IPB University
Bogor Indonesia

Departemen Teknologi Industr Pertanian,
Fakultas Teknologi Pertanian
IPB University

SISTEM DINAMIK : Filosofi dan Implementasi Sistem Dinamik

Webinar Series XII ASDI 17 Mei 2024

Hartrisari.H.

Hartrisari . H.

IPB University
Bogor Indonesia

Guru Besar Teknologi Industri Pertanian, IPB University
Staf Pengajar Departemen Teknologi Industri Pertanian, FATETA IPB
Staf Pengajar PS IKM IPB, PS PSL IPB, PS Profesi Insinyur IPB

Pendidikan :
Sarjana (S-1) Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Magister (S-2) Genie des procedes Agroindutriel, ENGREF Paris, Perancis
Doktor (S-3) Genie System Agroindustriel, ENGREF Paris, Perancis

Pengalaman (sampai sekarang) :

- Dosen Departemen Teknologi Industri Pertanian (TIN dan TIP), Fakultas Teknologi Pertanian
- Peneliti di SEAMEO BIOTROP (sampai tahun 2018)
- Ketua Program Studi Master of Science in Information Technology for Natural Resource Management (IT for NRM) (sampai tahun 2014)
- Sekretaris program Studi MPI – IPB (sampai tahun 2011)
- SekJen AGRIN dan Pembina ASDI
- Narasumber pada kegiatan profesional, pelatihan dan pengabdian pada masyarakat
- Tenaga Ahli “pemodelan Sistem” dengan mitra pemerintah dan agroindustri

Outline

- Definisi Sistem dan Berpikir sistem
- Sejarah Sistem Dinamik
- Pemodelan dan Kompleksitas Sistem
- Tahapan pemodelan sistem dinamik
- Implementasi Sistem dinamik
- Penutup

❖ DEFINISI SISTEM …

IPB University
Bogor Indonesia

tahun 80 an

*A system is a collection of parts that interact with one another as a **whole**. However, a system is more than the sum of it's parts – it is the product of their **interactions***

awal tahun 2000 an

Sistem adalah gugus dari sesuatu – manusia, faktor, alat dan sebagainya, yang berhubungan satu sama lain dalam satu cara sehingga mampu menghasilkan sebuah **pola perilakunya dalam fungsi** waktu

Sistem adalah kumpulan elemen yang saling terkait dan **terorganisir** untuk mencapai tujuan

❖ BERPIKIR SISTEM….

- mempelajari **kompleksitas** dan **perubahan**, yang meliputi sistem bisnis, ekonomi, ilmiah, dan sosial.
- pola berpikir melalui pencarian jawaban dari serangkaian pertanyaan untuk mendapatkan **gambaran yang menyeluruh** terhadap ciri-ciri sistem dari permasalahan yang dihadapi.
- the ability to see the "**world**" as a complex system, to understand how everything is connected to everything else (Sterman, John D,2002)

> is a unique perspective on reality—a perspective that sharpens our **awareness of wholes and how the parts within those wholes interrelate**. (INCOSE- - International Council on Systems Engineering).

❖ *SEJARAH SISTEM DINAMIK…..*

- **Model sistem dinamis dikembangkan oleh Jay Forrester tahun 1958 .**
- **muncul sewaktu kelompok Jay Forrester melakukan riset di MIT dengan mencoba mengembangkan manajemen industri guna mendesain dan mengendalikan sistem industri (yang merupakan sebuah sistem sosial yang kompleks).**
- mencoba mengembangkan metode manajemen untuk perencanaan industri jangka panjang.
- mengembangkan suatu sistem yang terdiri atas enam jaringan *"flow"* yang saling berinteraksi, yaitu: material, order, uang, personil, kapital dan informasi.
- Sistem ini kemudian diterbitkan dalam bentuk buku pada tahun 1961 dengan judul ***"Industrial Dynamics"*.**

❖ *SEJARAH SISTEM DINAMIK…..*

IPB University
Bogor Indonesia

- Cybernetics (Wiener, 1948): studi yang mempelajari bagaimana sistem biologi, rekayasa, sosial, dan ekonomi dikendalikan dan diatur

- **Industrial Dynamics** (Forrester, 1961): mengaplikasikan prinsip "cybernetics" ke dalam sistem industri

- **System Dynamics**: karya Forrester semakin meluas meliputi sistem sosial dan ekonomi

……. dengan perkembangan teknologi informasi maka

Sistem Dinamik menyediakan kerangka kerja dalam menyelesaikan permasalahan sistem **termasuk sistem sosial dan ekonomi**

❖ PEMODELAN DAN KOMPLEKSITAS SISTEM…..

