



*System Dynamic dalam
Perikanan berkelanjutan:
*Bridging between
complexity and simplicity**

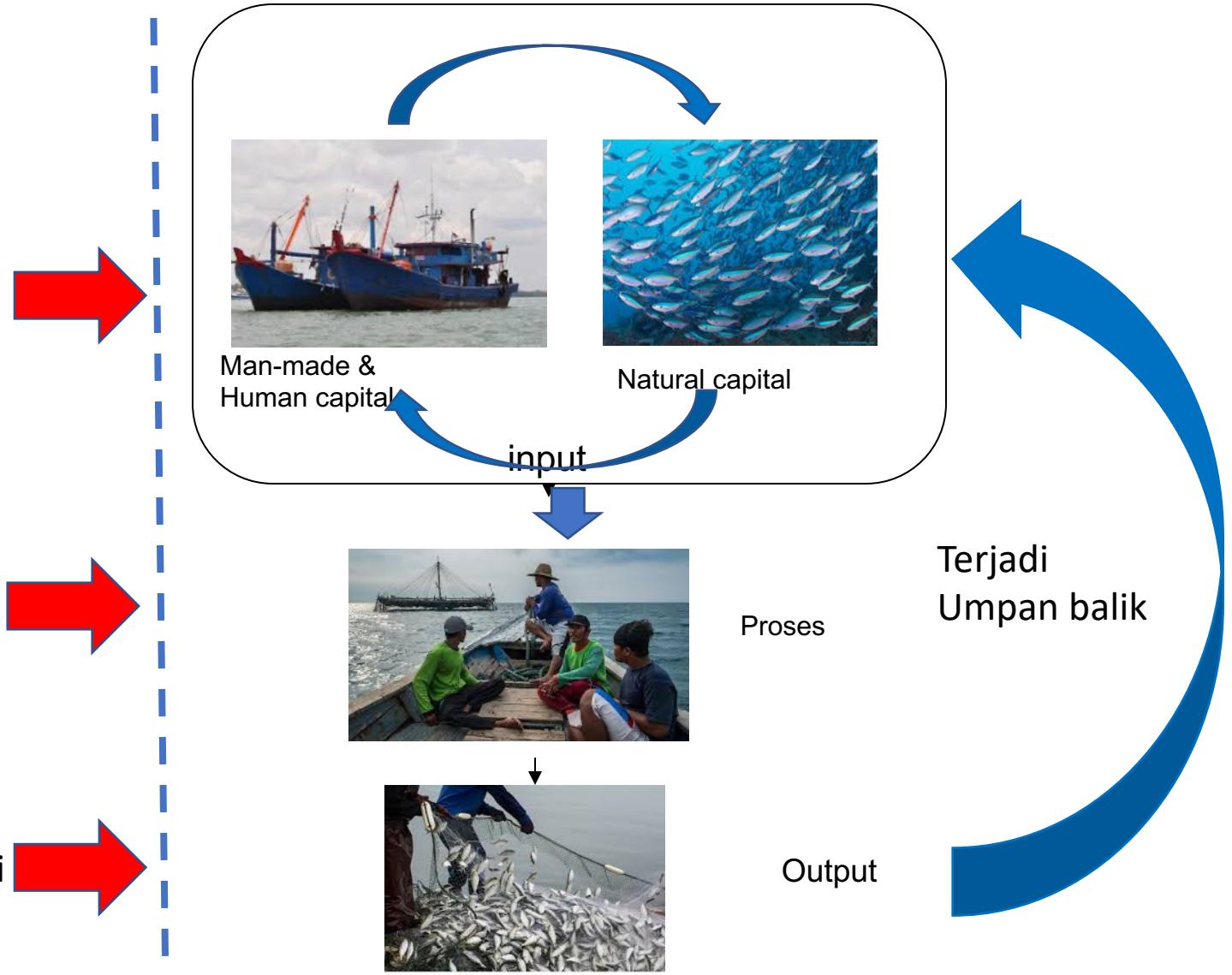
Prof. Akhmad Fauzi. Ir., M.Sc., Ph.D
IPB University

Dinamika sistem Perikanan

Dinamika Sumber daya dan Input (Effort)

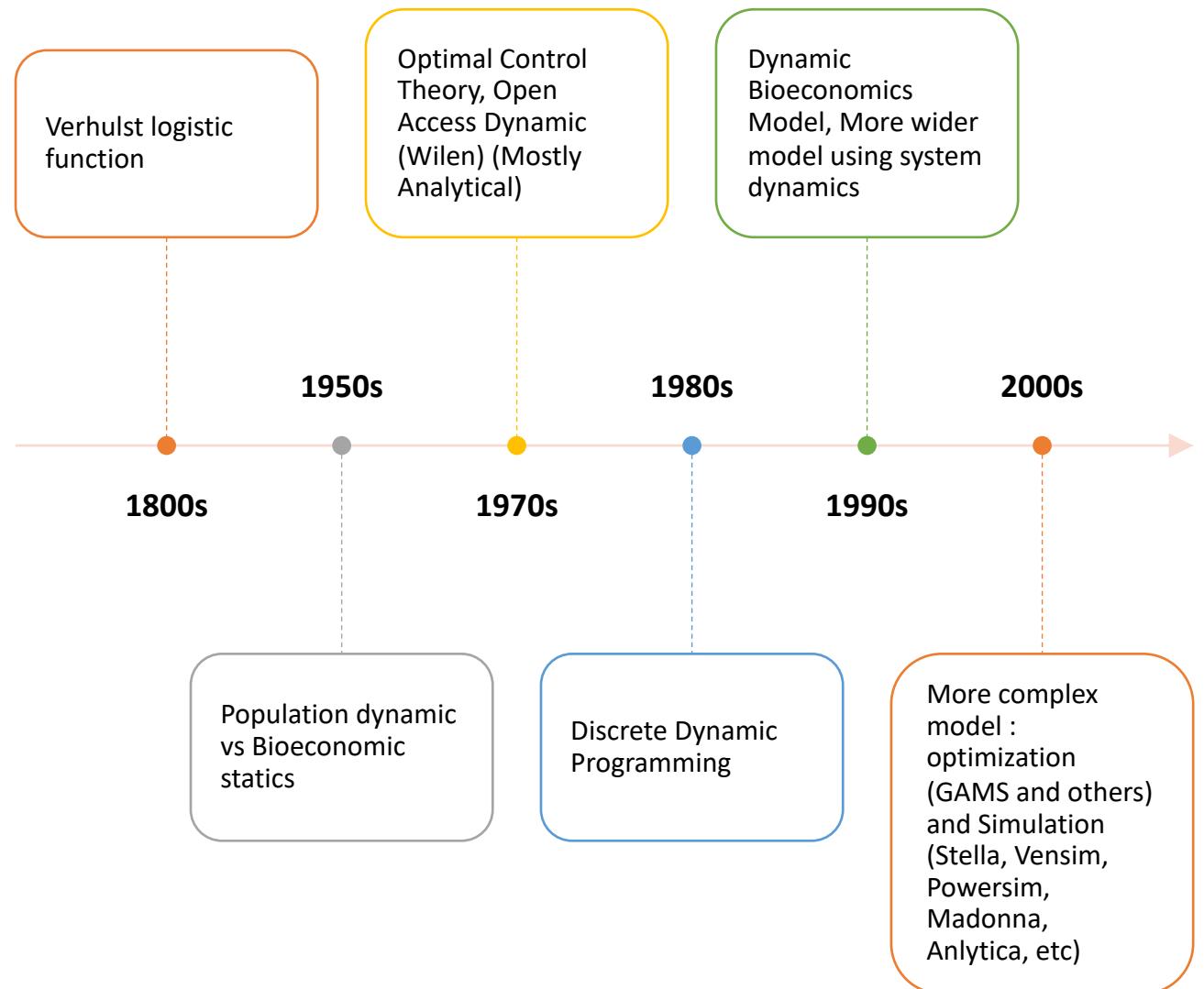
Dinamika Exit dan Entry, dan Aspek sosial ekonomi lainnya

