exp}(-2.6365679 - 0.0000511E_t)$	19,568	515.48
Walters-Hilborn*	$C_t = 0.090130136E_t - 0.000003011E_t^2$	14,966	674.44
Schnute	$C_t = 0.0524960E_t - 0.0000012E_t^2$	21,098	553.78
CYP	$C_t = 0.0828478E_t \text{EXP}(-7.1514239 E_t)$	8,747	266.59

* Model tidak memiliki kesesuaian tanda sehingga tidak layak digunakan untuk prediksi

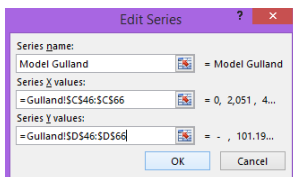
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa dari 7 model yang dievaluasi, 6 model dapat digunakan untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} yaitu model Schaefer, Gulland, Pella & Tomlinson, Fox, Schnute dan CYP. Keenam model tersebut memiliki nilai C_{MSY} dan E_{opt} yang bervariasi.

Perbandingan keenam model tersebut dapat disajikan dalam bentuk kurva dengan langkah-langkah sebagai berikut:

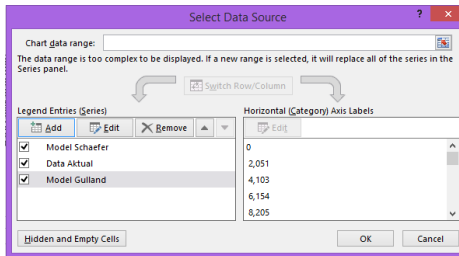
1. Buat sheet baru dengan nama "Grafik Gabung".
2. Copy paste kurva model Schaefer, selanjutnya lakukan pengeditan data dengan menambahkan data gulland.
3. Klik kanan pada gambar kurva lalu klik select data dan klik Add pada kotak Legend entries.



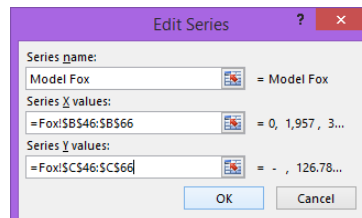
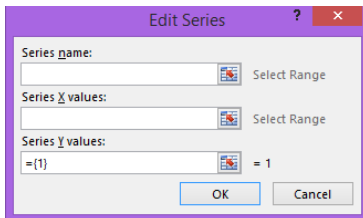
4. Tulis series name dengan Model Gulland, lalu klik series X value dan klik sheet Gullan agar dapat memasukan data X di sheet Gulland kemudian blok data X Gulland dan klik ujung kanan kotak series X value sehingga kembali ke kotak edit series.
5. Klik pada ujung kanan kotak series Y value dan klik sheet Gullan agar dapat memasukan data Y di sheet Gulland kemudian blok data Ygulland dan klik ujung kanang kotak series Y value sehingga kembali ke kotak edit series..



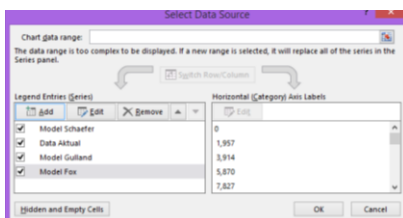
6. Jika tidak ada kesalahan input data Gulland lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah terdapat Model Gulland.



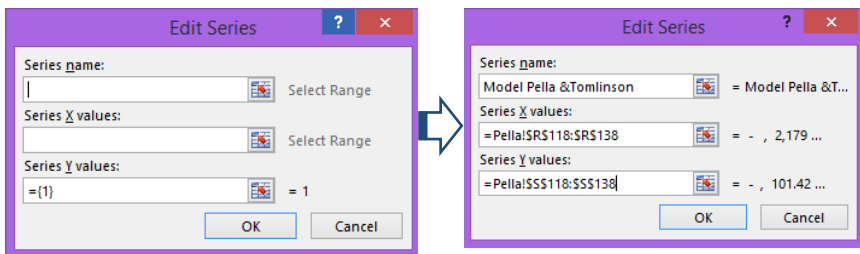
7. Klik Add pada kotak Legend entries untuk menambah data model Fox.
8. Tulis series name dengan Model Fox, lalu klik ujung kanan kotak series X value dan klik sheet Fox agar dapat memasukan data X di sheet Fox kemudian blok data X Fox dan klik ujung kanan kotak series X value sehingga kembali ke kotak edit series.
9. Klik pada ujung kanan kotak series Y value dan klik sheet Fox agar dapat memasukkan data Y di sheet Fox kemudian blok data Y fox dan klik ujung kanan kotak series Y value sehingga kembali ke kotak edit series.



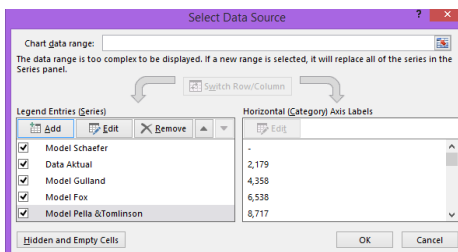
10. Jika tidak ada kesalahan input data Fox lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah terdapat Model Fox.



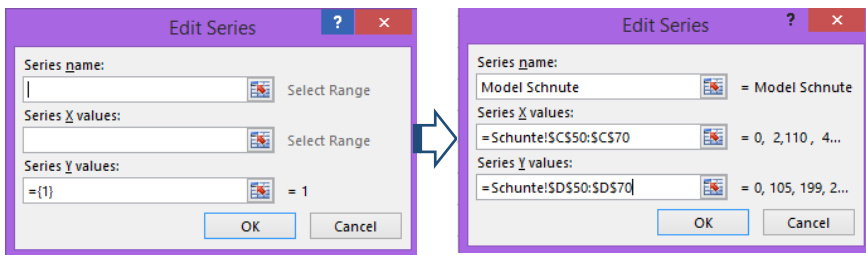
11. Klik Add pada kotak Legend entries untuk menambah data model Pella & Tomlinson.
12. Tulis series name dengan Model Pella & Tomlinson, lalu klik ujung kanan kotak series X value dan klik sheet Pella & Tomlinson agar dapat memasukkan data X di sheet Pella & Tomlinson kemudian blok data X Pella & Tomlinson dan klik ujung kanan kotak series X value sehingga kembali ke kotak edit series.
13. Klik pada ujung kanan kotak series Y value dan klik sheet Pella & Tomlinson agar dapat memasukan data Y di sheet Pella & Tomlinson kemudian blok data Y Pella & Tomlinson dan klik ujung kanan kotak series Y value sehingga kembali ke kotak edit series.



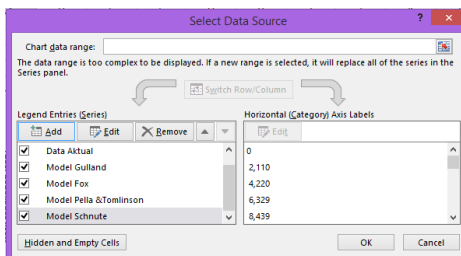
14. Jika tidak ada kesalahan input data Pella & Tomsinson lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah terdapat Model Pella & Tomsinson.



15. Klik Add pada kotak Legend entries untuk menambah data model Schnute.
16. Tulis series name dengan Model Schnute, lalu klik ujung kanan kotak series X value dan klik sheet Schnute agar dapat memasukan data X di sheet Schnute kemudian blok data X Schnutedan klik ujung kanang kotak series X value sehingga kembali ke kotak edit series.
17. Klik pada ujung kanan kotak series Y value dan klik sheet Schnute agar dapat memasukan data Y di sheet Schnute kemudian blok data Y schnute dan klik ujung kanan kotak series Y value sehingga kembali ke kotak edit series.

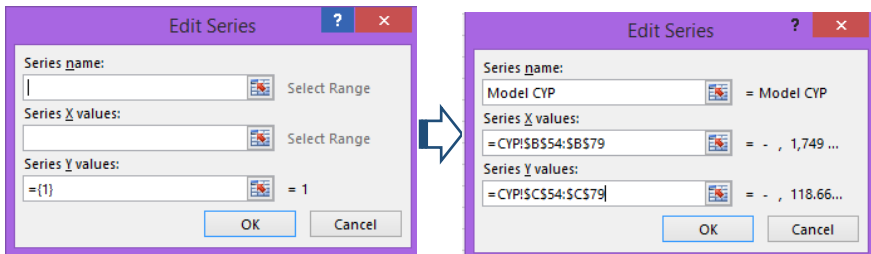


18. Jika tidak ada kesalahan input data Schnute lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah terdapat Model Schnute.

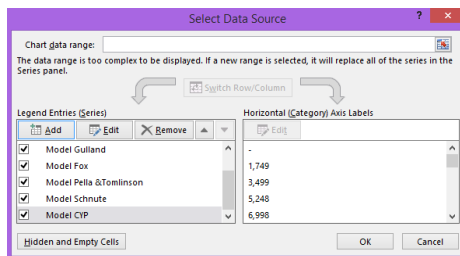


19. Klik Add pada kotak Legend entries untuk menambah data model CYP.

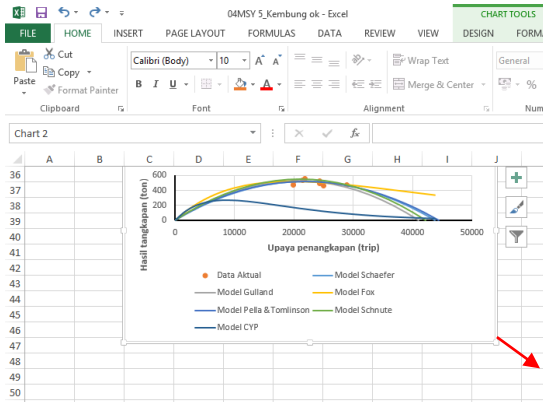
20. Tulis series name dengan Model CYP, lalu klik ujung kanan kotak series X value dan klik sheet CYP agar dapat memasukan data X di sheet CYP kemudian blok data X CYP dan klik ujung kanan kotak series X value sehingga kembali ke kotak edit series.
21. Klik pada ujung kanan kotak series Y value dan klik sheet CYP agar dapat memasukan data Y di sheet CYP kemudian blok data Y CYP dan klik ujung kanan kotak series Y value sehingga kembali ke kotak edit series.



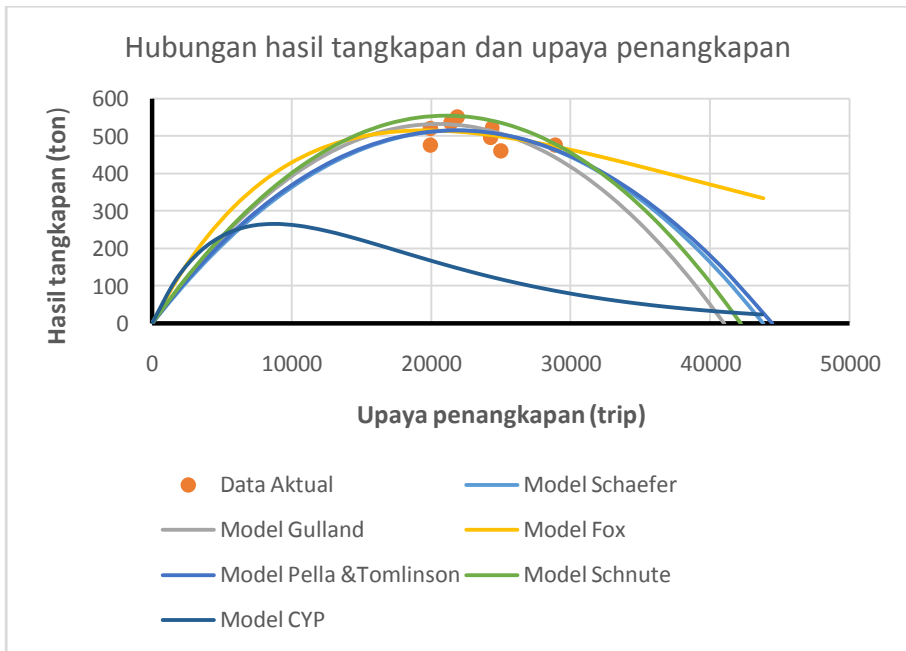
22. Jika tidak ada kesalahan input data CYP lalu klik OK, sehingga pada kotak legend entries sudah terdapat Model CYP.



23. Klik OK sehingga diperoleh hasil kurva gabungan model surplus produksi, dan klik pada sisi gambar kurva kemudian tempelkan kursor di ujung kanan bawah dan tekan klik kiri sambil ditarik untuk memperbesar gambar.



24. Hasil kurva gabungan model surplus produksi seperti gambar berikut:



Gambar 4.1 Perbandingan kurva model-model surplus produksi

4.2 Penentuan Model Terbaik

Model surplus produksi yang dibangun perlu diverifikasi dan divalidasi agar menambah kepercayaan bahwa model sudah dianggap merepresentasikan sistem nyata yang ada di perikanan khususnya dinamika populasi ikan. Verifikasi dilakukan dengan cara memeriksa kesesuaian hubungan antar variabel yang digambarkan pada model. Pada model surplus produksi, verifikasi dilakukan dengan cara memeriksa kesesuaian tanda pada koefisien regresi (intercept dan slope) dan parameter biologi (r , q , dan K). Sedangkan validasi dilakukan untuk melihat sejauhmana ketepatan model yang sudah dibangun dengan membandingkan antara data hasil tangkapan berdasarkan model dan data hasil tangkapan aktual.

4.2.1 Pemilihan kriteria model terbaik

Berdasarkan hasil verifikasi terdapat 6 model surplus produksi yang telah memiliki kesesuaian tanda yaitu model Schaefer, Gulland, Pella & Tomlinson, Fox Schnute dan CYP. Pada tahap selanjutnya dilakukan uji validasi model. Secara statistik, banyak metode/cara untuk menguji validasi model dan beberapa jenis uji validasi tersebut akan dipilih sebagai kriteria model terbaik. Jumlah kriteria model terbaik tidak ada aturan yang baku. Secara prinsip kriteria tersebut untuk mengukur tingkat akurasi model dan kriteria apa saja yang digunakan tergantung pada apa diprediksi menggunakan model, apa

ukuran akurasi yang digunakan, dan kumpulan data apa yang digunakan untuk menghitung ukuran akurasi.