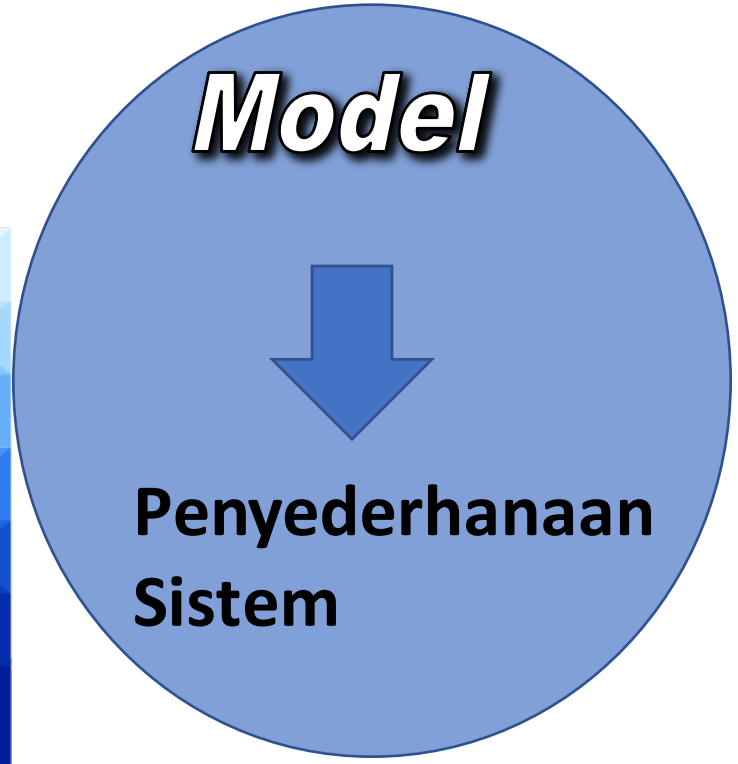
IPB University
Bogor Indonesia

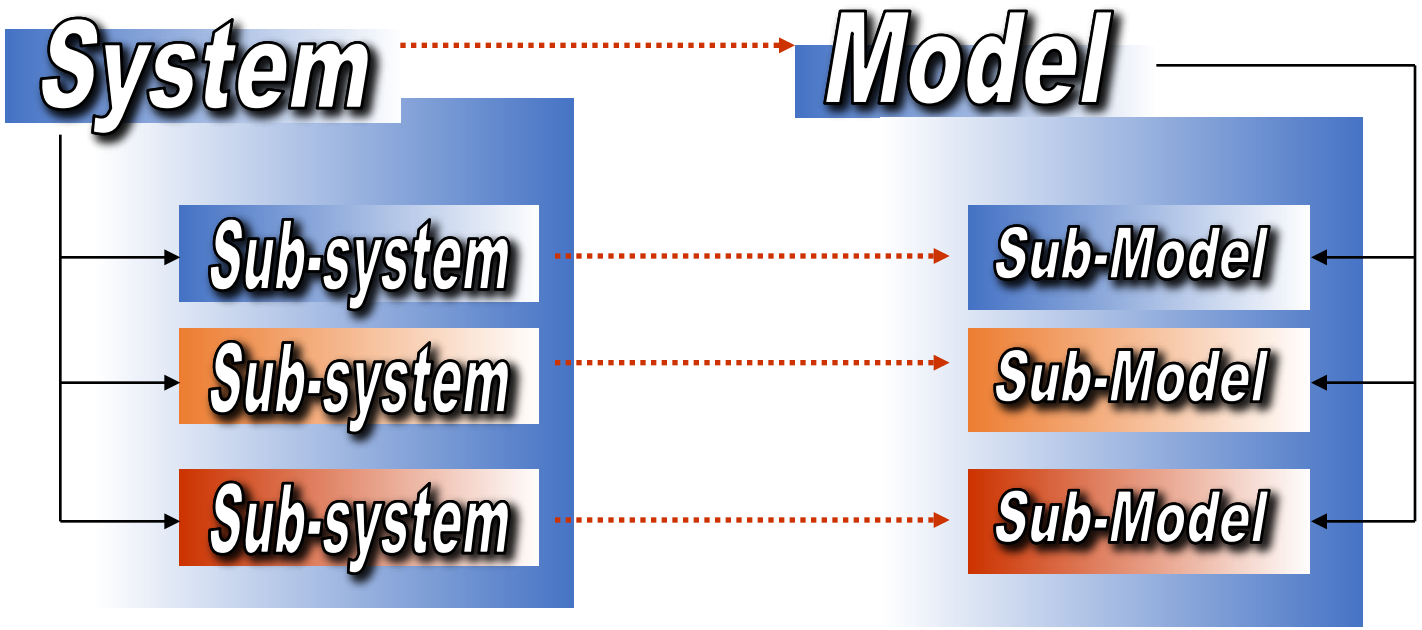
- Pe**MODEL**an ditujukan untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik yang rumit (***complex feedback systems***), seperti bisnis, sistem lingkungan, sistem sosial, dsb.