Dinamika pasar/faktor ekonomi produksi





Perkembangan analisis dinamik untuk perikanan



Dynamical System (DS) and System Dynamic (SD)

Dynamical System	System Dynamic
DS gambaran umum dari dinamika suatu system	SD merupakan salah satu cara pendekatan untuk memahami struktur dan perilaku DS
DS adalah nama generik dari system yang bersifat kompleks dan dinamik yang sudah dikenal sejak abad 19	SD nama yang digunakan oleh kelompok ilmuwan abad 20, yang menggunakan DS untuk memahami complex system dengan fokus pemahaman feedback dari DS
Secara matematis DS dan SD sama saja. DS menggunakan prinsip differential	SD menggunakan prinsip Integral
DS fokus pada keseimbangan, stability (Phase Plane)	SD pada output time-based
DS menggunakan model persamaan continues dan diskrit	SD menggunakan persamaan continues approach
Proses solusi : initial condition, parameter, persamaan matematis dan waktu	Proses solusi : causal-loop dan stock flow diagram

A photograph of a fishing vessel, likely a trawler, sailing on the ocean. The boat is dark green with red and yellow markings on its hull. It has a tall superstructure with various equipment and flags. The water is slightly choppy, and the sky is overcast.

Metode “hardcore” dalam pemecahan dinamika perikanan

- Pemecahan melalui:
 - System of differential equation
 - Calculus Variation, Euler dan Runge-Kutta Algorithm
 - Optimal Control Theory (Hamiltonian)
 - Dynamic Programming
 - Agent Based Modeling
 - Discrete Event
 - Game theory
- Pendekatan “hardcore” didasarkan fondasi teori yang kuat dan kaidah-kaidah dinamika yang teruji
- Trade off: kadang menghasilkan solusi “corner” (either or)
- Lebih fokus menjawab “What should happen”



System Dynamic dalam Perikanan

- Mengakomodasai kompleksitas pendekatan DS seperti Dynamic Programming, dan model analytical via MAPLE dan Calculus Variation
- Memberikan ruang kepada “modeler” untuk fokus pada masalah daripada kompleksitas matematika dinamis dalam perikanan
- Memberikan ruang yang lebih flexible pada masalah-masalah di luar “hard core” fisheries dynamic (akomodasi aspek sosial ekonomi yang lebih mudah)
- Sebagai solusi “trade-off” kompleksitas masalah, ketiadaan data dan kebutuhan kebijakan