Berdasarkan referensi (Qirom *et al*, 2012; Makungo & Odiyo, 2017; Singh, 2015; Loreno, 2014; Moriasi *et al*, 2007) beberapa uji validasi model yang sering digunakan sebagai kriteria untuk menentukan model terbaik adalah:

1. Koefisien determinan (uji R^2)

Koefisien determinan menggambarkan tingkat kolinearitas antara data aktual dan data prediksi (Morisai *et al* 2007). Pada intinya koefisien determinan mengukur seberapa besar kemampuan semua variabel bebas dalam menjelaskan varian dari variabel terikatnya. Nilai koefisien determinasi berkisar antar 0.0 – 1.0. Nilai yang lebih tinggi bermakna model berkinerja lebih baik. Nilai R^2 yang digunakan adalah R^2 dari regresi antara CPUE dan upaya penangkapan pada keenam model yang akan dipilih

2. Bias pendugaan

Bias adalah simpangan atau kesalahan sistematis yang nilainya bisa positif atau negatif. Bias disebabkan kesalahan pengukuran, pemilihan metode sampling dan teknik pendugaan parameter. PBIAS merupakan nilai absolut dari kemampuan model untuk mensimulasikan data, dimana nilai 0 (nol) menunjukkan bias pendugaan sangat kecil artinya, kinerja model dalam sangat akurat. Persamaan PBIAS sebagai berikut:

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right|$$

dimana:

CA_t = hasil tangkapan aktual pada tahun t

CM_t = hasil tangkapan berdasarkan model pada tahun t

n = jumlah tahun

3. Efisiensi pendugaan

Indikator efisiensi model dikenal dengan istilah *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE). NSE merupakan suatu model statistik yang menunjukkan besar dari pengaruh hubungan data simulasi dan data observasi. Nilai NSE berkisar antara $-\infty$ dan 1, yang mana nilai mendekati 1 menunjukkan bahwa performa dari suatu model yang baik. Persamaan NSE sebagai berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2}$$

dimana:

CA_t = hasil tangkapan aktual pada tahun t

CM_t = hasil tangkapan berdasarkan model pada tahun t

$\overline{CA_t}$ = rata-rata hasil tangkapan aktual pada tahun t

n = jumlah tahun

4. Ketepatan pendugaan.

Ketepatan adalah kombinasi antara bias dengan ketelitian di dalam menggambarkan jauh dekatnya nilai-nilai pengamatan terhadap nilai yang sebenarnya. Ketepatan model ditunjukkan oleh nilai MAD, MSE, RMSE, dan MAPE. Nilai yang kecil menunjukkan bahwa model pendugaan hasil tangkapan memiliki tingkat ketepatan yang lebih tinggi. Rumus nilai-nilai tersebut sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n}$$

dimana:

CA_t = hasil tangkapan aktual pada tahun t

CM_t = hasil tangkapan berdasarkan model pada tahun t

n = jumlah tahun

Berdasarkan data series ikan kembung sebagaimana contoh perhitungan pada bab sebelumnya, kriteria R^2 telah diperoleh untuk setiap model surplus produksi. Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai kriteria-kriteria lainnya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapkan data-data dasar yang akan digunakan uji validasi yaitu:

Tabel 4.2 Hasil tangkapan aktual dan hasil tangkapan ikan kembung menurut model-model surplus produksi

Tahun	Hasil Tangkapan Aktul (CA_t)	Hasil tangkapan menurut model pada tahun t (CM_t)*					
		Schaefer	Gulland	Fox	Pella & Tomlimson	Schune	CYP
2008	459.8	504.22	506.95	498.87	503.86	534.72	118.72
2009	474.74	510.56	532.16	515.39	510.96	552.13	168.98
2010	475.61	461.69	443.13	472.40	462.71	477.67	87.82
2011	495.42	508.58	514.68	502.77	508.17	541.24	125.38
2012	507.61	508.58	514.68	502.77	508.17	541.24	125.38
2013	521.94	507.99	513.58	502.19	507.58	540.32	124.33
2014	519.35	510.53	532.15	515.39	510.93	552.11	169.06
2015	535.91	514.42	531.51	513.29	514.35	553.64	153.19
2016	550.83	514.65	530.28	512.21	514.48	553.06	148.78

* diperoleh dari persamaan pada Tabel 4.1

2. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model Schaefer dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Schaefer

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \bar{CA}_t $	$(CA_t - \bar{CA}_t)^2$
2008	459.80	504.22	-44.42	44.42	1,973.19	0.10	44.78	2,005.15
2009	474.74	510.56	-35.82	35.82	1,283.07	0.08	29.84	890.36
2010	475.61	461.69	13.92	13.92	193.78	0.03	28.97	839.20
2011	495.42	508.58	-13.16	13.16	173.26	0.03	9.16	83.89
2012	507.61	508.58	-0.97	0.97	0.95	0.00	3.03	9.19
2013	521.94	507.99	13.95	13.95	194.71	0.03	17.36	301.41

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
2014	519.35	510.53	8.82	8.82	77.85	0.02	14.77	218.19
2015	535.91	514.42	21.49	21.49	462.01	0.04	31.33	981.64
2016	550.83	514.65	36.18	36.18	1,309.30	0.07	46.25	2,139.17
Jumlah	4,541.21		-1.02E-12	188.75	5,668.10	0.38	225.49	7,468.18
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{188.75}{9} = 20.972$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{5,668.10}{9} = 629.789$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{5,668.10}{9}} = 25.096$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{0.38 * 100}{9} = 4.21$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{1.02 * 10^{-12}}{4,541.21} * 100 = 2.25 \times 10^{-14}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2} = 1 - \frac{5,668.10}{7,468.18} = 0.24$$

3. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model Gulland dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Gulland

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
2008	459.80	506.95	-47.152	47.152	2,223.308	0.1025	44.779	2,005.15
2009	474.74	532.16	-57.423	57.423	,3297.407	0.1210	29.839	890.36
2010	475.61	443.13	32.478	32.478	1,054.815	0.0683	28.969	839.20
2011	495.42	514.68	-19.264	19.264	371.104	0.0389	9.159	83.89
2012	507.61	514.68	-7.074	7.074	50.042	0.0139	3.031	9.19
2013	521.94	513.58	8.359	8.359	69.875	0.0160	17.361	301.41
2014	519.35	532.15	-12.802	12.802	163.883	0.0246	14.771	218.19
2015	535.91	531.51	4.405	4.405	19.402	0.0082	31.331	981.64
2016	550.83	530.28	20.554	20.554	422.481	0.0373	46.251	2,139.17
Jumlah	4541.21		-77.919	209.511	7,672.319	0.431	4,021.860	16,175,358
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{209.511}{9} = 23.279$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{7672.319}{9} = 852.480$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{57,672.319}{9}} = 29.197$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{0.431 * 100}{9} = 4.79$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{77.919}{4,541.21} * 100 = 1.72$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2} = 1 - \frac{7,672.319}{16,175,358} = 0.9995$$

4. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model Fox dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Fox

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
2008	459.80	498.87	-39.069	39.069	1,526.411	0.0850	44.779	2,005.15
2009	474.74	515.39	-40.645	40.645	1,652.044	0.0856	29.839	890.36
2010	475.61	472.40	3.213	3.213	10.325	0.0068	28.969	839.20
2011	495.42	502.77	-7.347	7.347	53.976	0.0148	9.159	83.89
2012	507.61	502.77	4.843	4.843	23.456	0.0095	3.031	9.19
2013	521.94	502.19	19.747	19.747	389.947	0.0378	17.361	301.41
2014	519.35	515.39	3.961	3.961	15.688	0.0076	14.771	218.19
2015	535.91	513.29	22.624	22.624	511.866	0.0422	31.331	981.64
2016	550.83	512.21	38.623	38.623	1,491.723	0.0701	46.251	2,139.17
Jumlah	4541.21		5.950	180.073	5,675.435	0.360	225.491	7,468.175
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{180.073}{9} = 20.008$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{5,675.435}{9} = 630.604$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{5,675.435}{9}} = 25.112$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{0.360 * 100}{9} = 3.995$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{5.950}{4,541.21} * 100 = 0.131$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2} = 1 - \frac{5,675.435}{7,468.175} = 0.240$$

5. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model Pella & Tomlinson dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.6 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Pella & Tomlinson

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$CA_t - CM_t / CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
2008	459.80	503.86	-44.056	44.056	1940.973	0.0958	44.779	2,005.15
2009	474.74	510.96	-36.223	36.223	1312.110	0.0763	29.839	890.36
2010	475.61	462.71	12.898	12.898	166.365	0.0271	28.969	839.20
2011	495.42	508.17	-12.751	12.751	162.581	0.0257	9.159	83.89
2012	507.61	508.17	-0.561	0.561	0.314	0.0011	3.031	9.19
2013	521.94	507.58	14.363	14.363	206.285	0.0275	17.361	301.41
2014	519.35	510.93	8.417	8.417	70.846	0.0162	14.771	218.19
2015	535.91	514.35	21.559	21.559	464.810	0.0402	31.331	981.64
2016	550.83	514.48	36.351	36.351	1,321.384	0.0660	46.251	2,139.17
Jumlah	4,541.21		-0.003	187.179	5,645.667	0.376	225.491	7468.175
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{187.179}{9} = 20.798$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{5,645.667}{9} = 627.296$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{5,645.667}{9}} = 25.046$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{0.376 * 100}{9} = 4.18$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{0.003}{4,541.21} * 100$$

$$= 6.15 \times 10^{-5}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \bar{CA}_t)^2} = 1 - \frac{5,645.667}{7,468.175} = 0.244$$

6. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model Schnute dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.7 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model Schnute

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \bar{CA}_t $	$(CA_t - \bar{CA}_t)^2$
2008	459.8	534.72	-74.918	74.918	5612.742	0.1629	44.779	2,005.15
2009	474.74	552.13	-77.389	77.389	5989.003	0.1630	29.839	890.36
2010	475.61	477.67	-2.057	2.057	4.231	0.0043	28.969	839.20
2011	495.42	541.24	-45.823	45.823	2099.731	0.0925	9.159	83.89
2012	507.61	541.24	-33.633	33.633	1131.166	0.0663	3.031	9.19
2013	521.94	540.32	-18.384	18.384	337.989	0.0352	17.361	301.41
2014	519.35	552.11	-32.756	32.756	1072.957	0.0631	14.771	218.19
2015	535.91	553.64	-17.735	17.735	314.527	0.0331	31.331	981.64
2016	550.83	553.06	-2.230	2.230	4.973	0.0040	46.251	2,139.17

Jumlah	4541.21		- 304.925	304.925	16,567.318	0.6245	225.491	7,468.18
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{304.925}{9} = 33.881$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{16,567.318}{9} = 1,840.813$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{16,567.318}{9}} = 42.905$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{0.6245 * 100}{9} = 6.938$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{304.925}{4,541.21} * 100 = 6.715$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2} = 1 - \frac{16,567.318}{7,468.18} = -1.218$$

7. Menghitung masing-masing kriteria untuk Model CYP dengan hasil perhitungan seperti tabel berikut:

Tabel 4.8 Perhitungan MAD, MSE, RMSE, MAPE, PBIAS dan NSE pada model CYP

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
2008	459.8	118.72	341.08	341.08	116,334.08	0.74	44.78	2,005.15
2009	474.74	168.98	305.76	305.76	93,490.71	0.64	29.84	890.36
2010	475.61	87.82	387.79	387.79	150,384.84	0.82	28.97	839.20
2011	495.42	125.38	370.04	370.04	136,930.73	0.75	9.16	83.89
2012	507.61	125.38	382.23	382.23	146,100.94	0.75	3.03	9.19
2013	521.94		397.61	397.61	158,090.18	0.76	17.36	301.41

Tahun	CA_t	CM_t	$CA_t - CM_t$	$ CA_t - CM_t $	$(CA_t - CM_t)^2$	$(CA_t - CM_t)/CA_t$	$ CA_t - \overline{CA_t} $	$(CA_t - \overline{CA_t})^2$
		124.33						
2014	519.35	169.06	350.29	350.29	122,701.17	0.67	14.77	218.19
2015	535.91	153.19	382.72	382.72	146,474.77	0.71	31.33	981.64
2016	550.83	148.78	402.05	402.05	161,645.18	0.73	46.25	2,139.17
Jumlah	4541.21		3,319.57	3,319.57	1,232,152.60	6.58	225.49	7,468.18
Rata2	504.58							

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |CA_t - CM_t|}{n} = \frac{3,319.57}{9} = 368.84$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n} = \frac{1,232,152.60}{9} = 136,905.84$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,232,152.60}{9}} = 370.01$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{CM_t - CA_t}{CA_t} \right| * 100}{n} = \frac{6.58 * 100}{9} = 73.13$$

$$PBIAS = \left| \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t) * 100}{\sum_{t=1}^n CA_t} \right| = \frac{3,319.57}{4,541.21} * 100 = 73.10$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - CM_t)^2}{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2} = 1 - \frac{1,232,152.60}{7,468.18} = -163.99$$

8. Menghitung standar deviasi dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (CA_t - \overline{CA_t})^2}{n}} = \sqrt{\frac{7,468.18}{9}} = 28.81$$

4.2.2 Penentuan nilai kriteria model terbaik

Pendekatan terakhir untuk menentukan kapan sebuah model adalah valid untuk digunakan adalah model penentuan nilai (scoring). Skor atau bobot ditentukan secara subyektif ketika melakukan proses validasi dari berbagai aspek dan kemudian dikombinasikan untuk menentukan nilai (skor) kategori dan skor keseluruhan untuk model simulasi. Sebuah model simulasi dinyatakan valid jika skor kategori dan skor keseluruhan lebih besar dari beberapa skor lainnya. Langkah-langkah metode skoring sebagai berikut:

1. Rumus fungsi nilai untuk nilai variabel X:

$$V(X) = \frac{X - X_0}{X_a - X_0}$$

2. Perhitungan fungsi nilai alternatif untuk pengambilan keputusan:

$$V(A) = \sum_{i=a}^n Vi(Xi)$$

$i = a, b, c, d \dots \dots n$

dimana:

V(X)	= Fungsi nilai dari kriteria X
X	= Nilai variabel X
Xa	= Nilai terbaik pada kriteria X
Xo	= Nilai terjelek pada kriteria X
V(A)	= Fungsi nilai dari alternatif A

$V_1(X_i)$ = Fungsi nilai dari alternatif pada kriteria ke-i

Howara dan Laapo (2008) menyatakan bahwa V merupakan fungsi nilai yang mencerminkan preferensi pengambilan keputusan, maka alternatif yang terbaik adalah alternatif yang memberikan nilai $V(A)$ tertinggi.

Berdasarkan formulasi metode skoring, langkah-langkah perhitungan untuk menentukan model terbaik sebagai berikut;

1. Buatlah tabel nilai kriteria untuk setiap model dan tentukan nilai terbaik untuk setiap kriteria. Ketentuan nilai terbaik untuk masing-masing kriteria adalah:
 - a. R^2 : nilai tertinggi adalah kriteria terbaik
 - b. NSE : nilai tertinggi adalah kriteria terbaik
 - c. MAD : nilai terendah adalah nilai terbaik
 - d. MSE : nilai terendah adalah nilai terbaik
 - e. RMSE : nilai terendah adalah nilai terbaik
 - f. MAPE : nilai terendah adalah nilai terbaik
 - g. PBIAS : nilai terendah adalah nilai terbaik

Hasil rekapitulasi nilai masing-masing kriteria untuk setiap model surplus produksi yang dianalisis sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai kriteria penilaian model surplus produksi terbaik

Model	Nilai kriteria						
	R ²	MAD	MSE	RMSE	MAPE	PBIAS	NSE
Schaefer	0.8714	20.97	630	25.10	4.2148	0.0000	0.2410
Gullaan	0.5676	23.28	852	29.20	4.7868	1.7158	0.9995
Fox	0.8843	20.01	631	25.11	3.9945	0.1310	0.2401
Schnute	0.0141	33.88	1,841	42.90	6.9384	6.7146	-1.2184
CYP	0.7551	368.84	136,906	370.01	73.1273	73.0989	-163.9871
Pella & Tomlimson	0.8714	20.80	627	25.05	4.1781	0.0001	0.2440

■ : nilai terbaik

■ : nilai terjelek

2. Hitunglah fungsi nilai setiap kriteria dari seluruh model yang akan dianalisis dengan cara perhitungan sebagai berikut:

a. Perhitungan fungsi nilai pada model Schaefer

$$V1(X1) = \frac{0.8714 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 0.9851 \quad ; \quad V1(X5) = \frac{4.2148 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 0.9968$$

$$V1(X2) = \frac{20.97 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 0.9972 \quad ; \quad V1(X6) = \frac{0.0000 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 1.000000$$

$$V1(X3) = \frac{630 - 136.906}{627 - 136.906} = 0.99998 \quad ; \quad V1(X7) = \frac{0.2410 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} = 0.9954$$

$$V1(X4) = \frac{25.10 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 0.9999$$

b. Perhitungan fungsi nilai pada model Gulland

$$V2(X1) = \frac{0.5676 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 0.6360 \quad ; \quad V2(X5) = \frac{4.7868 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 0.9885$$

$$V2(X2) = \frac{23.28 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 0.9906 \quad ; \quad V2(X6) = \frac{1.7158 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 0.976528$$

$$V2(X3) = \frac{852 - 136.906}{627 - 136.906} = 0.99835 \quad ; \quad V2(X7) = \frac{0.9995 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} = 1.0000$$

$$V2(X4) = \frac{29.20 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 0.9880$$

c. Perhitungan fungsi nilai pada model Fox

$$V3(X1) = \frac{0.8843 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 1.0000 \quad ; \quad V3(X5) = \frac{3.9945 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 1.0000$$

$$V3(X2) = \frac{20.01 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 1.0000 \quad ; \quad V3(X6) = \frac{0.1310 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 0.998208$$

$$V3(X3) = \frac{631 - 136.906}{627 - 136.906} = 0.99998 \quad ; \quad V3(X7) = \frac{0.2401 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} = 0.9954$$

$$V3(X4) = \frac{25.11 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 0.9998$$

d. Perhitungan fungsi nilai pada model Schnute

$$V4(X1) = \frac{0.0141 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 0.0000 \quad ; \quad V4(X5) = \frac{6.9384 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 0.9574$$

$$V4(X2) = \frac{33.88 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 0.9602 \quad ; \quad V4(X6) = \frac{6.7146 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 0.908143$$

$$V4(X3) = \frac{1,841 - 136,906}{627 - 136,906} = 0.99110; \quad V4(X7) = \frac{-1.2184 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} =$$

0.9866

$$V4(X4) = \frac{42.90 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 0.9482$$

e. Perhitungan fungsi nilai pada model CYP

$$V5(X1) = \frac{0.7551 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 0.8515 \quad ; \quad V5(X5) = \frac{73.1273 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 0.0000$$

$$V5(X2) = \frac{368.84 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 0.0000 \quad ; \quad V5(X6) = \frac{73.0989 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 0.000000$$

$$V5(X3) = \frac{136,906 - 136,906}{627 - 136,906} = 0.00000; \quad V5(X7) = \frac{-163.9871 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} =$$

0.0000

$$V5(X4) = \frac{370.01 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 0.0000$$

f. Perhitungan fungsi nilai pada model Pella & Tomlinson

$$V6(X1) = \frac{0.8714 - 0.0141}{0.8843 - 0.0141} = 0.9851 \quad ; \quad V6(X5) = \frac{4.1781 - 73.1273}{3.9945 - 73.1273} = 0.9973$$

$$V6(X2) = \frac{20.80 - 368.84}{20.01 - 368.84} = 0.9977 \quad ; \quad V6(X6) = \frac{0.0001 - 73.0989}{0.0000 - 73.0989} = 0.999999$$

$$V6(X3) = \frac{627 - 136,906}{627 - 136,906} = 1.00000 \quad ; \quad V6(X7) = \frac{0.2440 - (-163.9871)}{0.9995 - (-163.9871)} = 0.9954$$

$$V6(X4) = \frac{25.05 - 370.01}{25.05 - 370.01} = 1.0000$$

Hasil perhitungan tersebut dapat disajikan dalam bentuk tabel sehingga lebih memudahkan dalam penjumlahan dan akan lebih mudah jika dikerjakan dalam program Exel.