- ***Dynamics and COMPLEX*** :
  - Mengandung jumlah (kuantitas) yang selalu bervariasi
  - Variasi dapat dijelaskan dalam hubungan sebab akibat
  - Hubungan sebab akibat dapat terjadi dalam sistem tertutup yang mengandung lingkaran umpan balik (feedback loops)

….. MODEL SISTEM DINAMIK ....?????

Definisi Model…





Mekanisme yang teratur dari dunia nyata → Penyederhanaan Sistem

kompleks *(seluruh proses)*

sederhana *(sebagian proses)*

Contoh beberapa subsistem/submodel dalam suatu rumah

Kondisi fisik jaringan → kabel, pipa, lampu, kran, pesawat tilpun

Berupa Gambar / Denah

sistem	model
Subsistem Jaringan Listrik	Submodel Jaringan Listrik
Subsistem Jaringan Air	Submodel Jaringan Air
Subsistem Jaringan Tilpun	Submodel Jaringan Tilpun

Catatan !

Aliran massa atau energi dalam suatu submodel <u>tidak boleh mengalir dalam submodel lainnya</u>

Tujuan Model

- Pemahaman Proses
- Prediksi
- Manajemen

IPB University
Bogor Indonesia

1. Pemahaman Proses

a. **Tergantung level *audience* yang akan dijelaskan** (SD, SLTP, SLTA, Universitas ?)

contoh Model Fotosintesis :

$$CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O_2$$

Apakah perlu dijelaskan lebih jauh bagaimana CO_2 masuk ke dalam daun, berapa jumlahnya jika kelembaban tanah berkurang (kuantitatif) dsb. tergantung *audience*-nya.

Catatan !

Setiap persamaan selalu mengandung variabel dan parameter.