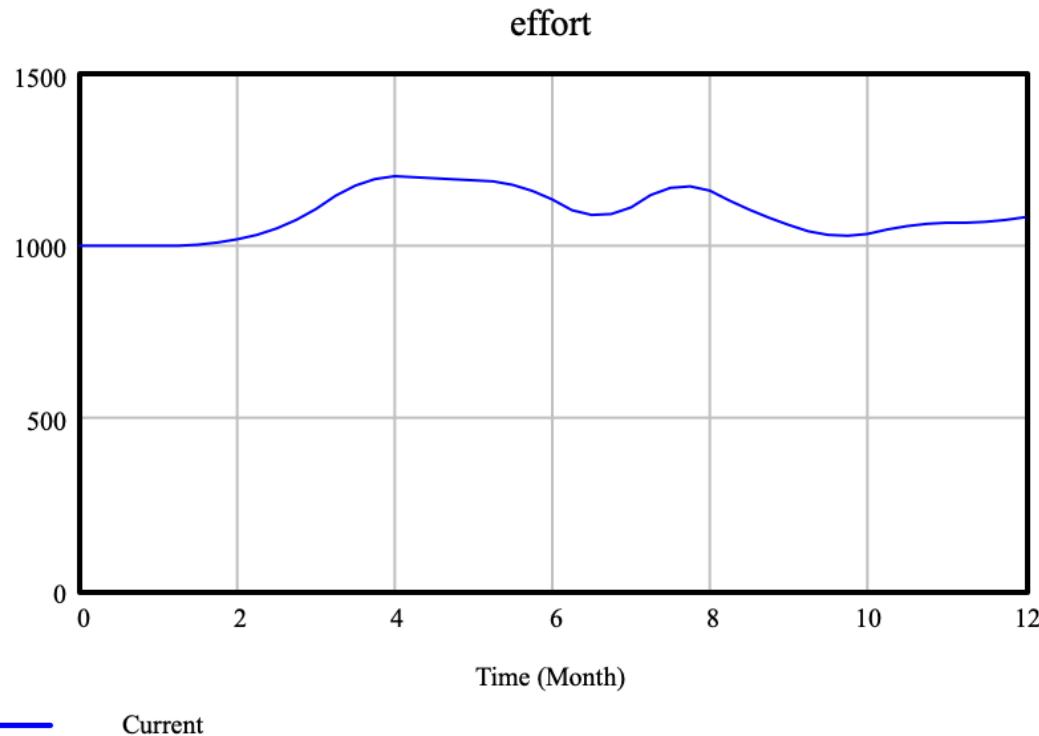


SD sebagai instrument kebijakan pengelolaan perikanan berkelanjutan

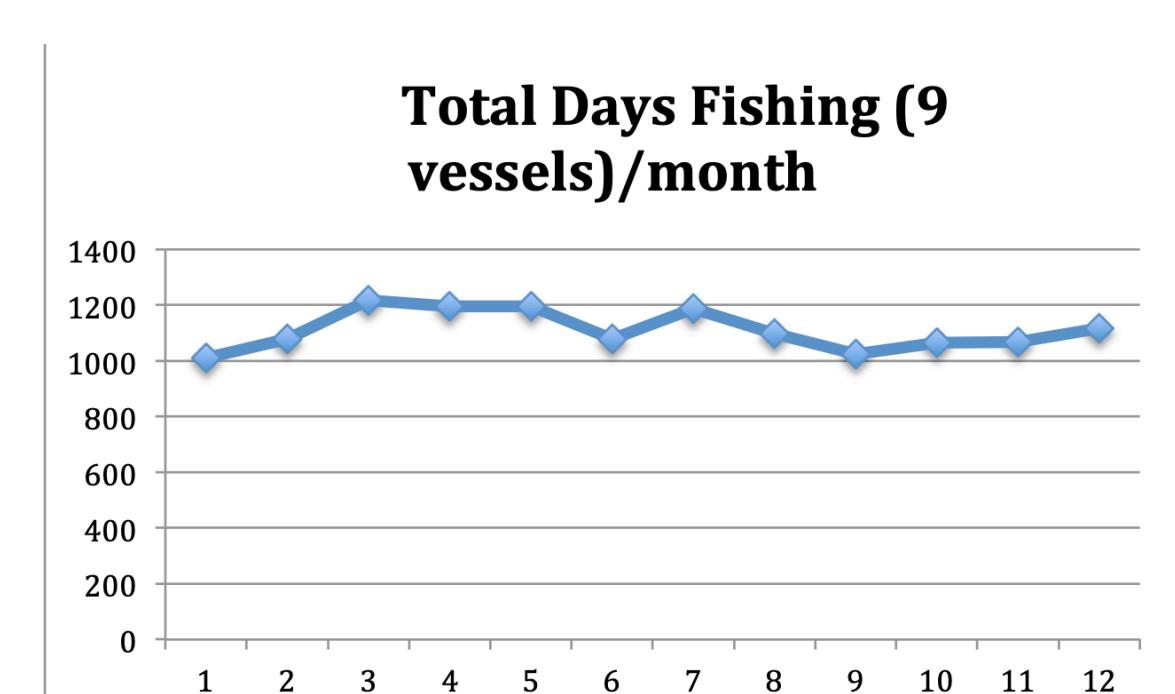


- SD dapat membantu mengembangkan instrument pengelolaan perikanan berkelanjutan dalam hal
 - Time-based input dan output (What would happen)
 - Keseimbangan jangka panjang perikanan dalam konteks input yang digunakan dan output yang dihasilkan (phase plane)
 - Tingkat optimal level input yang bisa dikendalikan (lebih fleksibel karena bisa dilakukan melalui perubahan parameter)
 - Oleh karena SD sudah mengakomodasi dinamikan stok sumber daya dan input yang digunakan Pengambil kebijakan dapat melakukan intervensi “when” dan “how much” pada stok dan input

SD dan “Mimicking the real data”



Vensim Model (System Dynamic)

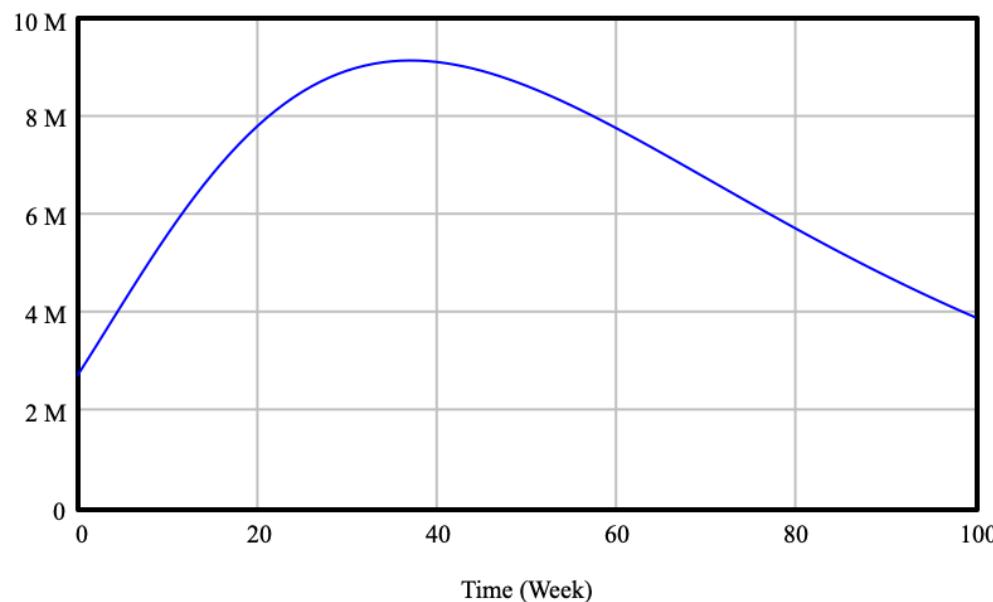
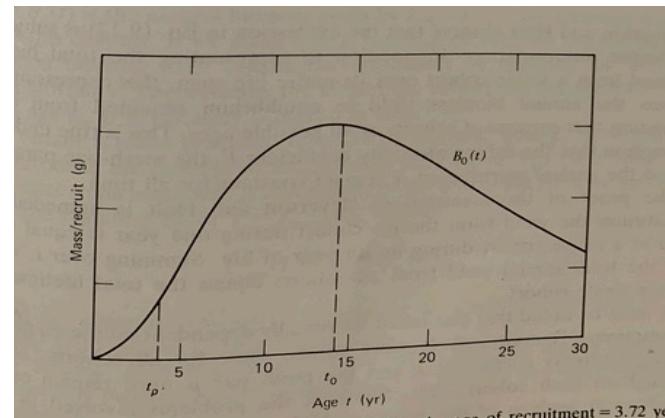