3. Hitunglah total fungsi nilai dari setiap model surplus produksi dan sajikan seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.10 Hasil penilaian model surplus produksi terbaik

Model	Fungsi Nilai dari Kriteria Model Terbaik							Total
	R ²	MAD	MSE	RMSE	MAPE	PBIAS	NSE	
Schaefer	0.9851	0.9972	0.99998	0.9999	0.9968	1.000000	0.9954	6.974
Gullaan	0.6360	0.9906	0.99835	0.9880	0.9885	0.976528	1.0000	6.578
Fox	1.0000	1.0000	0.99998	0.9998	1.0000	0.998208	0.9954	6.993
Schnute	0.0000	0.9602	0.99110	0.9482	0.9574	0.908143	0.9866	5.752
CYP	0.8515	0.0000	0.00000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000	0.851
Pella & Tomlimson	0.9851	0.9977	1.00000	1.0000	0.9973	0.999999	0.9954	6.976

■ : fungsi nilai dari nilai kriteria terbaik ■ : jumlah fungsi nilai tertinggi

4. Periksalah perhitungan fungsi nilai dari setiap kriteria dimana fungsi nilai dari setiap kriteria terbaik harus bernilai 1 dan fungsi nilai lainnya harus lebih kecil dari 1.
5. Periksalah setiap total fungsi dari setiap model dan model yang memiliki total fungsi nilai tertinggi merupakan model terbaik.

6. Hasil skoring ada tabel 4.10 menunjukkan bahwa **Model Fox merupakan model terbaik** dengan total fungsi nilai 6.993 dimana klasifikasi model tersebut sebagai berikut:

Tabel 4.11 Evaluasi klasifikasi model surplus produksi terbaik

Kriteri	Nilai	Klasifikasi Performa model	Refesensi
R ²	>0.85 0.75-0.85 0.5-0.65	Excellent Very good Satisfactory	Makungo dan Odiyo(2017)
MAPE	< 10% 10% ≤ MAPE ≤ 20% 20% < MAPE ≤ 50% > 50%	Highly accurate Good Reasonable Inaccurate	Moreno et al (2013)
NSE	0.75 < NSE ≤ 1.00 0.65 < NSE ≤ 0.75 0.50 < NSE ≤ 0.65 0.4 < NSE ≤ 0.50 NSE ≤ 0.4 0.4 ≤ NSE ≤ 0.70	Very good Good Satisfactory Acceptable Unsatisfactory Acceptable	Boskidis e7 al, (2012); Moriasi et al. (2007)
PBIAS	PBIAS < ±10 ±10 ≤ PBIAS < ±15 ±15 ≤ PBIAS < ±25 PBIAS ≥ ±25	Very good Good Satisfactory Unsatisfactory	Moriasi et al. (2007)
RMSE	RMSE < 0.5 standar deviasi	Satisfactory	Singh et al. (2004)

Tabel 4.12 Klasifikasi kriteria evaluasi model Fox menurut hasil uji validasi

Kriteria	Nilai	Tingkat Performa model
R^2	$R^2=0.8843 > 0.85$	Excellent
NSE	$NSE=0.2401 \leq 0.4$	Unsatisfactory
MAPE	$MAPE=3.9945\% < 10\%$	Highly accurate
PBIAS	$-10 < PBIAS=0.1310 < 10$	Very good
RMSE	$RMSE=25.11 > 14.40$	Unsatisfactory

5

STATUS STOK IKAN BERDASARKAN MODEL TERBAIK

5.1 Klasifikasi Status Stok Ikan

Dalam rangka mewujudkan perikanan tangkap yang berkelanjutan, dibutuhkan banyak data dan penelitian guna mengukur apakah operasi penangkapan yang telah dilakukan telah menjamin keberlanjutan stok sumberdaya ikan di suatu perairan. Para peneliti di bidang perikanan telah melakukan berbagai kajian untuk mempelajari bagaimana penangkapan dapat mencapai keseimbangan sehingga memungkinkan populasi spesies akuatik dapat berkembang pada lingkungan yang berfluktuasi dan berubah secara dinamis. Oleh karena itu, apa yang diperlukan agar stok sumberdaya ikan dapat ditangkap secara berkelanjutan dan bagaimana mengukur apakah stok ikan sehat?

Dua faktor kunci perlu diseimbangkan agar penangkapan ikan dapat berkelanjutan adalah 1) tingkat eksploitasi; dan 2) tingkat upaya penangkapan. Faktor-faktor lain yang juga berperan adalah kelimpahan predator, ketersediaan makanan, variabel lingkungan, gangguan siklus iklim, dan lain sebagainya. Efektivitas sistem manajemen guna membatasi tekanan penangkapan ikan dalam batas yang berkelanjutan juga penting.

Ketika populasi ikan yang masih 'virgin' atau pertama kali ditangkap, maka pada awalnya, biomassa ikan akan menurun sebagai akibat dari penangkapan ikan. Tetapi ada titik di mana hasil tangkapan konstan secara terus menerus dapat dipertahankan tanpa menyebabkan penurunan populasi, dan produktivitas populasi ikan berada pada tingkat yang maksimum. Keseimbangan dinamis antara penangkapan dan rekrutmen dikenal dengan istilah tingkat penangkapan ikan yang berkelanjutan.

Hasil tangkapan maksimum agar stok ikan tetap secara berkelanjutan disebut hasil tangkapan lestari (C_{MSY}). Upaya penangkapan yang dibutuhkan untuk mencapai hasil tangkapan lestari disebut upaya penangkapan optimum (E_{opt}). Upaya penangkapan yang melebihi E_{opt} akan menghasilkan hasil tangkapan yang lebih kecil. *Overfishing* dalam jangka panjang dapat mengakibatkan perikanan tangkap tidak berkelanjutan ketika populasi menurun ke titik dimana tidak ada ikan dewasa yang mencukupi untuk bereproduksi, atau ikan muda untuk tumbuh, dan menggantikan ikan yang telah dieksploitasi.

Biomassa dan tekanan penangkapan tidak pernah diukur secara langsung tetapi dapat disimpulkan melalui model, pengetahuan tentang biologi spesies, dan informasi yang dikumpulkan setiap tahun pada kegiatan perikanan dan survei ilmiah. Sistem manajemen yang responsif terhadap perubahan informasi dan mampu memastikan agar status stok ikan dan tekanan penangkapan ikan tetap

berkelanjutan harus menargetkan hasil tangkapan berfluktuasi di sekitar C_{MSY} dan upaya penangkapan dipertahankan di sekitar E_{opt} . Dengan demikian, dalam penentuan status stok ikan tentunya akan menjelaskan klasifikasi stok ikan.

Secara umum, klasifikasi status stok adalah menilai apakah kelimpahan ikan saat ini (jumlah atau biomassa/berat) berada pada kondisi stok ikan yang memadai dan apakah tingkat tekanan penangkapan ikan (jumlah ikan yang dikeluarkan melalui penangkapan) dapat dikendalikan melalui upaya-upaya pengelolaan. Dalam kaitannya dengan tekanan penangkapan ikan, status stok ikan mengacu pada tingkat tekanan penangkapan ikan saat ini yang cukup terkontrol untuk memastikan bahwa kelimpahan stok ikan tidak berkurang ke titik di mana produksi juvenil berkurang secara signifikan.

5.1.1 Klasifikasi Stok Ikan yang Berlaku di Beberapa Negara

Terminologi, kriteria, dan titik referensi yang digunakan untuk klasifikasi status stok dapat bervariasi antara peneliti maupun lembaga/negara. Beberapa contoh perbedaan klasifikasi stok ikan diuraikan sebagai berikut:

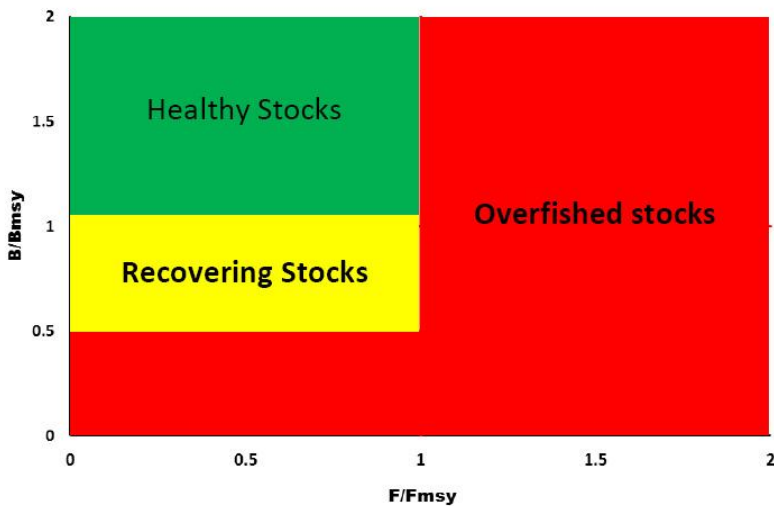
1. Uni Eropa

Menurut *The Common Fisheries Policy (CFP) of the European Union*, semua kebijakan perikanan di Uni Eropa khususnya yang terkait dengan stok ikan bertujuan untuk pemulihan stok ikan

yang telah dieksploitasi secara komersial di atas tingkat yang mampu menghasilkan hasil tangkapan maksimum lestari (C_{MSY} atau B_{msy}). Sebagai langkah pertama untuk mencapai tujuan ini, tekanan penangkapan ikan (E) harus dikurangi hingga ke tingkat optimum (E_{opt} atau E_{msy}) pada tahun 2015, paling lambat pada tahun 2020. Tiga indikator yang dapat membantu dalam pemilihan tekanan penangkapan yang sesuai adalah waktu yang diperlukan untuk pemulihan stok, hasil tangkapan yang diharapkan, dan profitabilitas perikanan selama dan setelah fase pemulihan. Indikator-indikator ini adalah fungsi dari status stok saat ini (B/B_{msy}), tingkat eksploitasi yang tersisa (E/E_{msy}), dan produktivitas bersih atau tingkat pertumbuhan populasi secara alamiah (r) dari stok ikan. Pemantauan implementasi CFP sangat penting bagi European Union (EU), European Commission (EC) dan Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries (DG MARE). The Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) adalah badan penasehat ilmiah bagi EC tentang kebijakan perikanan dan memiliki tugas untuk melaporkan pelaksanaan CFP melalui estimasi dan publikasi serangkaian indikator.

Froese *et al*, (2018) melakukan stok ikan di Eropa untuk menentukan status stok (B/B_{msy}) dan eksploitasi (F/F_{msy}) mengacu pada persyaratan hukum yang ditetapkan oleh CFP. Studi ini dimaksudkan untuk membantu pengelola perikanan Eropa dalam pemilihan tingkat eksploitasi di masa depan secara

berkelanjutan, menguntungkan, ramah lingkungan, dan kompatibel dengan CFP. Pendugaan status stok tersebut menggunakan "The open-source CMSY stock assessment tool". Status stok ditampilkan dalam bentuk plot B/B_{msy} dan F/F_{msy} sebagaimana berikut:



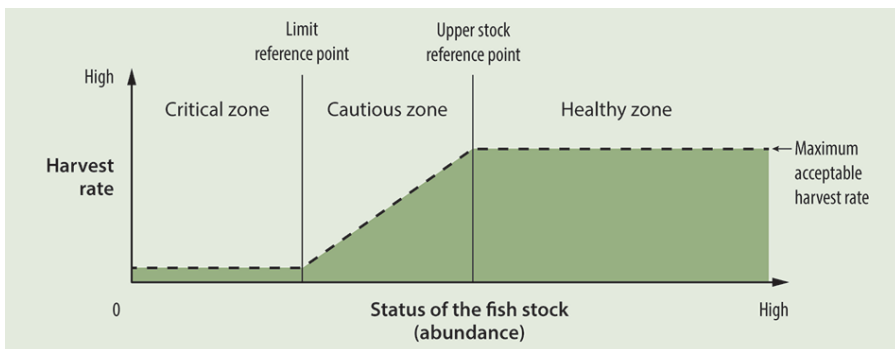
Gambar 5.1 Klasifikasi status stok ikan di Uni Eropa

2. Canada

Fisheries and Oceans Canada telah menentukan elemen-elemen kunci yang diperlukan untuk menilai kesehatan stok ikan berdasarkan informasi tentang kelimpahan dan penangkapan. Penilaian stok menggunakan sumber informasi dari berbagai sumber seperti; penelitian ilmiah, penelitian akademis dan industri, survei ilmiah, buku catatan penangkapan ikan, dan pengamatan kapal penangkap ikan. Pakar ilmiah dari berbagai disiplin ilmu di dalam maupun di luar pemerintah memantau

penilaian stok melalui *Canadian Science Advisory Secretariat*. Melalui pendekatan kehati-hatian, klasifikasi stok dibagi menjadi tiga katagori atau zona yaitu:

- **Healthy** : Ketika kelimpahan stok ikan lebih tinggi, di atas titik referensi batas atas, tingkat panennya ditetapkan pada tingkat maksimum stok yang dapat diterima
- **Cautious** : Ketika kelimpahan stok ikan berada di antara titik referensi batas bawah dan titik referensi batas atas, tingkat panennya harus ditetapkan pada tingkat yang lebih tinggi atau lebih rendah, tergantung pada kelimpahan stok di antara kedua titik referensi tersebut.
- **Critical** : Ketika kelimpahan stok ikan rendah dan tingkat panennya harus ditetapkan pada tingkat yang lebih rendah



Gambar 5.2 Konsep klasifikasi status stok ikan di Kanada

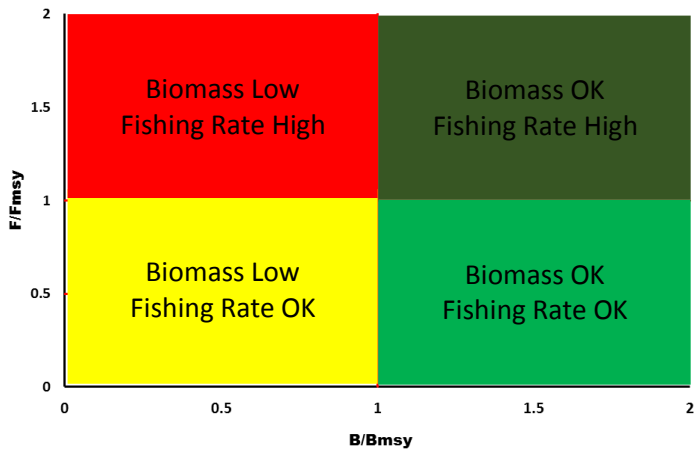
Berdasarkan konsep tersebut, batasan nilai titik referensi untuk penentuan klasifikasi ketiga zona disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.1 Klasifikasi status stok ikan yang disepakati secara nasional di Canada

Status Stok	Klasifikasi
Critical zone	$Biomass \leq 40\% B_{MSY}$
Cautious zone	$40\% B_{MSY} < Biomass < 80\% B_{MSY}$
Healthy	$Biomass \geq 80\% B_{MSY}$

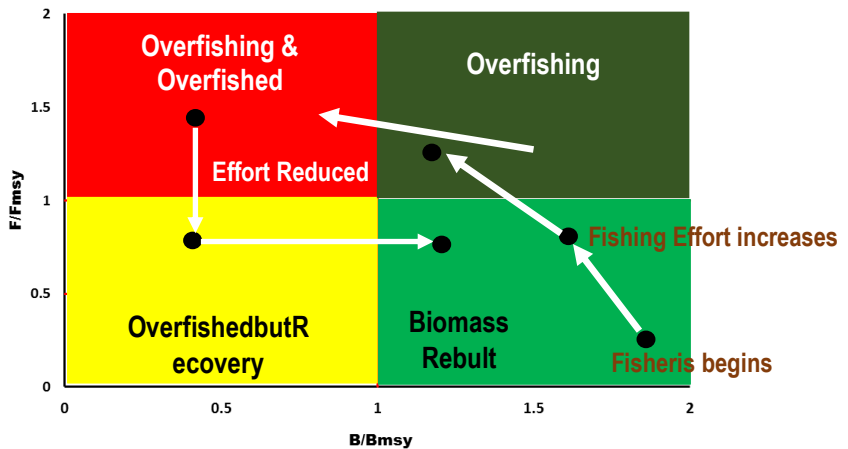
3. Jepang

Di Jepang sejak tahun 2007 dikenal dengan Kobe Plot yaitu salah satu *tools* yang praktis dan *user friendly* untuk menentukan status stok ikan. Kemudian tahun 2009 *tools* tersebut dikembangkan lagi dengan nama "Kobe Strategy Matrix" yaitu suatu *tools* untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Klasifikasi status stok ikan berdasarkan data B/B_{msy} dan F/F_{msy} sebagai titik referensi kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik *scatter plot* sebagaimana berikut:



Gambar 5.3 Klasifikasi status stok ikan menurut Kobe Plot

Kobe plot juga dapat menggambarkan perkembangan perikanan dari tahap awal sampai kondisi saat ini ketika series datanya tersedia secara lengkap (Gambar 5.4).