Contoh : Z = 3 X + Y

Variabel : Z, X dan Y

Parameter : 3 dan 1

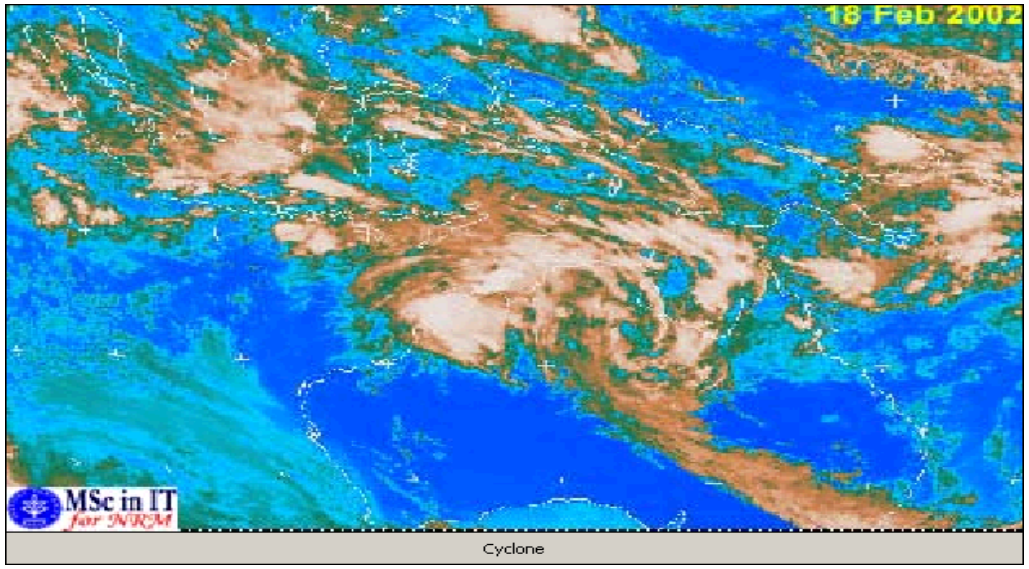
b. **Semakin banyak proses yang dijelaskan, makin kompleks dan makin banyak input (parameter dan variabel) yang diperlukan → semakin banyak yang tidak kita ketahui juga.**

2. Prediksi

a. Hanya model numerik (kuantitatif) yang mempunyai kemampuan prediksi, lainnya hanya berdasarkan intuisi (banyak *expert system* berbasiskan pengalaman serta intuisi).

b. Yang dipentingkan adalah KETEPATAN prediksi, sehingga dapat saja model sederhana & empirik mempunyai ketepatan tinggi untuk kasus-kasus tertentu dibandingkan model mekanistik yang kompleks.

<u>Contoh</u> :
Ramalan cuaca, yang dipentingkan pengguna adalah <u>ketepatan ramalan</u> walaupun banyak yang tidak mengetahui <u>bagaimana ramalan tersebut dihasilkan</u>.



3. Manajemen

a. **Model dapat digunakan sebagai alat bantu manajemen (*Decision Support Tool*)**
   1. **Model mampu menjelaskan proses (informasi untuk pengambil keputusan)**
   2. **Model mempunyai kemampuan prediksi (bahan untuk pengambilan keputusan)**

b. **Model yang mempunyai kemampuan prediksi dengan ketepatan cukup tinggi, serta didasari penjelasan mekanisme proses, yang bermanfaat untuk menunjang manajemen.**

Kompleksitas sistem .....(complex and dynamics)

terjadi karena sistem riil :

- Berubah terus menerus
- *Tightly coupled*
- diatur oleh feedbacks
- Tidak linier
- *History dependent*
- Self-organizing
- Adaptif
- Dicirikan dengan Trade-offs
- *Policy resistant*

… harus dibuat BOUNDARY SYSTEMnya …..

- membatasi perilaku sistem yang dikaji
- harus didefinisikan dengan jelas.
- seluruh komponen sistem yang terkandung (terdapat) pada model:
  - *Must be necessary*
  - *Should be aggregated*.
    - Konsep komponen yang serupa harus diagregasi (di"satu"kan / digabungkan), tanpa tidak mengubah maksud tujuan pemodelan atau "nature" dari problema yang dimodelkan.
    - Mencegah komplikasi yang tidak perlu, tetapi tetap merefleksikan realitas.
  - *Must be directional,* semua komponen penting harus mempunyai "arah" (seperti dapat menjadi "lebih besar" atau "lebih kecil"; "meningkat" atau "menurun")

Model Sistem Dinamik :

- memahami proses sehingga model menyajikan perilaku sistem yang relatif kompleks sesuai dengan tujuan yang ditetapkan (penetapan batasan dan variabel yang diukur)
- dapat memberikan jawaban pertanyaan “What – If” dengan memberikan hasil prediksi
- memberikan rekomendasi berdasarkan analisis hasil simulasi

memenuhi unsur ke 3 sebagai alat bantu pengambilan keputusan

MODEL SISTEM DINAMIK …..