Real Data

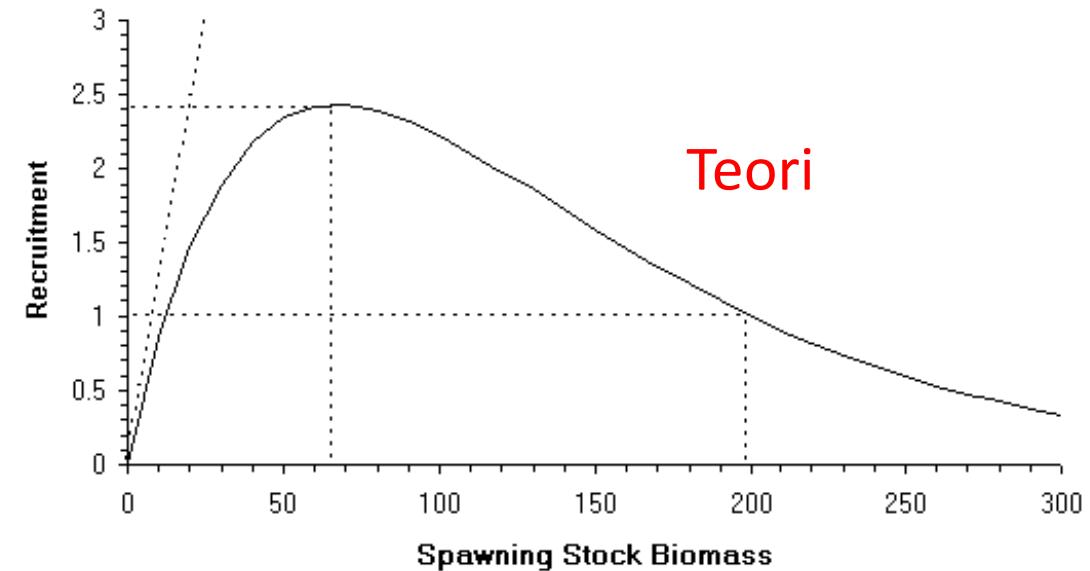
Ilustrasi beberapa model dinamik perikanan melalui SD

- Simple Model Biomass Dynamic (Beverton-Holt)
- Simple Model Wilen Open Access Dynamic (2 variables stock)
- Simple System Dynamic Bioeconomic Model
- Age structure model

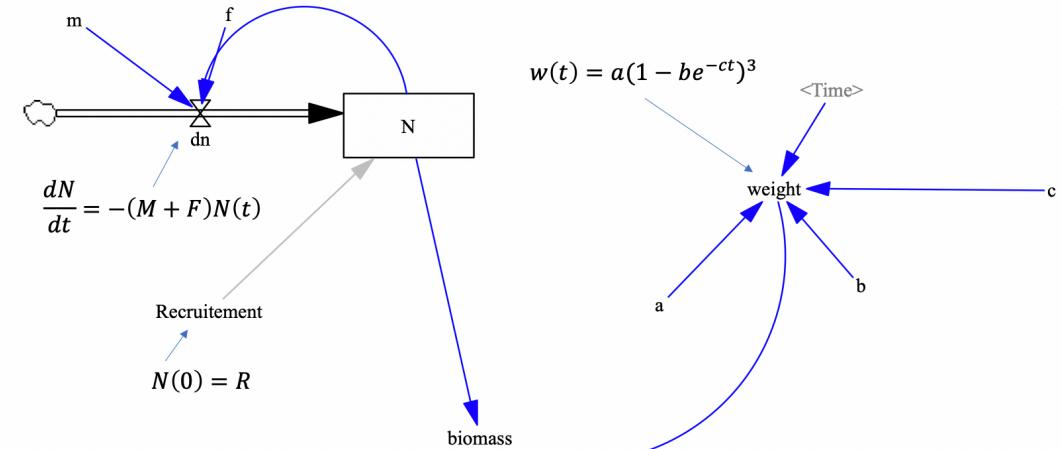
Beverton-Holt Model (Dynamic-biomass)



sensiaraful



System Dynamic (Stock-Flow) & Mathematical Model



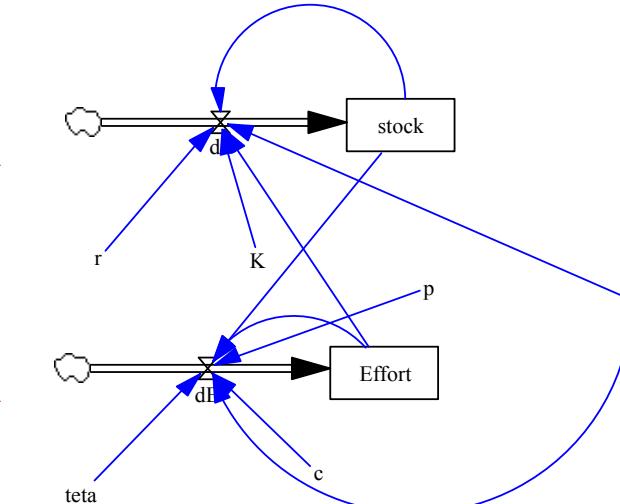
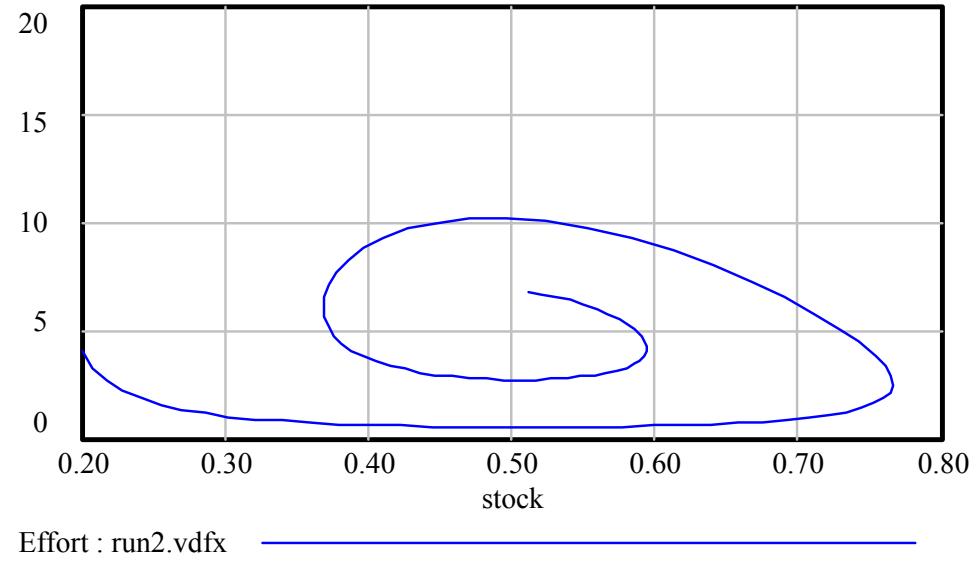