Gambar 5.4 Perkembangan stok sumberdaya perikanan secara umum

4. Australia

Di Australia, sistem klasifikasi stok ikan dilakukan dengan menggabungkan informasi tentang ukuran stok saat ini dan tingkat upaya penangkapan ke dalam klasifikasi tunggal untuk setiap stok. Untuk mengklasifikasikan stok ke dalam salah satu kategori tersebut, kelimpahan dan tingkat tekanan penangkapan saat ini dibandingkan dengan titik referensi biologis yang ditetapkan (titik referensi). Setiap stok kemudian diklasifikasikan sebagai berikut:

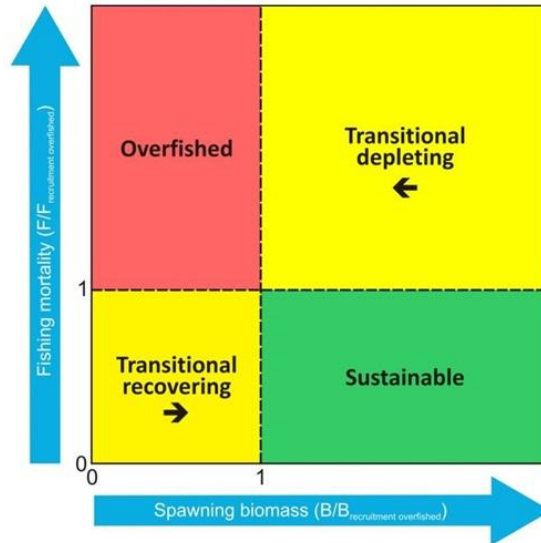
Tabel 5.2 Klasifikasi status stok ikan yang disepakati secara nasional di Australia

Status Stok	Deskripsi
<i>Sustainable</i>	Stok biomassa (atau proksi biomassa) berada pada tingkat yang cukup untuk memastikan bahwa rata-rata tingkat rekrutmen di masa depan memadai (tidak <i>recruitment overfished</i>) dan tekanan penangkapan cukup terkontrol untuk menghindari stok menjadi <i>recruitment overfished</i>
<i>Transitional–recovering stock</i>	Pemulihan stok: biomassa terjadi <i>recruitment overfished</i> , tetapi langkah-langkah manajemen dilakukan untuk mendorong pemulihan stok, dan pemulihan sedang terjadi.
<i>Transitional-depleting stock</i>	Penurunan stok: biomassa belum terjadi <i>recruitment overfished</i> , tetapi tekanan penangkapan ikan terlalu tinggi dan mendorong

Status Stok	Deskripsi
	stok ke arah <i>recruitment overfished</i> .
<i>overfished stock</i>	Biomassa hasil pemijahan menjadi berkurang akibat penangkapan, sehingga tingkat rekrutmen rata-rata berkurang secara signifikan (<i>recruitment overfished</i>). Manajemen saat ini tidak cukup untuk memulihkan stok; atau langkah-langkah manajemen yang memadai telah diterapkan tetapi belum menghasilkan perbaikan yang terukur.
<i>Environmentally limited</i>	Biomassa hasil pemijahan stok telah berkurang ke titik di mana tingkat rekrutmen rata-rata berkurang secara signifikan, terutama sebagai akibat dari perubahan/dampak lingkungan yang besar atau wabah penyakit (tidak terjadi <i>recruitment overfished</i>). Manajemen perikanan telah merespon dengan tepat terhadap perubahan produktivitas lingkungan
<i>Undefined</i>	Informasi untuk menentukan stok tidak memadai

Istilah 'status stok', seperti yang digunakan dalam laporan "The Status of key Australian fish stocks" tahun 2016, tidak memiliki arti yang lebih luas seperti 'ekologis berkelanjutan' atau 'kelayakan

ekologis', yang mempertimbangkan keberlanjutan seluruh ekosistem dan peran stok spesifik dalam fungsi ekosistem. Sistem klasifikasi stok ikan digambarkan dalam diagram berikut:



Gambar 5.5 Sistem klasifikasi stok ikan di Australia

5. FAO

Menurut FAO (2005) status ikan/spesies ikan diklasifikasikan dalam salah satu dari enam kategori yaitu *Underexploited*, *Moderately exploited*, *Fully exploited*, *Overexploited*, *Depleted*, *Recovering* dan *Unknown* seperti dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 5.3 Klasifikasi status stok ikan menurut FAO

Status Stok	Deskripsi
<i>Underexploited</i>	Perikanan yang tidak dieksploitasi, belum dikembangkan atau baru. Dipercaya memiliki potensi signifikan untuk ekspansi dalam produksi total.

Status Stok	Deskripsi
<i>Moderately exploited</i>	Stok dieksploitasi dengan tingkat upaya penangkapan ikan yang rendah. Diyakini memiliki potensi terbatas untuk meningkatkan total produksi.
<i>Fully exploited</i>	Perikanan sedang dieksploitasi pada atau dekat dengan tingkat hasil tangkapan optimal, dan tidak ada ruang yang diharapkan untuk pengembangan lebih lanjut.
<i>Overexploited</i>	Perikanan sedang dieksploitasi di atas tingkat yang diyakini berkelanjutan dalam jangka panjang, tanpa ruang potensial untuk pengembangan lebih lanjut dan risiko stok akan turun/kolap lebih tinggi.
<i>Depleted</i>	Hasil tangkapan jauh di bawah tingkat historis, terlepas dari jumlah usaha penangkapan yang dilakukan.
<i>Recovering</i>	Hasil tangkapan kembali meningkat setelah turun atau <i>collaps</i> dari hasil tangkapan sebelumnya yang tinggi.
<i>Unknown</i>	Tidak diketahui atau tidak pasti. Tidak banyak informasi tersedia untuk melakukan penilaian dan status stok ikan tidak dapat ditentukan.

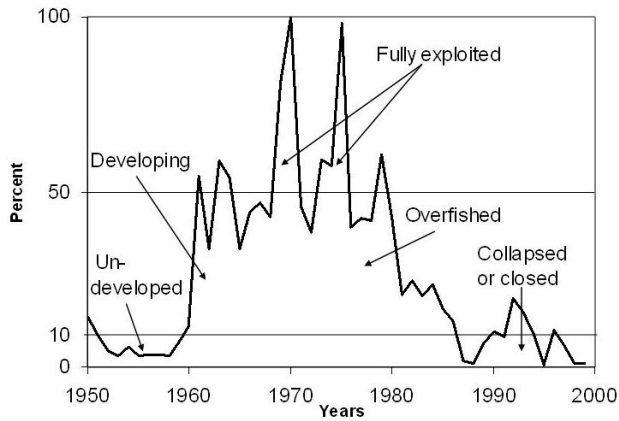
6. Referensi Peneliti

Menurut Kleisner et al (2012), evolusi perkembangan perikanan berdasarkan waktu secara umum mencakup beberapa fase seperti: i) *predevelopment*, (ii) *growth*, (iii) *full exploitation*, (iv) *overexploitation*, (v) *collapse*, and (vi) *recovery*. Pernyataan ini merefleksikan gagasan FAO (1984) bahwa *data time series* pendaratan ikan dapat digunakan untuk mengkarakterisasi pengembangan perikanan. Pada setiap fase *development* menggambarkan upaya penangkapan pada tingkat yang sedang dimana stok ikan berfluktuasi akibat kondisi lingkungan. Tekanan penangkapan ikan yang tinggi, kelimpahan menurun seiring meningkatnya upaya dan peningkatan hasil tangkapan, mereflesikan fase pengembangan, pertumbuhan dan eksploitasi. Pada fase *collaps* dan *recovery* terjadi upaya penangkapan ikan yang tinggi sehingga mengakibatkan sumber daya menjadi menurun. Pada kondisi ini, kelimpahan, upaya penangkapan dan hasil tangkapan total mengalami penurunan. Ketika perikanan dalam kondisi upaya penangkapan yang sedang biasanya kelimpahan dan tren penangkapan dikendalikan secara ketat sedangkan pada *fully-exploited* tren hasil tangkapan dipertahankan dalam periode yang lebih lama kecuali ada kondisi lingkungan yang buruk yang mendorong *stok collapse*.

Grainger and Garcia (1996) membuat 4 katagori status stok ikan yaitu; 1) *underdevelop* (hasil tangkapan rendah); 2) *developing* (hasil tangkapan meningkat); 3) *fully developed* (hasil tangkapan stagnan); dan 5) *senescent* (penurunan hasil tangkapan). Selanjutnya Garcia et

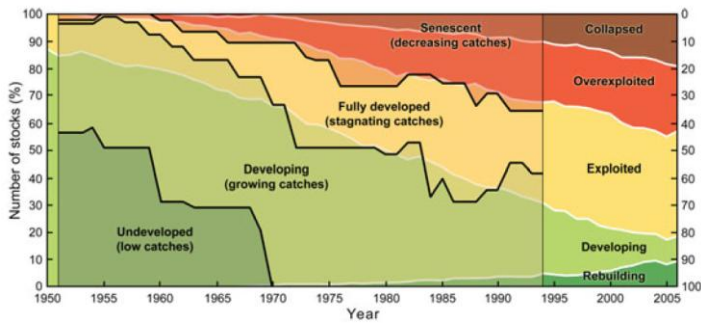
al. (2005) menambahkan katagori fase *recovering* yang didefinisikan sebagai hasil tangkapan yang mulai meningkat lagi setelah fase *senescent*.

Froese and Kesner-Reyes (2002) membuat kategori status sumberdaya perikanan berdasarkan data time series hasil tangkapan yaitu, *undeveloped*, *developing*, *fully exploited*, *overfished* dan *collapsed* (Gambar 5.6).



Gambar 5.6 Klasifikasi status stok ikan menurut Froese and Kesner-Reyes (2002)

Kleisner *et al* (2012) membuat grafik perbandingan kategori status stok dengan katagori yang dibuat oleh Grainger and Garcia (1996) sebagai berikut:



Gambar 5.7 Overlay grafik stock status plots (SSP) antara katagori Grainger and Garcia (1996) dan Kleisner et al (2012)

Froese *et al* (2012) mengkaji kekurangan teknis yang disarankan dari algoritma asli untuk memprediksi status stok dari rangkaian waktu tangkapan relatif terhadap C_{max} historis. Dalam model produksi surplus, hasil tangkapan adalah satu prediksi terhadap dua biomassa kesetimbangan: baik di atas atau di bawah biomassa yang dapat menghasilkan hasil tangkapan lestari (B_{msy}). Froese *et al* (2012) membuat persamaan hubungan antara biomas (B) relatif dan hasil tangkapan (C) relatif pada model Schaefer (1954) sebagai berikut:

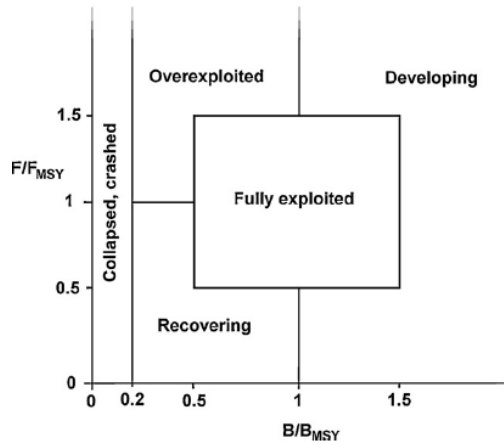
$$\frac{B}{B_{msy}} = 1 \pm \sqrt{1 - \frac{C}{C_{msy}}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, katagori status stok ikan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.4 Klasifikasi status stok ikan menurut Froese
(2012)

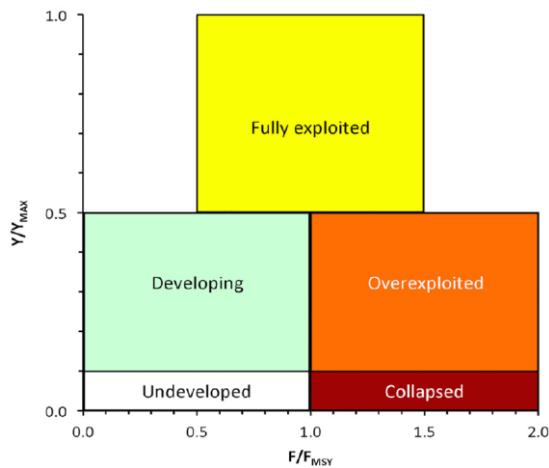
Status Perikanan	C/Cmax	C/Cmsy	B/Bmsy
Undeveloped	<0.1	<0.2	
Developing	0.1–0.5	0.2–0.75	>1.5
Fully exploited	>0.5	>0.75	≥0.5
Overexploited	0.1–0.5	0.2–0.75	<0.5
Collapsed	<0.1	<0.2	<0.1

Metode penentuan status stok ikan (seperti *'fully exploited'*, *'overexploited'* and *'collaps'*), yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti dimana hanya menggunakan data hasil tangkapan yang didaratkan disebut dengan istilah *catch-based method* (Froese and Kesner-Reyes, 2002; Worm *et al.*, 2006; Pauly, 2007,2008; Zeller *et al.*, 2009; Kleisner and Pauly, 2011). Metode ini mengasumsikan bahwa suatu model menggambarkan peningkatan populasi ikan tertentu ketika pada tahap pengembangan perikanan dan kemudian menurun karena sumberdaya perikanan semakin dieksploitasi. Selain itu, data hasil tangkapan diduga merepresentasikan perubahan kelimpahan populasi ikan yang dieksploitasi. Selanjutnya, Carruthers *et al* (2012) mengevaluasi metode tersebut untuk membuat klasifikasi status stok ikan berdasarkan perhitungan upaya penangkapan optimal (E_{opt} atau F_{msy}) dan potensi lestari (C_{MSY} atau B_{msy}). Klasifikasi status stok ikan menurut Carruthers *et al* (2012) digambarkan sebagai berikut:



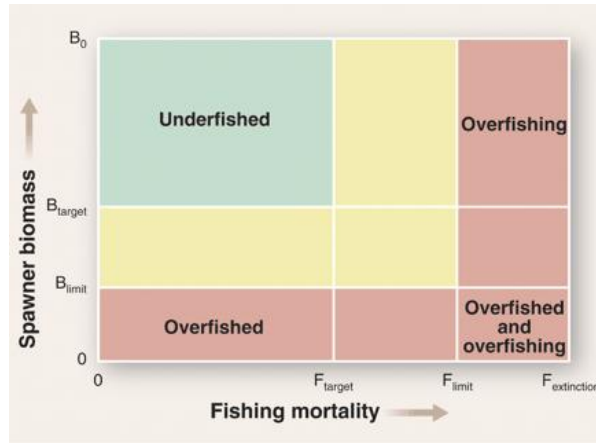
Gambar 5.8 Klasifikasi status stok ikan menurut Carruthers *et al*, (2012)

Tsikliras *at al*, (2015) juga membuat plot status stok ikan berdasarkan hubungan antara rasio hasil tangkapan tahun terakhir (Y) dan hasil tangkapan historis maksimum (Y_{MAX}) dan hubungannya dengan rasio mortalitas upaya penangkapan saat ini (F) terhadap mortalitas pada MSY (F_{MSY}). Status stok ikan diplotkan sebagaimana gambar berikut:



Gambar 5.9 Klasifikasi status stok ikan menurut Tsikliras *et al*, (2015)

Beddington *et al* (2007) membuat definisi status stok berdasarkan titik referensi untuk stok biomassa dan kematian ikan sebagaimana gambar berikut:



Gambar 5.10 Klasifikasi status stok ikan menurut Beddington *et al*, (2007)

5.1.2 Klasifikasi Stok Ikan yang Berlaku di Indonesia

Menurut Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.29/MEN/2012 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Perikanan di Bidang Penangkapan Ikan menjelaskan bahwa tingkat pemanfaatan (eksploitasi) sumber daya ikan merupakan perbandingan antara jumlah produksi yang dihasilkan dengan potensi lestari, yang dikategorikan menjadi a) *over-exploited*; b) *fully-exploited*; atau c) *moderate*. Tingkat pemanfaatan (eksploitasi) sumber daya ikan dikategorikan *overexploited* apabila jumlah tangkapan kelompok sumber daya ikan pertahun melebihi estimasi potensi yang ditetapkan. Tingkat

pemanfaatan (eksploitasi) sumber daya ikan dikategorikan *fullyexploited* apabila jumlah tangkapan kelompok sumber daya ikan pertahun berada pada rentang 80% – 100% (delapan puluh persen sampai dengan seratus persen) dari estimasi potensi yang ditetapkan. Tingkat pemanfaatan (eksploitasi) sumber daya ikan dikategorikan *moderate* apabila jumlah tangkapan kelompok sumber daya ikan pertahun belum mencapai 80% (delapan puluh persen) dari estimasi potensi yang ditetapkan.