- ***Problems oriented modeling*** yang dapat membantu pengambil keputusan lebih mengerti tentang masalah yang dihadapinya dan sebagai basis pengambilan keputusan

- UNIK karena dapat:
  * memetakan hubungan sebab akibat antar faktor
  * menyajikan perilaku sistem (program komputer terintegrasi)
  * memberikan hasil dari pertanyaan “what –if”/ skenario (memberikan jawaban dari hasil run skenario)
  * menguji kebijakan dan skenario sebelum diimplementasikan

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi sistem
3. Formulasi model
4. Simulasi dan validasi model
5. Analisis Hasil
6. Rekomendasi/Implementasi Hasil

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

1. Identifikasi dan Definisi Masalah

- mendefinisikan permasalahan yang akan dikaji sehingga diperoleh inti masalah yang akan menjadi rujukan ketika menguji kebijakan dalam menyelesaikan masalah.
- Beberapa hal penting, yaitu: Hipotesis Dinamik, Batas Model dan Jangkauan Waktu
- Setelah permasalahan diidentifikasi, variabel-variabel yang signifikan dalam model telah ditentukan, dan pola referensi telah didefinisikan, selanjutnya adalah mengembangkan hubungan-hubungan diantara variabel-variabel model yang saling berhubungan.

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

2. Konseptualisasi Sistem

- Penentuan batas sistem (*system boundary*)
- Struktur umpan-balik (*feedback structure*)
- Struktur informasi (*information structure*)
- Rancangan untuk menguji validitas model (*experiment design for validity*)
- Rancangan untuk melakukan eksplorasi skenario/kebijakan (*experiment design for scenario/policy exploration*).

biasanya menggunakan Causal Loop Diagram
(Forrester diagram atau IO Diagram juga boleh digunakan)

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

3. Formulasi Model/Perumusan Model

- proses untuk mengubah konsep sistem atau struktur model yang telah disusun ke dalam bentuk persamaan-persamaan atau bahasan komputer.
- transformasi dari suatu pandangan konseptual informal ke pandangan konseptual formal, atau representasi model secara kuantitatif.

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

4. Simulasi dan Validasi Model

- Simulasi juga dilakukan dengan menggunakan bahasa program dalam beberapa *software* program komputer yang dirancang untuk kebutuhan simulasi seperti *Powersim*, *Stella* dan lain-lain.
- Model secara struktur dikatakan valid jika :
  - Model dapat membuat reproduksi perilaku system
  - Dapat mengungkapkan bagaimana sistem bekerja menghasilkan perilaku tersebut.
- Model dikatakan baik jika
  - Model dapat menambah pemahaman terhadap perilaku sistem yang dimaksud
  - Mudah dikomunikasikan dan menunjukkan perbaikan kinerja pada sistem tersebut dan terbuka untuk perbaikan-perbaikan

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

5. Analisis Hasil

- Model dapat digunakan untuk menguji berbagai alternatif skenario/kebijakan yang dapat diterapkan dalam sistem riil yang tengah dikaji.
- dapat menunjukkan kemungkinan dampak dari berbagai skenario/kebijakan yang dipilih.
- Analisis hasil dalam sistem riil selalu berkaitan dengan salah satu atau kombinasi dari dua jenis manipulasi model, yaitu: perubahan terhadap nilai parameter dan terhadap struktur

❖ TAHAPAN PEMODELAN SISTEM DINAMIK

IPB University
Bogor Indonesia

6. Rekomendasi Hasil

- Tujuan akhir dari proses pemodelan adalah menerapkan rancangan model pada problem di dunia nyata. .
- Dalam memberikan rekomendasi ada dua faktor yang perlu dipertimbangkan, yaitu *validitas rekomendasi* yang diberikan dan seberapa jauh *rekomendasi kebijakan tersebut dapat diterapkan/ diimplementasikan.*