Wilen Open Access Dynamics

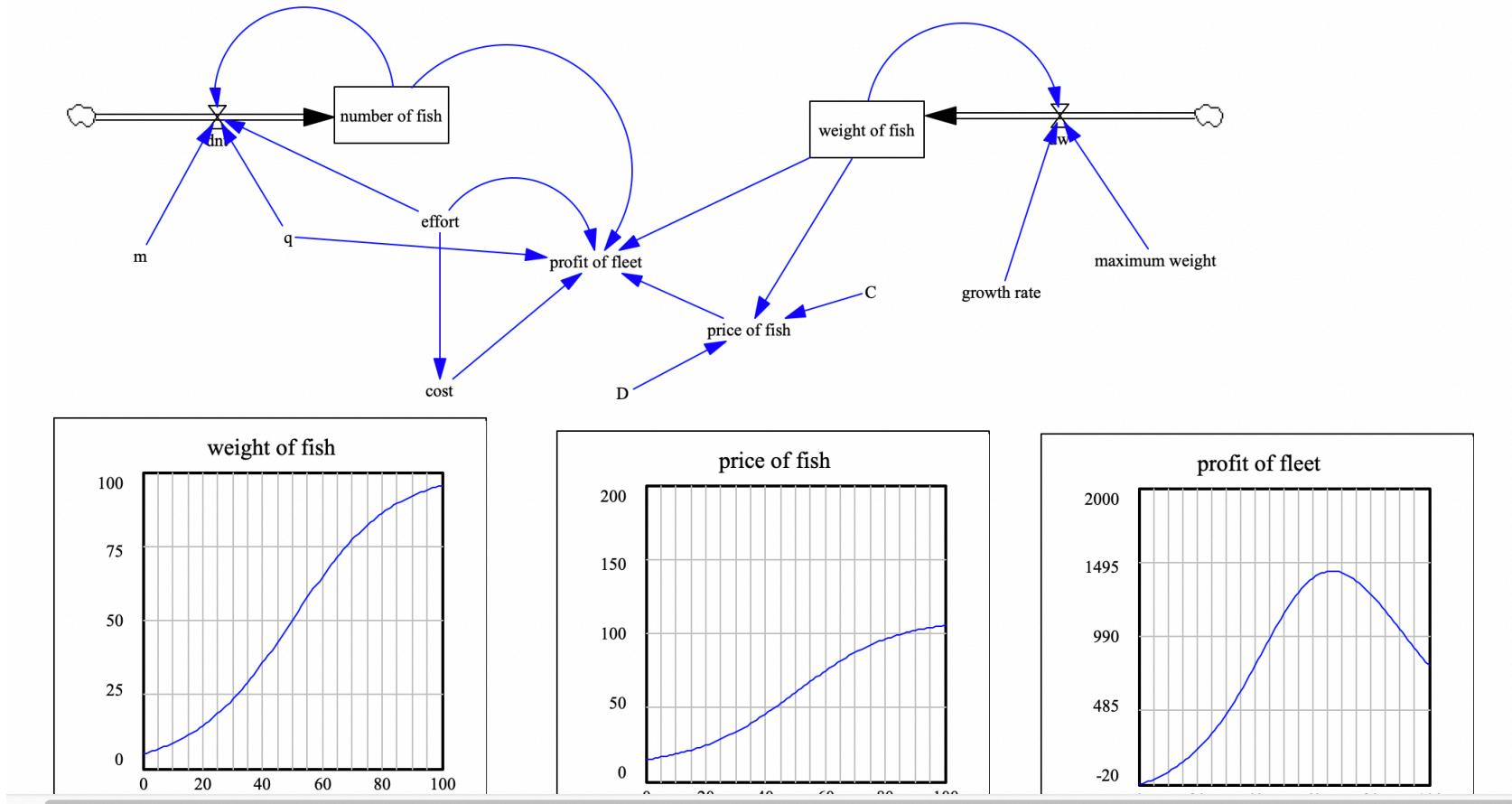
$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right) - qxE$$

$$\frac{dE}{dt} = \tau(pqx - c)E$$

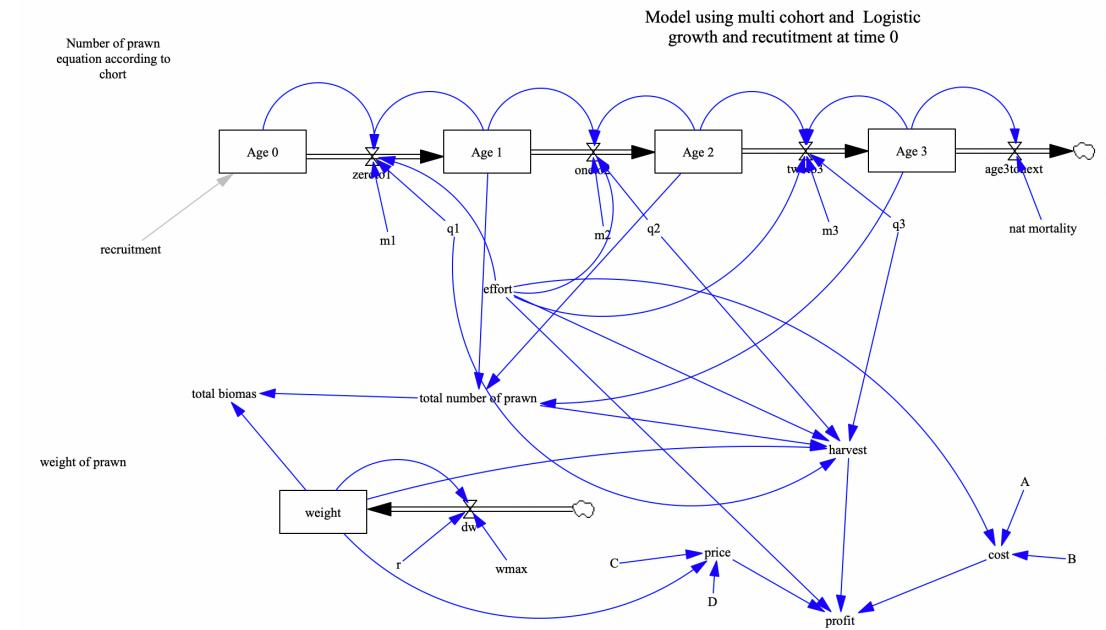
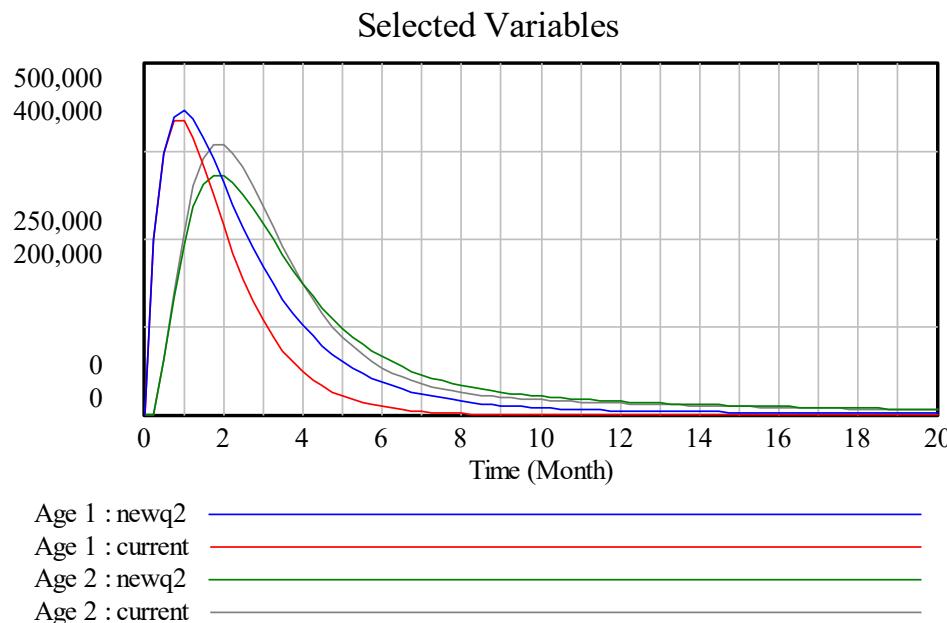
Phase Plane Diagram OPen Access Dynamic