Pada tahun 2016, KKP mengeluarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 47/KEPMEN-KP/2016 tentang Estimasi Potensi, Jumlah Tangkapan Yang Diperbolehkan, dan Tingkat Pemanfaatan Sumber Daya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia. Dalam lampiran peraturan tersebut membuat klasifikasi status sumberdaya ikan berdasarkan tingkat pemanfaatan (E) sebagai berikut:

1. Moderat : $E < 0.5$, upaya penangkapan dapat ditambah
2. Fully-Exploited : $0.5 \leq E < 1$, upaya penangkapan dipertahankan dengan monitor ketat
3. Over-exploited : $E \geq 1$, upaya penangkapan harus dikurangi.

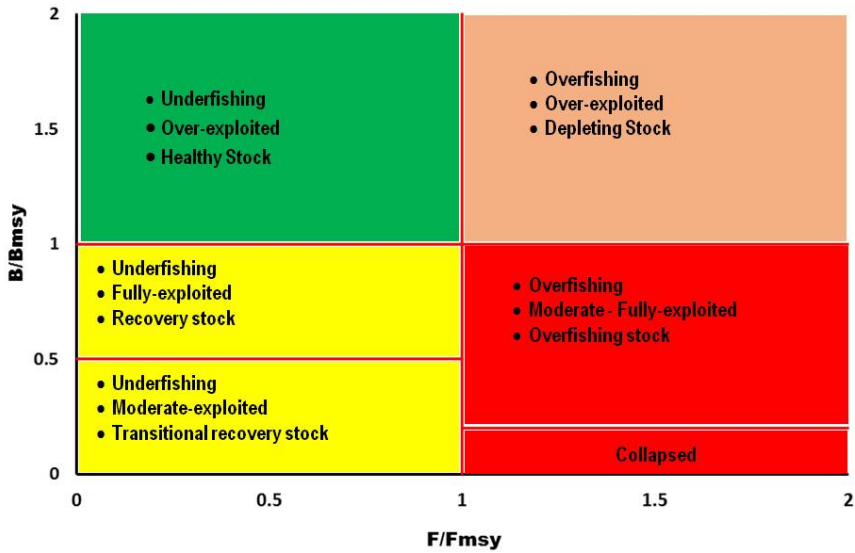
Kedua peraturan tersebut, menunjukkan bahwa pemerintah menetapkan status sumberdaya ikan di Indonesia berdasarkan pada tingkat pemanfaatan (C/C_{MSY}) dan tidak memperhatikan tingkat upaya penangkapan (E/E_{opt}).

5.1.3 Modifikasi Klasifikasi Stok Ikan

Mengacu pada peraturan pemerintah Indonesia dan beberapa referensi di atas, klasifikasi status stok ikan akan dimodifikasi sebagaimana tabel dan gambar berikut:

Tabel 5.5 Modifikasi klasifikasi status stok ikan

Status Perikanan		Status Stok Ikan
Tingkat eksploitasi	Tingkat upaya penangkapan	
Over-exploited ($C/C_{msy} \geq 1$)	Underfishing ($E/E_{opt} < 1$)	Healty Stock
Over-exploited ($C/C_{msy} \geq 1$)	Overfishing ($E/E_{opt} \geq 1$)	Depleting Stock
Fully-exploited ($0.5 \leq C/C_{msy} < 1$)	Underfishing ($E/E_{opt} < 1$)	Recovery Stock
Fully-exploited ($0.5 \leq C/C_{msy} < 1$)	Overfishing ($E/E_{opt} \geq 1$)	Overfishing Stock
Moderate exploited ($0.2 < C/C_{msy} < 0.5$)	Overfishing ($E/E_{opt} \geq 1$)	Overfishing Stock
Moderate exploited ($C/C_{msy} < 0.5$)	Underfishing ($E/E_{opt} < 1$)	Transitional recovery Stock
Moderate exploited ($C/C_{msy} \leq 0.2$)	Overfishing ($E/E_{opt} \geq 1$)	Collapsed stock



Gambar 5.11 Plot status stok ikan hasil modifikasi

5.2 Perhitungan dan Pembuatan Plot Status Stok Ikan

Secara umum status stok ikan berdasarkan indikator tingkat pemanfaatan dan atau tingkat upaya pemanfaatan sumberdaya ikan. Perhitungan kedua indikator tersebut sebagai berikut:

$$R_C = \frac{C_t}{C_{MSY}}$$

$$R_E = \frac{E_t}{E_{opt}}$$

dimana:

R_C : tingkat pemanfaatan (eksploitasi)

R_E : tingkat upaya penangkapan

C_t : hasil tangkapan pada tahun t

C_{MSY} : hasil tangkapan lestari

E_t : upaya penangkapan pada tahun t

E_{opt} : upaya penangkapan optimum

Penilaian model terbaik sebagaimana telah dijelaskan pada Bab sebelumnya diperoleh hasil bahwa model Fox merupakan model surplus produksi yang terbaik untuk menduga C_{MSY} dan E_{opt} ikan kembung di Banyuasin berdasarkan data tahun 2008-2016. Kedua nilai tersebut dijadikan titik referensi untuk menghitung nilai tingkat eksploitasi dan tingkat upaya penangkapan. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.6 Status stok ikan kembung di Banyuasin Tahun 2008-2016 berdasarkan model Fox

Tahun	C_t	E_{st}	Model Fox			Tingkat Upaya		Tingkat eksploitasi	
			E_{opt}	C_{MSY}	JTB	R_E	Status	R_c	Status
2008	459.80	25,013	19,568	515	412	1.28	overfishing	0.89	fully-exploited
2009	474.74	19,945				1.02	overfishing	0.92	fully-exploited
2010	475.61	28,920				1.48	overfishing	0.92	fully-exploited
2011	495.42	24,273				1.24	overfishing	0.96	fully-exploited
2012	507.61	24,273				1.24	overfishing	0.98	fully-exploited
2013	521.94	24,387				1.25	overfishing	1.01	over-exploited
2014	519.35	19,937				1.02	overfishing	1.01	over-exploited
2015	535.91	21,432				1.10	overfishing	1.04	over-exploited
2016	550.83	21,861				1.12	overfishing	1.07	over-exploited

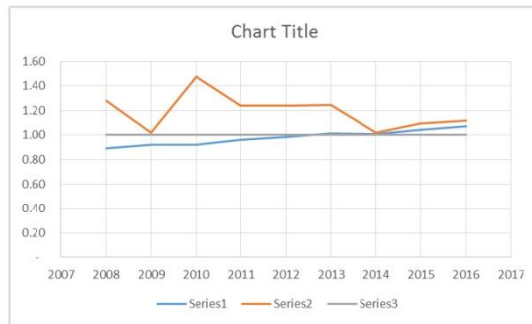
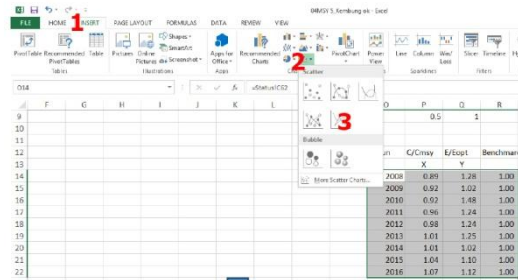
Status stok berdasarkan hubungan antara tingkat upaya penangkapan dan tingkat eksploitasi dapat disajikan dalam bentuk plot status stok ikan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk

membuat grafik plot status stok ikan menggunakan program Excel sebagai berikut:

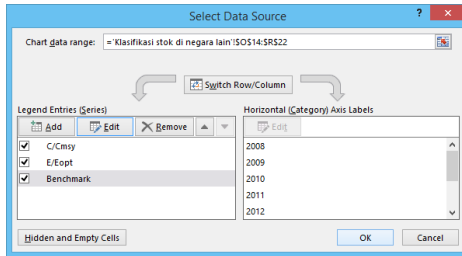
1. Siapkan data-data dasar untuk membuat grafik tingkat eksploitasi, tingkat upaya penangkapan dan plot status stok ikan sebagai berikut:
 - a. Data hasil perhitungan tingkat eksploitasi (C/C_{MSY}) sebagai sumbu Y dan tingkat upaya penangkapan (E/E_{opt}) sebagai sumbu X
 - b. Data untuk batas tingkat upaya penangkapan optimum yaitu $E/E_{opt} = 1$. Data yang di-*input* ini cukup dua titik koordinat (X;Y) yaitu (1;0) dan (1;2)
 - c. Data untuk batas tingkat eksploitasi lestari yaitu $C/C_{MSY} = 1$. Data yang di-*input* ini cukup dua titik koordinat (X;Y) yaitu (0;1) dan (2;1)
 - d. Data untuk batas tingkat eksploitasi *moderate* yaitu $C/C_{MSY} = 0.5$. Data yang di-*input* ini cukup dua titik koordinat (X;Y) yaitu (0;0.5) dan (2;0.5)
 - e. Data untuk batas *collaps* yaitu $C/C_{MSY} = 0.5$ dan $E/E_{opt} \geq 1$. Data yang di-*input* ini cukup dua titik koordinat (X;Y) yaitu (1;0.2) dan (2;0.2)
 - f. Format *input* data dasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tahun	E/E_{opt}	C/C_{MSY}	Benchmark	Batas $C/C_{MSY} = 0.5$		Batas $C/C_{MSY} = 1$		Batas $E/E_{opt} = 1$		Collapsed	
	X	Y		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	2008	1.28		0.89	1	0	0.5	0	0	1	0
2009	1.02	0.92	1	1	0.5	2	1	1	2	2	0.2
2010	1.48	0.92	1								
2011	1.24	0.96	1								
2012	1.24	0.98	1								
2013	1.25	1.01	1								
2014	1.02	1.01	1								
2015	1.10	1.04	1								
2016	1.12	1.07	1								

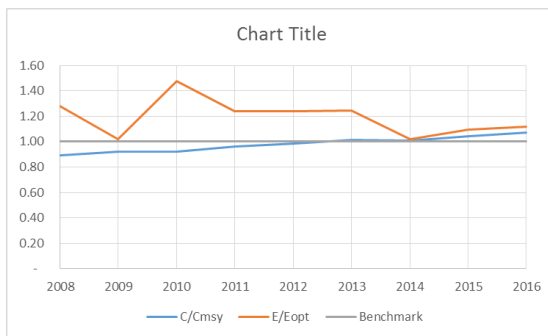
2. Buatlah grafik tingkat eksploitasi dan tingkat upaya penangkapan sebagai berikut:
 - a. Blok data tahun, tingkat eksploitasi dan tingkat upaya penangkapan kemudian klik menu insert→klik Charts Scatter→klik scattes with straight lines sehingga akan muncul tampilan berikut:



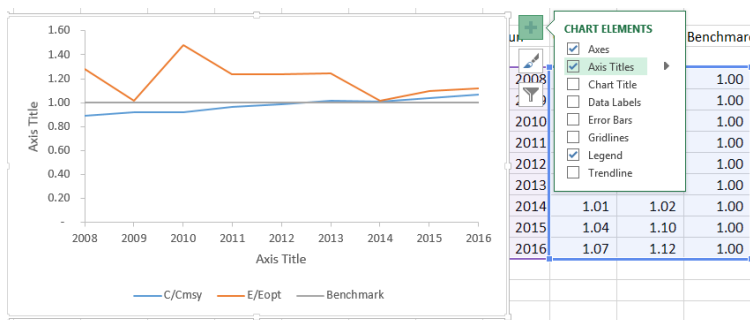
- b. Double Klik sumbu Axis, angka pada kotak minimum ganti menjadi 2008 dan pada kotak maximum ganti menjadi 2016.
- c. Klik kanan grafik lalu klik select data kemudian klik series1 dan klik edit. Setelah muncul kotak edit series, isilah kotak series name dengan nama C/Cmsy kemudian klik OK.
- d. Klik series2 dan klik edit kemudian akan muncul kotak edit series, isilah kotak series name dengan nama E/Eopt dan klik OK.
- e. Klik series3 dan klik edit kemudian akan muncul kotak edit series, isilah kotak series name dengan nama Benchmark dan klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



f. Klik OK untuk menampilkan hasil grafik:

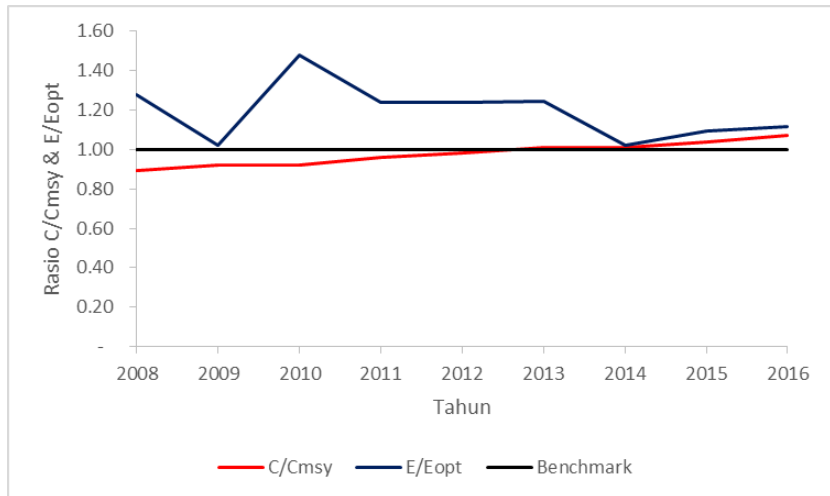


g. Klik grafik lalu klik tanda “+” (chart elements) di ujung kanan atas dan centang axis titles kemudian hilangkan centang pada gridline dan chart title.

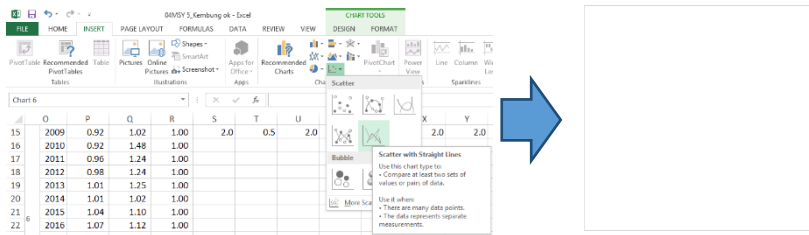


h. Ganti nama Axis titles pada sumbu X dengan “Tahun”, pada sumbu Y dengan “Rasio C/Cmsy dan E/Eopt”.

- i. Jika warna garis C/C_{msy} , E/E_{opt} dan benchmarks kurang kontras perbedaannya bisa dilakukan pengeditan warna sehingga akan tampak seperti gambar berikut:

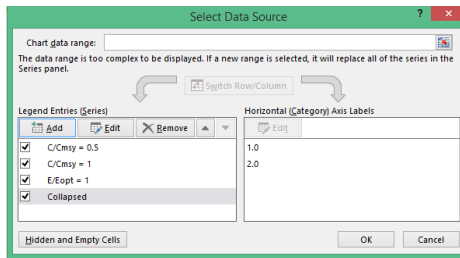


- j. Gambar di atas menggambarkan tren tingkat eksploitasi (C/C_{msy}) dan tingkat upaya penangkapan (E/E_{opt}) selama tahun 2008-2016.
3. Buatlah grafik tingkat upaya penangkapan (sumbu X) dan tingkat exploitasi (sumbu Y) yang menggambarkan dinamika stok ikan berdasarkan klasifikasi stok ikan. Langkah-langkahnya sebagai berikut:
- a. Klik menu insert → klik Charts Scatter → klik scattes with straight lines sehingga akan muncul tampilan berikut:

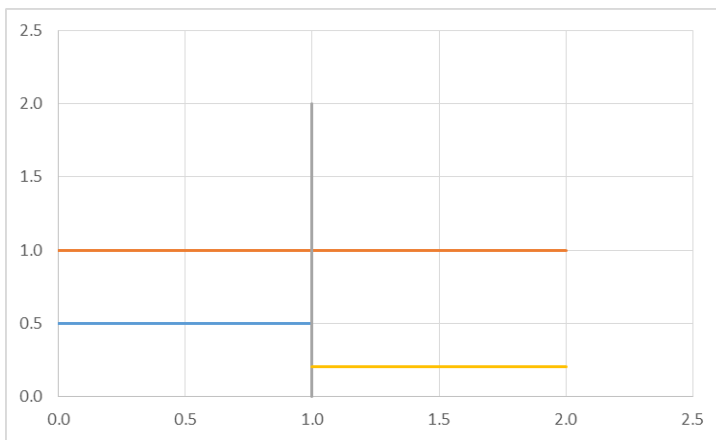


- b. Klik kanan gambar grafik yang masih kosong (belum di-input datanya) lalu klik select data dan klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "C/Cmsy=0.5", kotak series X value dengan data X dari "C/Cmsy=0.5" pada tabel input data dasar, dan kotak series Y value dengan data Y dari "C/Cmsy=0.5" pada tabel input data dasar lalu klik OK.
- c. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "C/Cmsy=1", kotak series X value dengan data X pada "C/Cmsy=1" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y dari "C/Cmsy=1" pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
- d. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "E/Eopt=1", kotak series X value dengan data X pada "E/Eopt=1" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y dari "E/Eopt=1" pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
- e. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "Collapsed", kotak series X value dengan data X pada "Collapsed" dari tabel input data dasar, kotak series Y value

dengan data Y dari "Collapsed" pada tabel input data dasar, lalu klik OK sehingga akan muncul tampilan berikut:

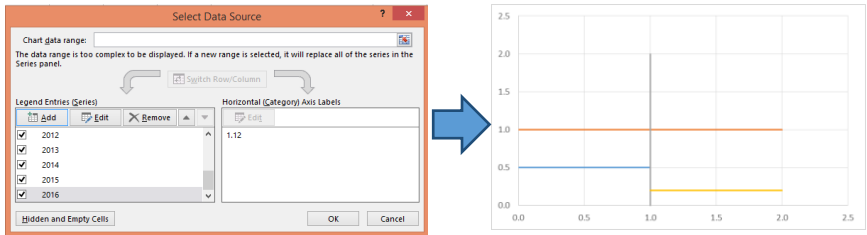


- f. Klik OK sehingga akan muncul grafik benchmark sebagai berikut:

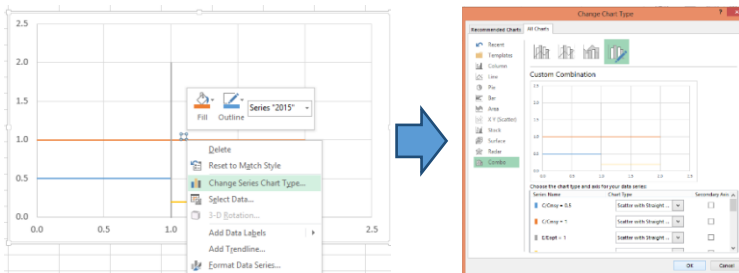


- g. Klik kanan grafik lalu klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "2008", kotak series X value dengan data "E/Eopt" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data "C/Cmsy" pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
- h. Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "2009", kotak series X value dengan data "E/Eopt" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data

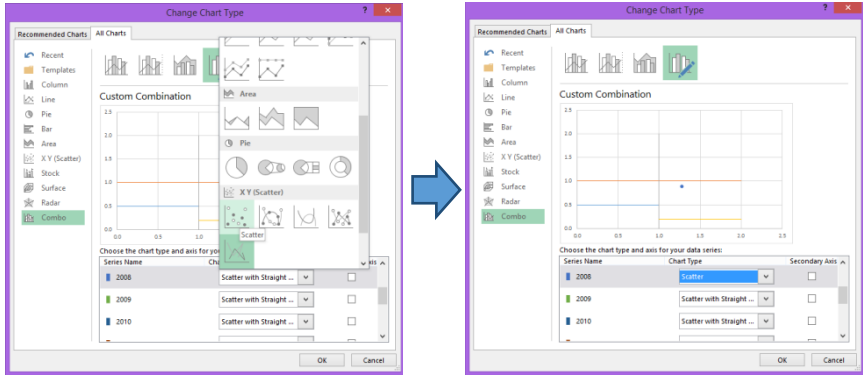
“C/Cmsy” pada tabel input data dasar, lalu klik OK. Ulangi langkah point (h) hingga data tahun 2016 telah diinput dengan benar lalu klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



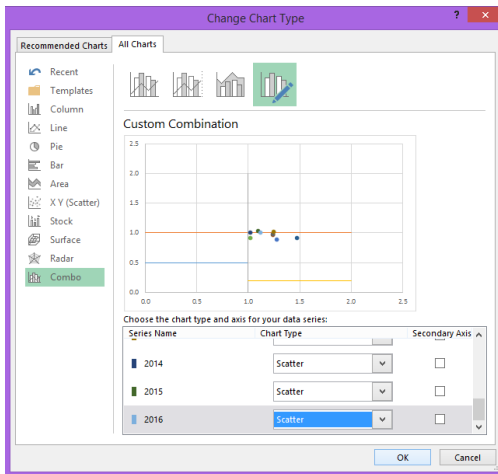
- i. Hasil akhir grafik di atas belum muncul data 2008-2016, oleh karena itu grafik perlu diedit dengan cara klik salah satu garis benchmark lalu klik kanan dan klik change series chart types sebagaimana tampilan berikut:



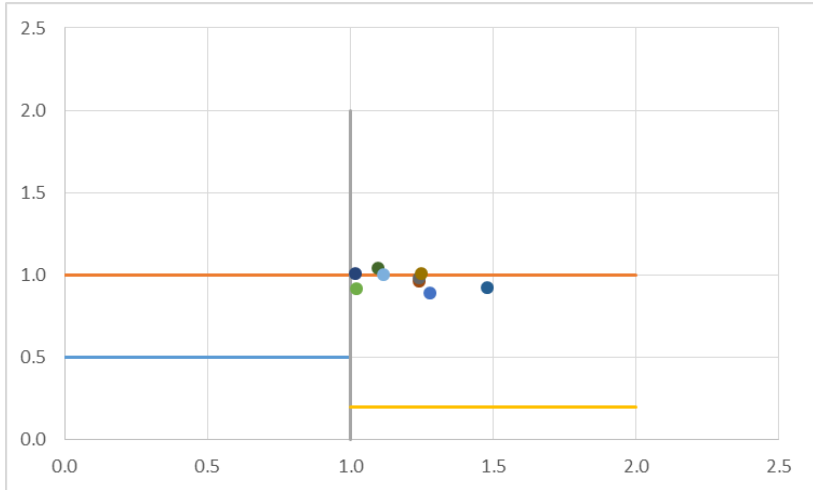
- j. Pada kotak “Choose the chart types and axis for your data series”, cari series name 2008 dengan cara scroll ke bawah lalu pada chart types dan klik pada tulisan scatter with straight lines sehingga muncul pilihan jenis grafik kemudian klik scatter.



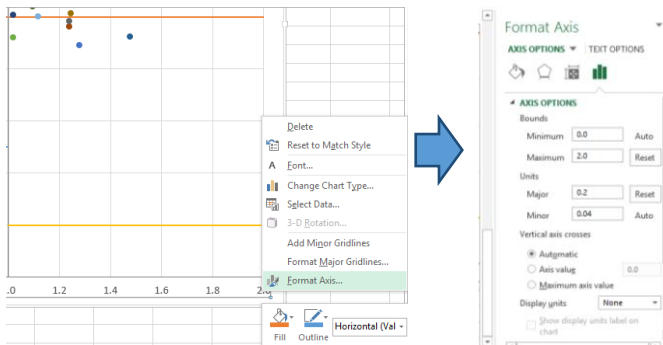
- k. Ulangi langkah point (j) hingga chart type pada series name 2008-2016 telah berubah menjadi "scatter" seperti pada tampilan berikut:



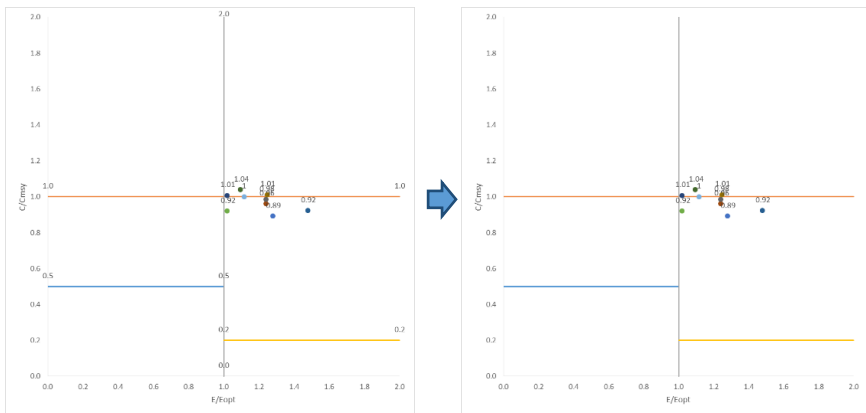
I. Klik OK sehingga diperoleh hasil grafik sebagai berikut:



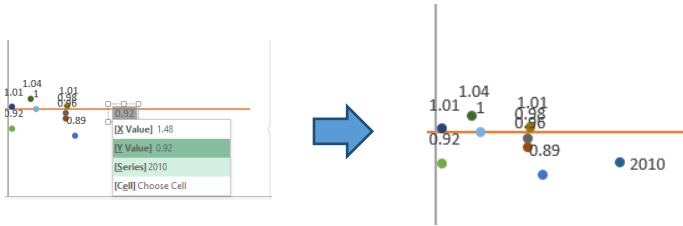
- m. Proporsi skala sumbu X dan sumbu Y pada gambar di atas kurang seimbang. Klik gambar kemudian tempatkan kursor pada ujung kiri bawah dan tekan klik lalu geser mouse ke bawah untuk menyesuaikan proporsi skala tersebut sampai grafik scatter yang memiliki data hampir sama tidak terlalu menumpuk.
- n. Klik sumbu X lalu klik kanan dan klik format axis, kemudian ganti nilai pada kotak maximum menjadi 2.0 dan kotak mayor menjadi 0.2



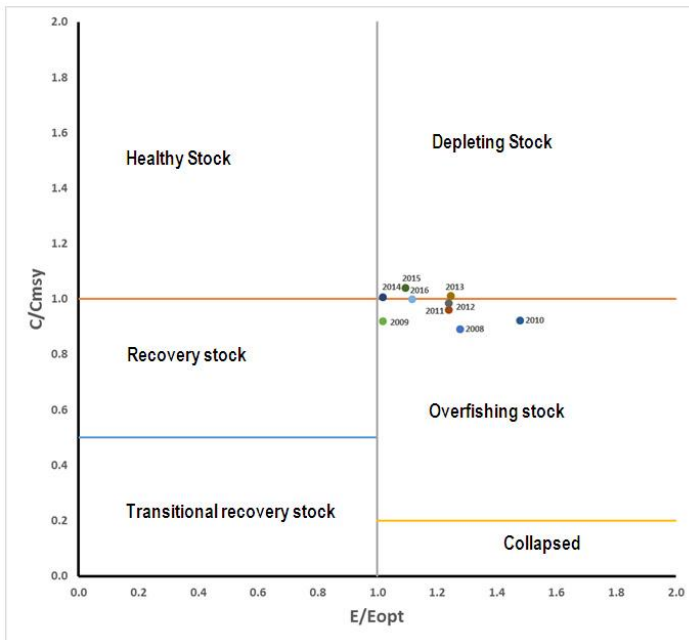
- o. Klik sumbu Y kemudian ganti nilai pada kotak maximum menjadi 2.0 kotak mayor menjadi 0.2.
- p. Klik gambar grafik klik tanda "+" pada ujung kanan atas grafik centang axis titles dan data labels lalu hilangkan centang pada gridlines.
- q. Klik tulisan axis title pada sumbu X dan ganti tulisan tersebut dengan "E/Eopt" selanjutnya klik axis title pada sumbu Y dan ganti tulisan tersebut dengan "C/Cmsy". Hapus nilai-nilai pada garis benchmark (titik referensi) sehingga tampilan grafik seperti di bawah ini.



- r. Tahap selanjutnya memunculkan data tahun pada grafik scatter agar lebih informatif dengan cara klik pada salah satu angka label kemudian blok angka tersebut lalu double klik sehingga muncul jenis data label dan klik series untuk memunculkan tahun. Setelah data tahun muncul selanjutnya dapat dilakukan pengeditan posisi tahun pada posisi yang lebih enak dilihat.

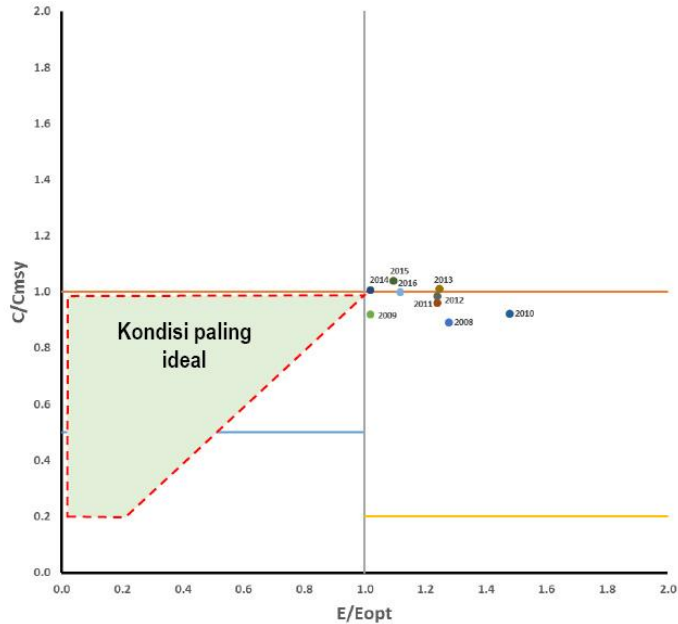


- s. Lakukan langkah pada point "r" sehingga seluruh data pada grafik scatter akan muncul data label tahun. Ketebalan garis dan font axis title sumbu X dan Y dapat diedit agar lebih informatif.
- t. Copy paste grafik ke Ms Word dan tambahkan informasi stok ikan sesuai dengan batasan klasifikasinya sehingga hasil akhir grafik plot status ikan seperti pada gambar berikut:



Gambar 5.12 Plot status stok ikan kembung di Banyuasin Tahun 2008-2016 berdasarkan hubungan antara rasio C/C_{msy} dan E/E_{opt}

Gambar 5.12 menggambarkan dinamika stok ikan kembung di Banyuasin tahun 2008-2016. Pada periode tahun 2008-2012 stok ikan kembung dalam kondisi *overfishing* dimana tingkat upaya penangkapan telah *overfishing* dan tingkat eksploitasi mencapai *fully-exploited*. Pada periode selanjutnya (tahun 2013-2016) stok ikan kembung dalam kondisi *transitional depleting* (transisi penurunan stok ikan) dimana tingkat upaya penangkapan telah *overfishing* dan tingkat eksploitasi mencapai *over-exploited*. Kondisi stok ikan kembung tahun 2013-2016 lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi stok ikan kembung pada tahun 2008-2012. Kondisi status stok dan status perikanan terbaik terjadi pada tahun 2014 dimana nilai tingkat upaya penangkapan dan tingkat eksploitasi paling mendekati nilai 1. Dalam rangka menjaga keberlanjutan perikanan kembung dalam jangka panjang maka tingkat eksploitasi dipertahankan pada kisaran $0.7 < C/C_{msy} < 1$ dan tingkat upaya penangkapan pada kisaran $0.7 < E/E_{opt} < 1$. Pada kondisi tersebut status stok ikan kembung dalam kondisi status "recovery" dan mendekati status "healthy stock". Kondisi perikanan yang paling ideal untuk menjamin keberlanjutan dalam jangka panjang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5.13 Plot status stok ikan dan kondisi status perikanan yang paling ideal untuk menjamin keberlanjutan dalam jangka panjang.