Simple Bioeconomic SD model

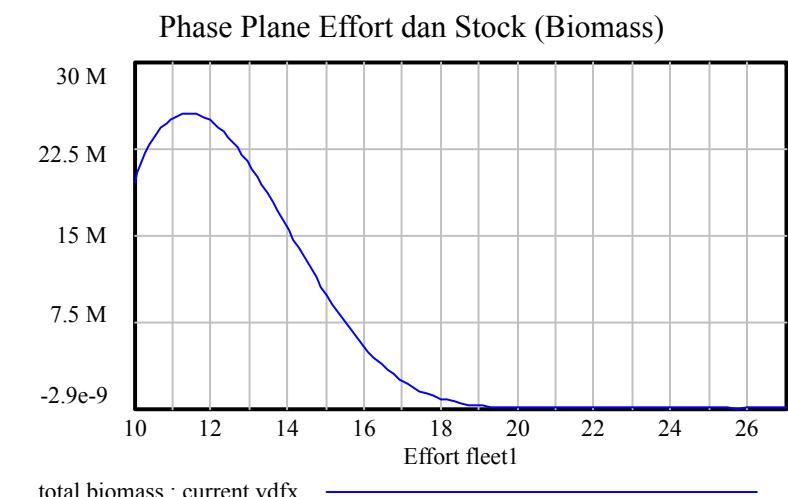
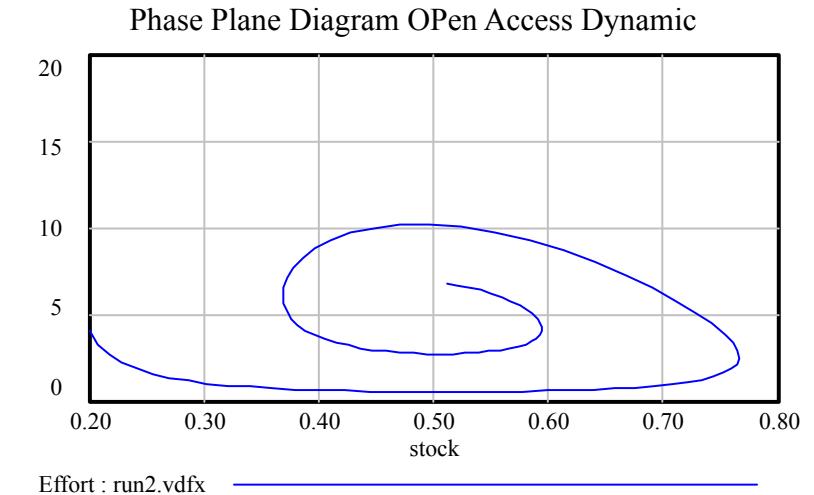


Age Structured Model (Multiple Cohort)



Phase-Plane

- Phase Plane merupakan salah satu output yang dihasilkan dari system dynamic (Model Dynamik)
- Phase plane menyajikan trajektori ke arah keseimbangan yang dihasilkan dari interaksi dinamik dua variabel stok
- Phase plane juga memberikan informasi terkait dengan kestabilan dalam sistem