Gambar status stok juga dapat dikombinasikan dengan grafik model surplus produksi. Langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut:

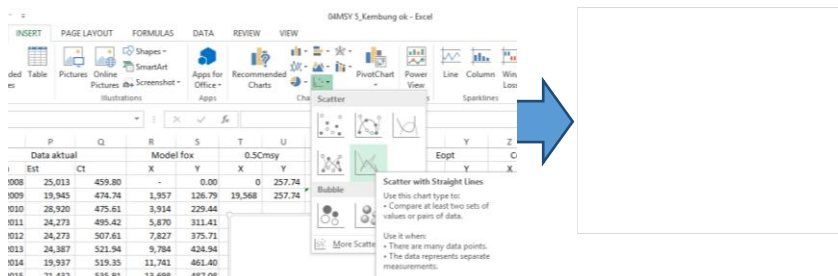
1. Siapkan data-data dasar untuk membuat grafik model surplus produksi dan plot status stok ikan meliputi:
 - a. Data X dan Y dari grafik model surplus produksi terbaik (dalam pembahasan sebelumnya terpilih Model Fox sebagai model terbaik).
 - b. Data aktual yaitu upaya penangkapan standar dan hasil tangkapan.

- c. Data titik-titik koordinat untuk setiap garis benchmark pada model surplus produksi. Pada grafik plot status stok ikan, sumbu X adalah E/E_{opt} dan sumbu Y adalah C/C_{MSY} sedangkan pada grafik surplus produksi, sumbu X adalah E dan sumbu Y adalah C. Oleh karena itu, cara menghitung titik koordinat benchmark pada grafik surplus produksi sebagai berikut:
- Pada model Fox telah diketahui nilai E_{opt} dan C_{MSY} masing-masing adalah 19,568 trip dan 515.48 ton. Panjang sumbu X akan dibuat 2 kali E_{opt} (39,137 atau dibulatkan menjadi 39,000) dan sumbu Y dibuat 2 kali C_{MSY} (1,031 atau dibulatkan menjadi 1,000).
 - Garis benchmark C_{MSY} merupakan garis lurus melalui dua titik koordinat $(0; C_{MSY}) = (0; 515.48)$ dan $(2E_{opt}; C_{MSY}) = (39,000; 515.48)$.
 - Garis benchmark $0.5C_{MSY}$ merupakan garis lurus melalui dua titik koordinat $(0; 0.5C_{MSY}) = (0; 258.74)$ dan $(E_{opt}; 0.5C_{MSY}) = (19,568; 258.74)$.
 - Garis benchmark Collapsed merupakan garis lurus melalui dua titik koordinat $(E_{opt}; 0.2C_{MSY}) = (19,568; 103.10)$ dan $(E_{opt}; 0.2C_{MSY}) = (39,000; 103.10)$.
 - Garis benchmark E_{opt} merupakan garis lurus melalui dua titik koordinat $(E_{opt}; 0) = (19,568; 0)$ dan $(E_{opt}; 2C_{MSY}) = (19,568; 1,000)$.
2. Buatlah tabel data dasar untuk membuat grafik gabungan antara model surplus produksi dan status stok ikan seperti tabel berikut:

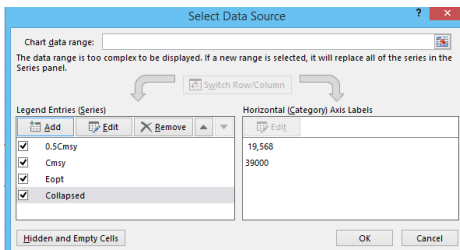
Data Aktual			Model Fox		Benchmark C _{MSY} =0.5		Benchmark C _{MSY}		Benchmark E _{opt}		Benchmark Collapsed	
Tahun	E _{st}	C _t	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
2008	25,013	459.8	0	-	0	258.74	0	515.48	19,568	0	19,568	103.10
2009	19,945	474.74	1,957	126.79	19,568	258.74	39,000	515.48	19,568	1.000	39,000	103.10
2010	28,920	475.61	3,914	229.44								
2011	24,273	495.42	5,870	311.41								
2012	24,273	507.61	7,827	375.71								
2013	24,387	521.94	9,784	424.94								
2014	19,937	519.35	1,741	461.40								
2015	21,432	535.91	3,698	487.08								
2016	21,861	550.83	5,655	503.69								
			7,611	512.72								
			9,568	515.48								
			1,525	513.07								
			3,482	506.45								
			5,439	496.44								
			7,396	483.75								
			9,352	468.98								
			1,309	452.64								
			3,266	435.17								
			5,223	416.92								
			7,180	398.20								
			9,000	380.59								

3. Buatlah grafik benchmark untuk menggambarkan klasifikasi stok ikan. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

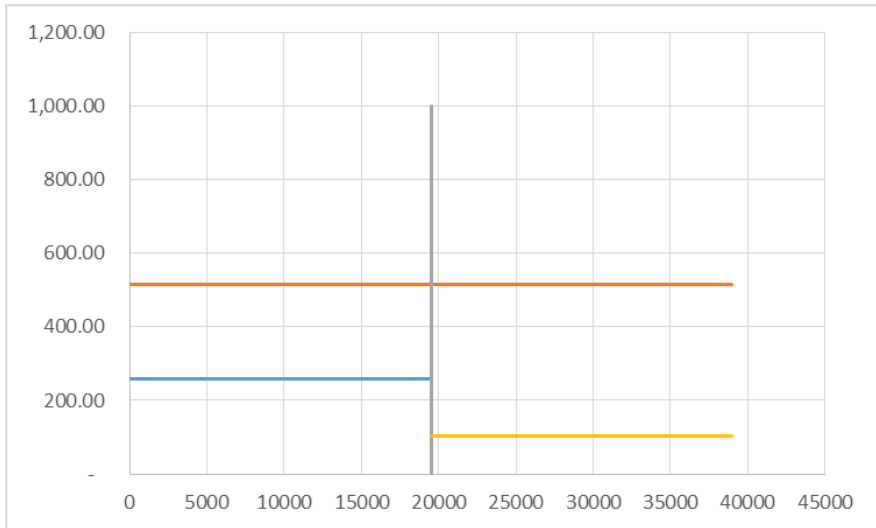
- a. Klik menu insert → klik Charts Scatter → klik scattes with straight lines sehingga akan muncul tampilan berikut



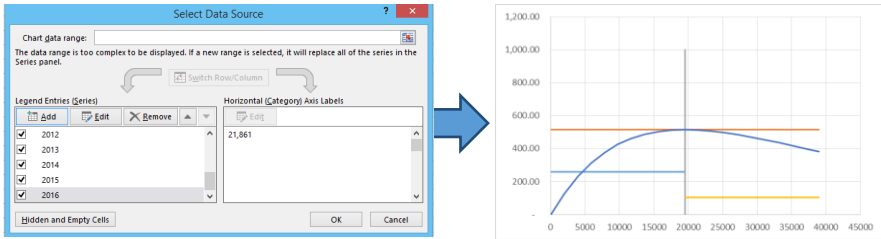
- b. Klik kanan gambar grafik yang masih kosong (belum diinput datanya) lalu klik select data dan klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name " $C_{MSY}=0.5$ ", kotak series X value dengan data X dari " $C_{MSY}=0.5$ " pada tabel input data dasar, dan kotak series Y value dengan data Y dari " $C_{MSY}=0.5$ " pada tabel input data dasar lalu klik OK.
- c. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name " C_{MSY} ", kotak series X value dengan data X pada " C_{MSY} " dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y dari " C_{MSY} " pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
- d. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name " E_{opt} ", kotak series X value dengan data X pada " E_{opt} " dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y dari " E_{opt} " pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
- e. Klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "Collapsed", kotak series X value dengan data X pada "Collapsed" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y dari "Collapsed" pada tabel input data dasar, lalu klik OK sehingga akan muncul tampilan berikut:



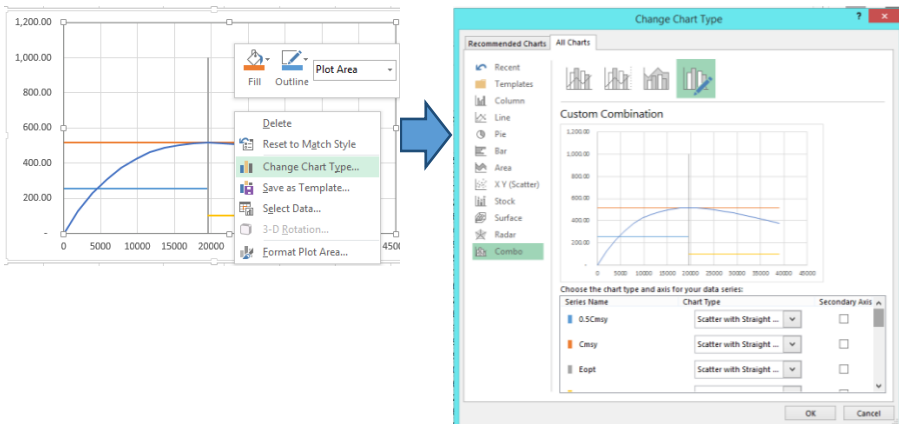
- f. Klik OK sehingga akan muncul grafik benchmark sebagai berikut:



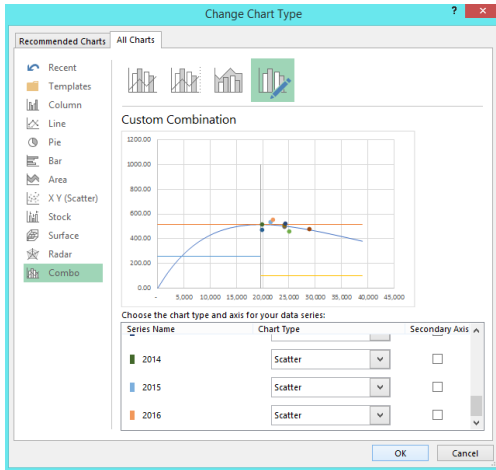
4. Input data model surplus produksi dan data aktual. Langkah-langkahnya sebagai berikut:
 - a. Klik kanan grafik lalu klik Add pada kotak legend entries, selanjutnya isi kotak series name "Model Fox", kotak series X value dengan data X "Model Fox" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data Y "Model Fox" pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
 - b. Klik Add selanjutnya isi kotak series name "2008", kotak series X value dengan data "E_{st}" dari tabel input data dasar, kotak series Y value dengan data "C" pada tabel input data dasar, lalu klik OK.
 - c. Ulangi langkah point (b) hingga data tahun 2016 telah diinput dengan benar lalu klik OK sehingga akan muncul tampilan sebagai berikut:



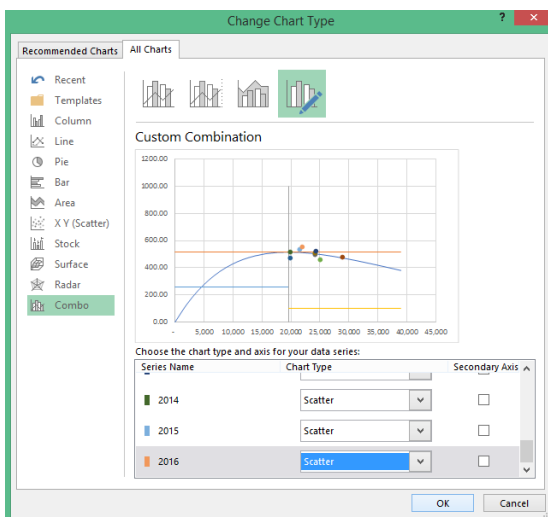
- d. Hasil akhir grafik di atas belum muncul data aktual 2008-2016, oleh karena itu grafik perlu diedit dengan cara klik salah satu garis benchmark lalu klik kanan dan klik change series chart types sebagaimana tampilan berikut:



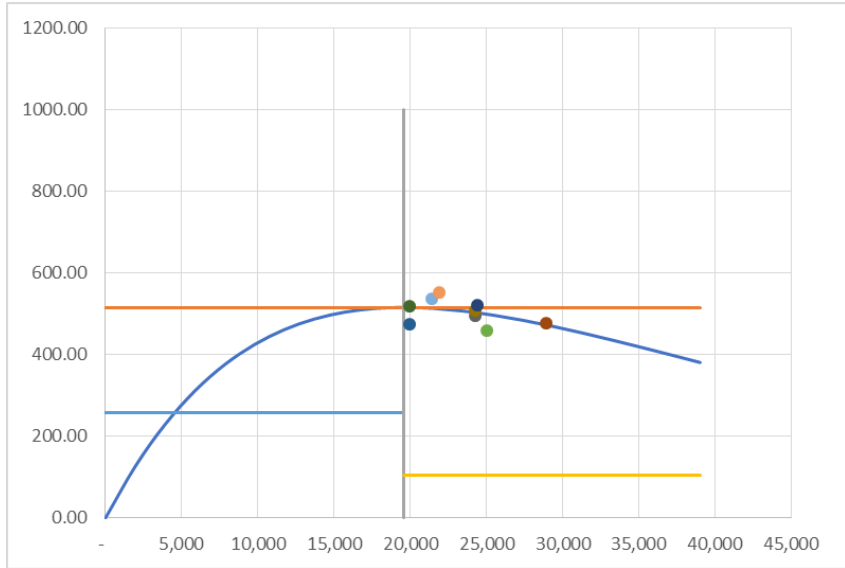
- e. Pada kotak "Choose the chart types and axis for your data series", cari series name 2008 dengan cara scroll ke bawah lalu pada chart types dan klik pada tulisan scatter with straight lines sehingga muncul pilihan jenis grafik kemudian klik scatter.



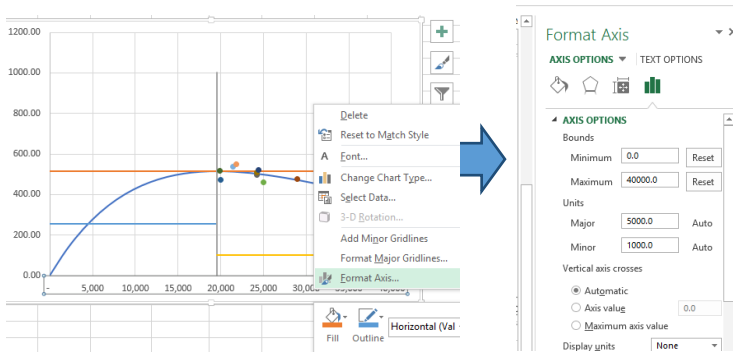
- f. Ulangi langkah point (e) hingga chart type pada series name 2008-2016 telah berubah menjadi "scatter" seperti pada tampilan berikut:
- g. Cari series name Model Fox dengan cara scroll ke atas lalu pada chart types dan klik pada tulisan scatter with straight lines sehingga muncul pilihan jenis grafik kemudian klik scatter with smooth lines.



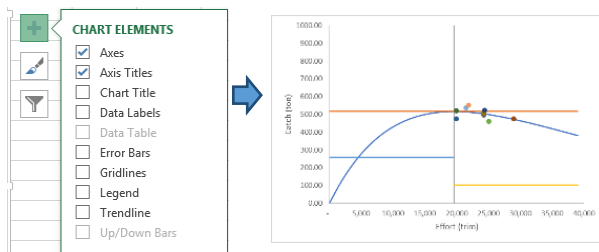
h. Klik OK sehingga diperoleh hasil grafik sebagai berikut:



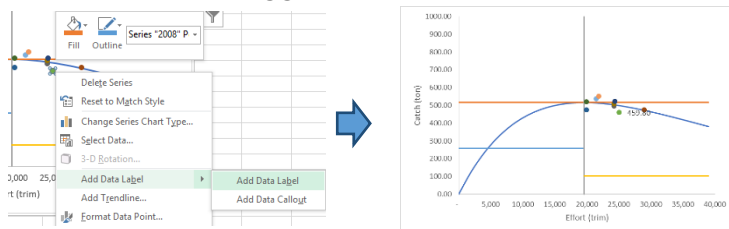
5. Jika proporsi skala sumbu X dan sumbu Y pada gambar diatas kurang seimbang, klik gambar kemudian tempatkan kursor pada ujung kiri bawah dan tekan klik lalu geser mouse kebawah untuk menyesuaikan proporsi skala tersebut sampai grafik scatter yang memiliki data hampir sama tidak terlalu menumpuk.
6. Klik sumbu X lalu klik kanan dan klik forma axis, kemudian ganti nilai pada kotak maximum menjadi 39,000 dan minimum Osedangkan kotak mayor menjadi 5,000 minor 1,000



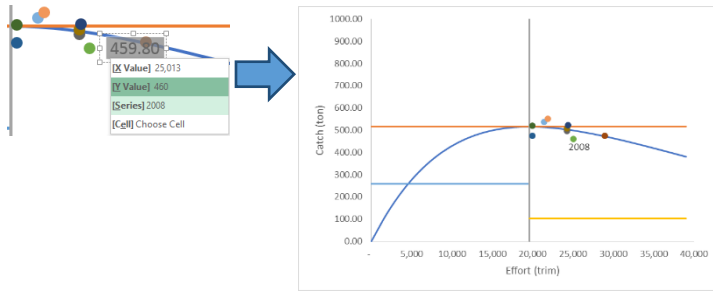
7. Klik sumbu Y kemudian ganti nilai pada kotak maximum menjadi 1,000 kotak mayor menjadi 100.
8. Klik gambar grafik klik tanda "+" pada ujung kanan atas grafik centang axis titles lalu hilangkan centang pada gridlines.
9. Klik tulisan axis title pada sumbu X dan ganti tulisan tersebut dengan "Effort (trip)" selanjutnya klik axis title pada sumbu Y dan ganti tulisan tersebut dengan "Catch (ton)" sehingga tampilan grafik seperti di bawah ini.



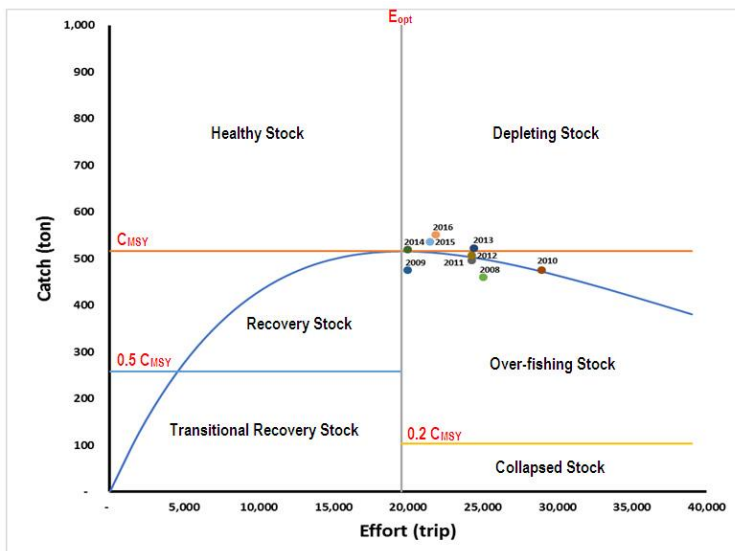
10. Tahap selanjutnya memunculkan data tahun pada grafik scatter agar lebih informatif dengan cara klik pada salah satu titik koordinat data kemudian klik kanan dan pilih add data label lalu klik data label sehingga akan muncul data nilai sumbu Y.



11. Klik data tersebut lalu blok angkanya dan double klik sehingga muncul jenis label data dan klik series sehingga akan muncul series name "2008" lalu sesuaikan posisinya agar lebih informatif.



12. Lakukan langkah pada point "10-11" sehingga seluruh data pada grafik scatter akan muncul data label tahun. Font axis title, ketebalan garis dan nilai sumbu X dan Y dapat diedit agar lebih informatif.
13. Copypaste grafik ke Ms Word dan tambahkan informasi stok ikan sesuai dengan batasan klasifikasinya sehingga hasil akhir grafik gabungan plot status ikan dan model surplus produksi seperti pada gambar berikut:



Gambar 5.14 Plot status stok ikan kembang di Banyuasin Tahun 2008-2016 berdasarkan kurva model Fox

DAFTAR PUSTAKA

- Beddington, J. R., D. J. Agnew, C. W. Clark. 2007. Current Problems in the Management of Marine Fisheries. *Science*, 316(5832):1713-1716.
- Boskidis, I., Gikas, G.D., Sylaios, G.K. and Tsihruntzis, V.A. 2012. Hydrologic and Water Quality Modeling of Lower Nestos River Basin. *Water Resource Management*, 26:3023-3051.
- Butterworth, D.S. 1988. A critique of "Dynamic models for TAC assessment: logic, potentialities, development" by V.K. Babayan and Z.I. Kinzer. *Collection of Scientific Papers. International Commission for the South East Atlantic Fisheries*, 15(1): 85-98.
- Carruthers, T. R., C. J. Walters, and M. K. McAllister. 2012. Evaluating methods that classify fisheries stock status using only fisheries catch data. *Fisheries Research*, 66- 79.
- Chassot E., T. Nishida, and A. Fonteneau. 2009. Application of surplus production models to the Indian ocean bigeye (*Thunnus obesus*) tuna fishery. *Indian Ocean Tunna Commission, Working Party Working Party on Tropical Tunas*, 4:1-22 p.
- Clarke, R. P., S. S. Yoshimoto, and S. G. Pooley. 1992. Bioeconomic analysis of the Northwestern Hawaiian Islands lobster fishery. *Marine Resource Economics*, 7:115-140.
- FAO. 2005. Review of the state of world marine fishery resources. *FAO Fisheries Technical Paper No. 457. Rome*. 235 pp.
- Fox, W.W., Jr, 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Transactions of the American Fisheries Society*, 99(1):, 80-88
- Froese, R. and K. Kesner-Reyes. 2002. Impact of fishing on the abundance of marine species. *ICES CM 2002/L: 12. Copenhagen*. 15 p.
- Froese, R., H. Winker, G. Corod, N. Demirele, A. C. Tsikliras, D. Dimarchopoulou, G. Scarcellag, M. Quaash, N. Matz-Lücki. 2018.

- Status and rebuilding of European fisheries. *Marine Policy*, 93:159-170.
- Froese R., D.Zeller, K. Kleisner, and D. Pauly. 2012. What catch data can tell us about the status of global fisheries. *Marine Biology*. DOI 10.1007/s00227-012-1909-6.
- Garcia, S.M., I. de Leiva Moreno, and R. J. R. Grainger. 2005. Global trends in the state of marine resources. In: *Review of the State of World Marine Resources* (ed. FAO Fisheries Technical Paper), 457. FAO, Rome, pp. 10-14.
- Grainger, R. J. R., and S. M. Garcia. 1996. *Chronicles of Marine Fishery Landings (1950–1994). Trend Analysis and Fisheries Potential*. FAO Fisheries Technical Paper, Rome, 51 p.
- Gulland, J.A. 1961. Fishing and the stocks of fish at Iceland. U.K. Ministry Agriculture and Fisheries Food. *Fisheries Investment* (Series. 2). 23(4): 52pp
- Gulland, J. A. 1968. The concept of the marginal yield from exploited fish stocks. *Journal du Conseil/ Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 32: 256-261.
- Gulland, J.A. 1983. Stock assessment: why? *FAO Fisheries Circular*, 759:18 p.
- Hamka, E., & M. Rais. 2016. Penentuan musim penangkapan ikan layang (*Decapterus Sp.*) di Perairan Timur Sulawesi Tenggara (Determination of fishing catching season (*Decapterus Sp.*) in East Waters Of Southeast Sulawesi. *Jurnal IPTEKS PSP*, 3:510-517.
- Howara D dan Laapo A. 2008. Analisis Determinasi Usaha Perikanan Tangkap Nelayan di Kabupaten Tojo Una-Una. *Jurnal Agroland* 15 (4): 302-308.
- Ihsen, P. E., H. E. Booke, J. M. Casselman, J. M. McGlade, N. R. Payne, and F. M. Utter. 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 38(12):1838-1855.

- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung & D. Hatidja. 2014. Penentuan status pemanfaatan dan skenario pengelolaan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang tertangkap di Perairan Bolaang-Mongondow Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*,14:9-17.
- Kekenusa, J.S., S.B. Rondonuwu, M.S. Paendong & W.Ch.D. Weku. 2014. Determinating the Utilization Status and Management Scenarios of Bonito (*Auxis Rochei*) Catching in Talaud Waters North Sulawesi. *Research Journal of Mathematical and Statistical Sciences*, 2(11):1-8.
- Kekenusa, J.S., M.S. Paendong, W.Ch.D. Weku & S.B. Rondonuwu. 2015. Determination of the Status of utilization and management scenarios bonito (*Auxis rochei*) caught in theTalaud Waters North Sulawesi. *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 3:39-46.
- Kilduff, P., J. Carmichael, and R. Latour. 2009. *Guide to Fisheries Science and Stock Assessments*. Atlantic States Marine Fisheries Commission. Washington, DC. 66pp.
- King, M and Mc Ilgorm A. 1989. *Fisheries Biology and Management of Pacific Island Student*. International Development Programm of Australian Universities Colleges. 67p.
- Kleisner, K., and D. Pauly. 2011. Stock catch status plots of fisheries for regional seas. In: *The State of Biodiversity and Fisheries in Regional Seas*. Fisheries Centre Research Reports (eds V. Christensen, S. Lai and M. Palomares). University of British Columbia, Vancouver, Canada, pp. 37-40.
- Kleisner, K., D. Zeller, R. Froese, and D. Pauly. 2012. Using global catch data for inferences on the world's marine fisheries. *Fish and Fisheries*. Blackwell Publishing Ltd. 19p. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2012.00469.x
- Larena, B. 2014. Analisa dan perbandingan akurasi model prediksi rentet waktu arus lalu lintas jangka pendek. *CSRID Journal*, 6:148-158.

- Lemay J. 2007. A study of the surplus production model. Quebec City: Université Laval. 158pp
- Linhart, H. and W. Zucchini. 1986. Model Selection. New York: John Wiley & Sons. 301pp.
- Makungo, R., J. O. Odiyo. 2017. Estimating groundwater levels using system identification models in Nzhelele and Luvuvhu areas, Limpopo Province, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 100:44-50.
- Mohsin, M., Y.T. Mu, Z. Sun, S. Afsheen, A.M. Memon, M.T. Kalhor & S.B.H. Shah. 2017. Application of non-equilibrium models to evaluate fishery status of squids In Pakistani Marine Waters. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27:1031-1038.
- Moreno, J. J. M., A .P. Pol, A. S. Abad, and B. C. Blasco. 2013. Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. *Psicothema*, 25(4):500-506.
- Moriasi, D. N., J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, and T. L. Veith. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3): 885-900.
- Paulik G. J. 1973. Studies of the possible form of the stock-recruitment curve, *Rapports et Proces-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration 1214 de la Mer*, 164:302-315.
- Pauly, D., 2007. The sea around us project: documenting and communicating global fisheries impacts on marine ecosystems. *Ambio* 34:290-295.
- Pauly, D., 2008. Global fisheries: a brief review. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 9:3-9.
- Pella, J. J., and P. K. Tomlinson. 1969. A generalized stock production model. *Inter-American Tropical Tuna Commission*, 13:419-496.
- Punt, A. E. 1988. Model selection for the dynamics of southern african hake resources [Thesis]. Cape Town: Department of Applied Mathematics, University of Cape Town.

- Qirom, M. A., M. B. Saleh, dan B. Kuncahyo. 2012. Evaluation of Some Methods of Measuring Biomass on *Acacia mangium* Wild, 9(3): 251-263.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191:1-382.
- Rothschild, B. J. 1986. *Dynamics of Marine Fish Populations*. Harvard University Press, USA.
- Schaefer, M. B. 1954. Some Aspects of The dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 1(2):27-56.
- Schnute, J. 1977. Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 583-603.
- Sholahuddin, A., A.P. Ramadhan & A.K. Supriatna. 2015. The Application of ANN-linear perceptron in the development of DSS for a fishery industry. *Procedia Computer Science*, 72:67-77.
- Sin, M.S. & T.S. Yew. 2016. Assessing the exploitation status of marine fisheries resources for the West Coast of Peninsular Malaysia Trawl Fishery. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 8(2):98-107.
- Singh. N.O. 2015. Surplus Production Models with Auto correlated Errors International. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2:217-220.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 306.1. Rev. 2.FAO. Rome 407pp.
- Sparre, P., Ursini, E., Venema, S. C., 1989. Introduction to Tropical Fish Stock Assesment, Part I. Manual, *FAO Fisheries Technical Raport*. No:306. 337 p.

- Subbey, S., J. A. Devine¹, U. Schaarschmidt, and R. D.M. Nash. 2014. Modelling and forecasting stock-recruitment: current and future perspectives. *ICES Journal of Marine Science*,71(8):2307-2322.
- Supriatna, A.K., A. Sholahuddin, A.P. Ramadhan & H. Husniah. 2016. SOFish ver. 1.2-A decision support system for fishery managers in managing complex fish stocks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 31:012005.
- Timuneno, H. M., R. H. S. Utomo, dan Widowati. Model pertumbuhan logistik dengan waktu tunda. *Jurnal Matematika*, 11(1): 43-51.
- Tinungki, G.A. 2005. Evaluasi model surplus produksi dalam menduga hasil tangkapan maksimum lestari untuk menunjang kebijakan pengelolaan perikanan lemru di Selat Bali [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Tsikliras, A. C., A. Dinouli, V. Z. Tsiros, and E.Tsalkou. 2015. The Mediterranean and Black Sea Fisheries at Risk from Overexploitation. *PLOS ONE*. 19p. DOI:10.1371/journal.pone.0121188
- Ulltang Ø. 1996. Stock assessment and biological knowledge: can prediction uncertainty be reduced? *ICES Journal of Marine Science*, 53: 659-675.
- Walter, G. G. 1973. Delay-differential equation models for fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 939-945.
- Walters, C.J. 1986. Adaptive management of renewable resources. New York: MacMillan.374pp.
- Walters, C.J., & R. Hilborn., 1976. Adaptive Control of Fishing Systems. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33:145-159.
- Widodo, J. 1986. Fox model and generalized production model another versions of surplus production models. *Oseana*. 11:143-149.
- Worm, B., E. B. Barbier, N. Beaumont, J. E. Duffy, C. Folke, B. S. Halpern, J. B. C. Jackson. 2006. Impacts of biodiversity loss on oceanecosystem services. *Science* 314:787–790.

Zeller, D., Cheung, W., Close, D., Pauly, D., 2009. Trends in global marine fisheries– a critical view. In: Wrammer, P., Ackefors, H., Cullberg, M. (Eds.), Fisheries, Trade and Development. Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Stockholm, pp. 55–77.

FISH STOCK ASSESSMENT

Buku *FISH STOCK ASSESSMENT* berisi tentang teori dan aplikasi model surplus produksi (Surplus Production Model) untuk pendugaan stok ikan. Stok ikan di suatu perairan sangat dinamis dan perubahan stok ikan sangat dipengaruhi oleh dinamika pertumbuhan ikan, rekrutmen, kematian ikan secara alami (*natural mortality*) dan kematian akibat upaya penangkapan ikan (*fishing mortality*). Fish stock assesment dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai status sumberdaya ikan, mengevaluasi pengaruh upaya pemanfataan (*fishing effort*) terhadap kondisi stok ikan dan meramalkan kondisi stok di masa depan. Informasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan opsi pengelolaan stok ikan yang terbaik agar upaya pemanfaatan sumberdaya ikan tersebut dapat optimal, lestari dan berkelanjutan.

Model surplus produksi merupakan salah satu dari beberapa metode pendugaan stok ikan. Selain efektif dan efisien diaplikasikan karena hanya menggunakan data hasil tangkapan (produksi) dan upaya penangkapan (*tript*), model ini mampu menduga upaya penangkapan optimum (R_{opt}), hasil tangkapan maksimum yang lestari (C_{MSY}) dan status stok ikan. Dalam perkembangannya, model ini telah berkembang menjadi beberapa jenis model.

Buku ini menyajikan 7 model surplus produksi dan cara menentukan model terbaik berdasarkan kriteria koefisien determinan (R^2), pendugaan bias (PBias), Nash Sutcliffe efficiency (NSE), Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Square Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Status stok ikan diklasifikasikan menjadi 6 kategori yaitu *collapsed*, *overfishing*, *depleting*, *healthy*, *transitional recovery* dan *recovery stock*.



Halaman Moeka Publishing
www.halamanmoeka.net
www.halamanmoeka.com
E: halamanmoeka@gmail.com