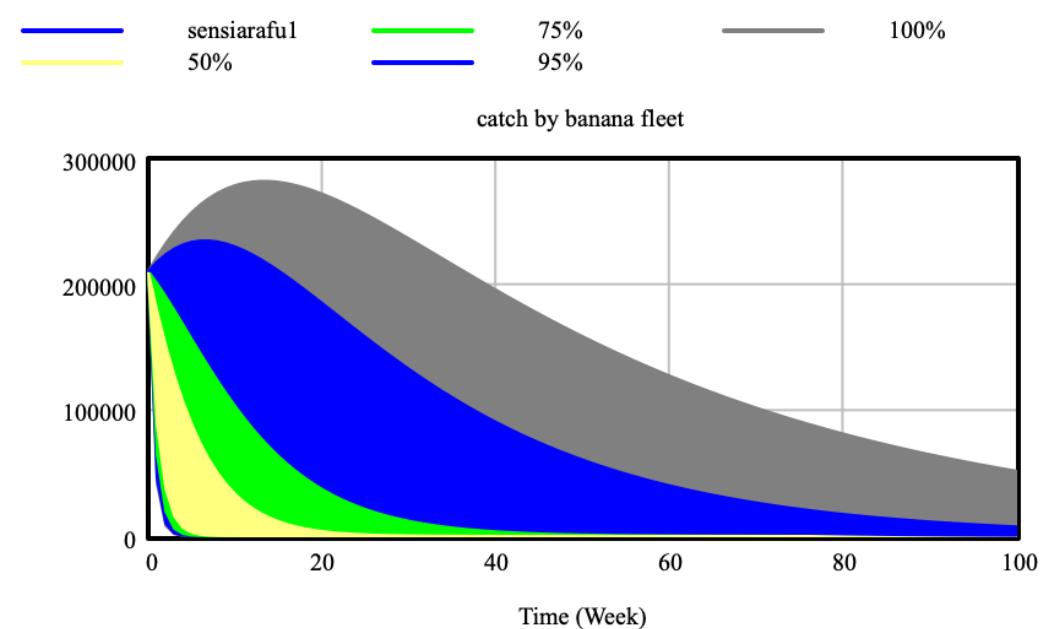
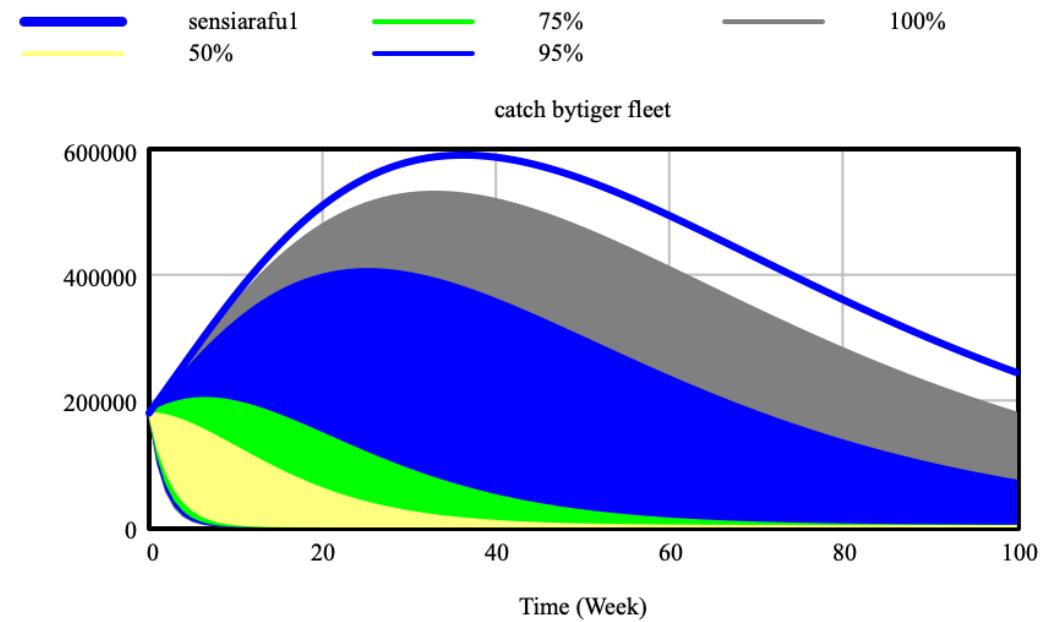
Peran Analisis Monte Carlo



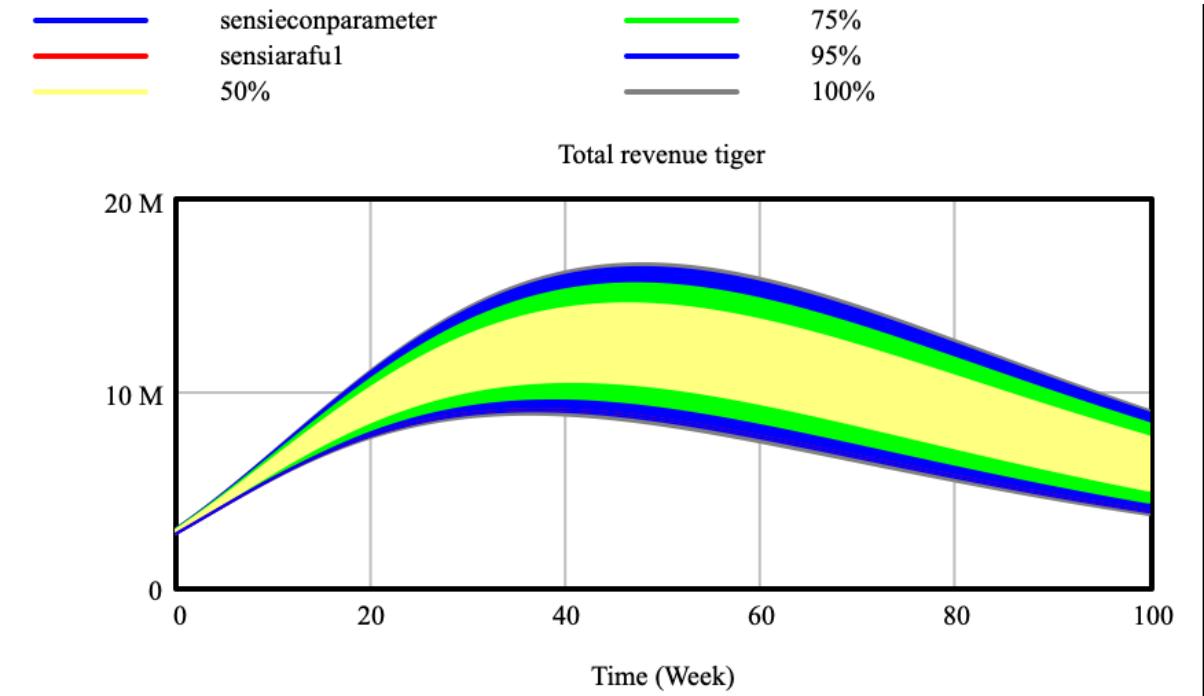
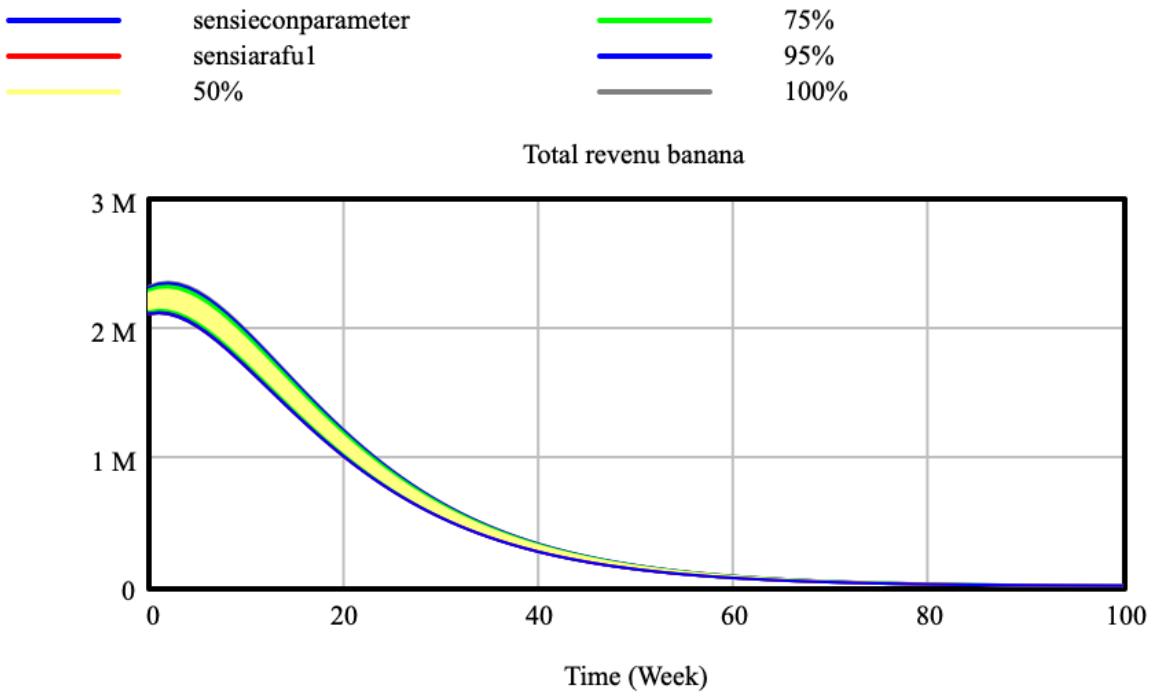
- Analisis Monte Carlo sangat vital dalam menguji robustness hasil analisis pemodelan melalui system dynamic
- Parameter yang digunakan dalam system dynamic sering bersifat “ad-hoc” dan didasarkan pada asumsi atau existing condition
- System Dynamic menganalisis perikanan dalam beberapa waktu ke depan dimana parameter biologi maupun ekonomi sangat memungkinkan berubah
- Monte Carlo dapat digunakan untuk menguji seberapa besar perubahan tersebut berpengaruh terhadap hasil simulasi

Monte Carlo simulation on biological parameters

Sumber : Fauzi (2020)

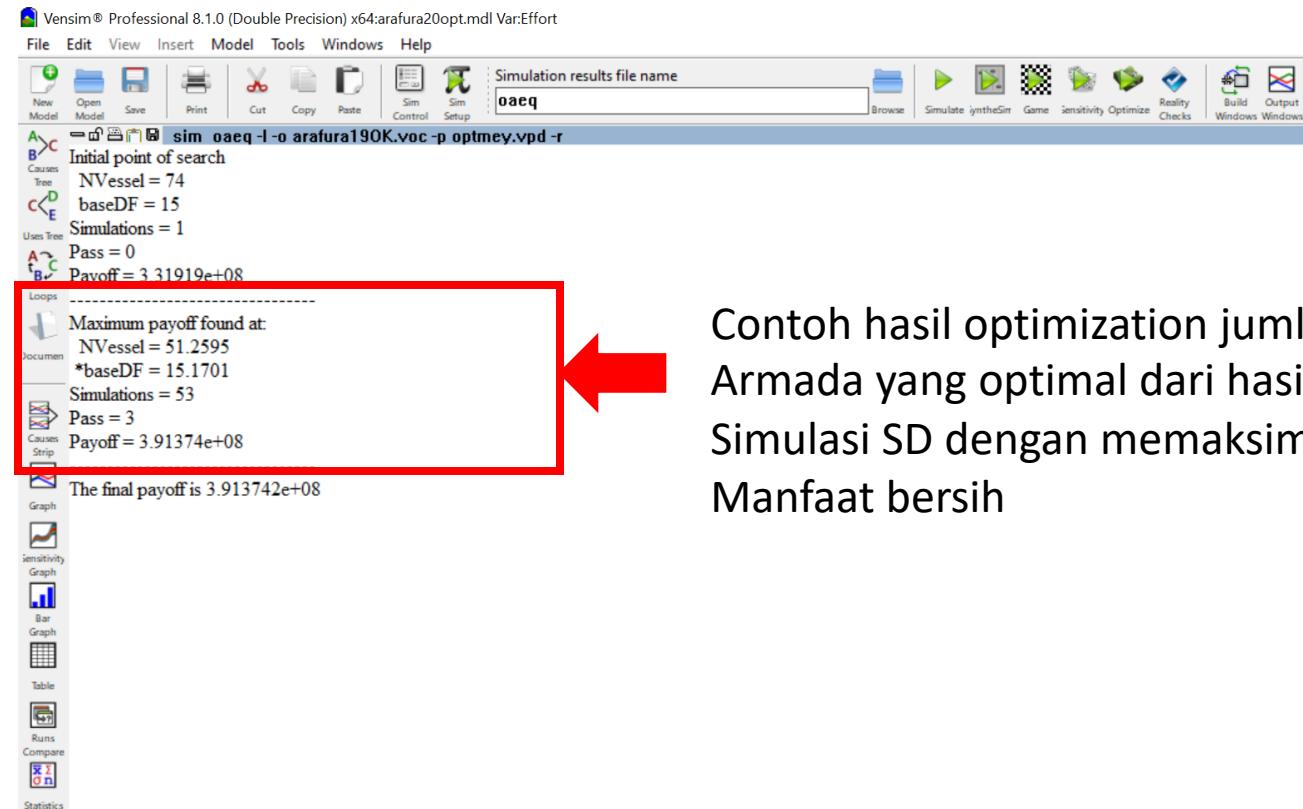


Monte Carlo simulation on economic parameters



Optimization

- Meski SD dirancang sebagai time-based simulation, Pengambil kebijakan sering ingin memperoleh tingkat optimal input atau output dari perikanan sebagai instrument untuk kebijakan perikanan
- Analisis dinamika perikanan dengan system dynamic memungkinkan penentuan tingkat optimal input atau output



Contoh hasil optimization jumlah Armada yang optimal dari hasil Simulasi SD dengan memaksimumkan Manfaat bersih



Notes untuk penggunaan SD dalam perikanan



- Memahami tujuan pengembangan model (alokasi input/effort?, optimisasi produksi, projection?, etc)
- Trade off :Projection vs Optimization vs Simulation
- Memahami komponen dinamik dari sistem perikanan (effort dynamic, resource dynamic, social dynamic, economic dynamic)
- Meyakinkan bahwa masalah diskrit (difference equation) bisa dianalisis atau ditrasnformasi via model continue (differential equation)
- Melakukan kalibrasi dengan past data untuk menghasilkan model yang lebih realistic dan non-linier
- Meski SD fokus pada time-based output, tampilkan analisis *Phase Plane Dynamic* untuk melihat trajektori ke arah keseimbangan
- Lakukan sensitivity analysis (Policy analysis) baik melalui perubahan parameter atau Monte Carlo Simulation