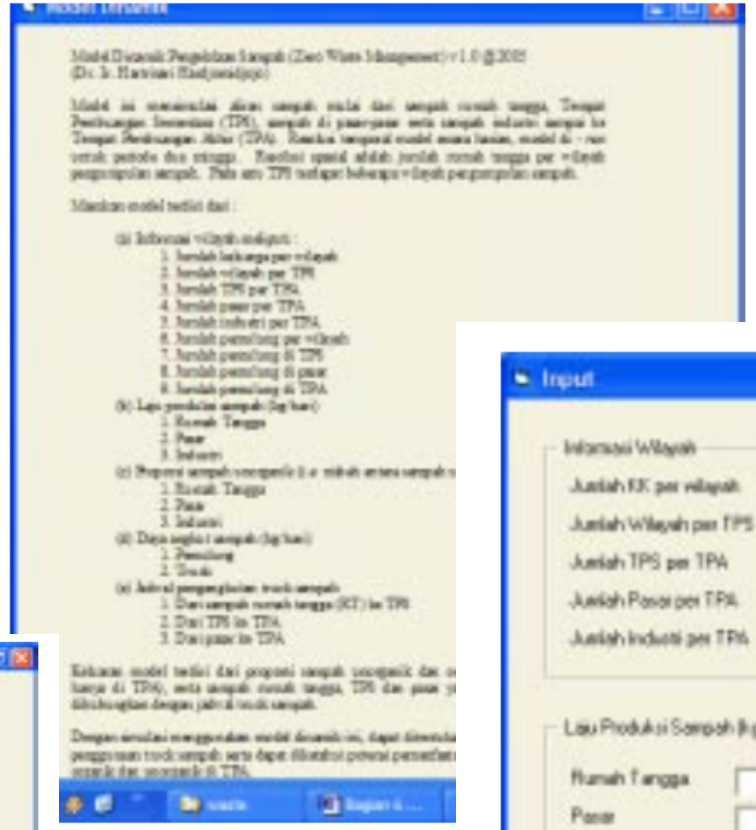
Berdasarkan fakta ditentukan permasalahan termasuk variabel yang ingin diukur; hubungan antar variabel dinyatakan dalam CLD/FD/I-O D ; dibuat persamaan matematik; diverifikasi dan divalidasi; dilakukan simulasi dengan berbagai skenario; hasil dianalisis dan diberikan rekomendasinya

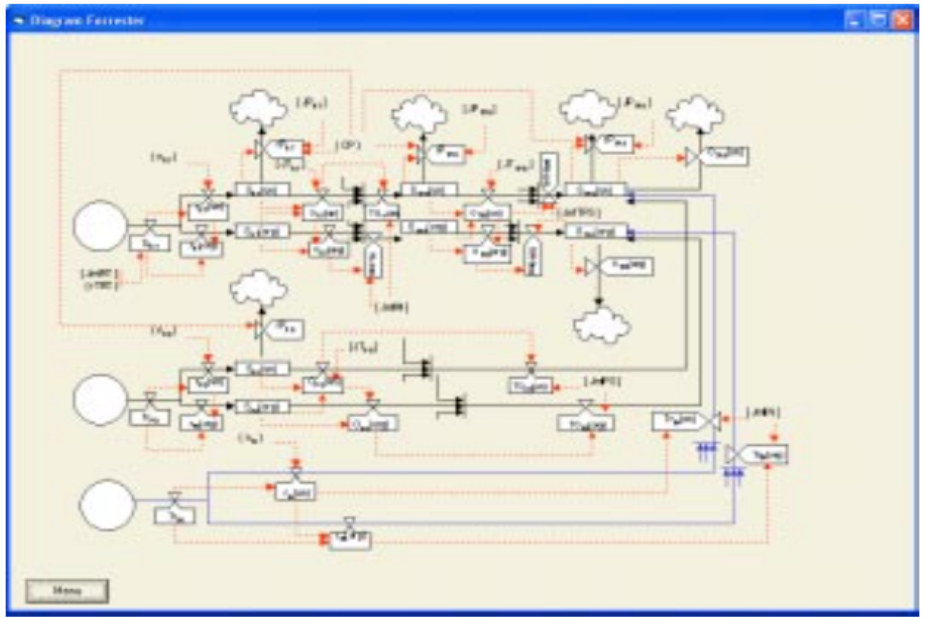
❖ IMPLEMENTASI SISTEM DINAMIK

dapat diterapkan pada hampir semua sistem riil dengan catatan masalah yang dihadapi kompleks dan faktor-faktornya saling terkait !!!

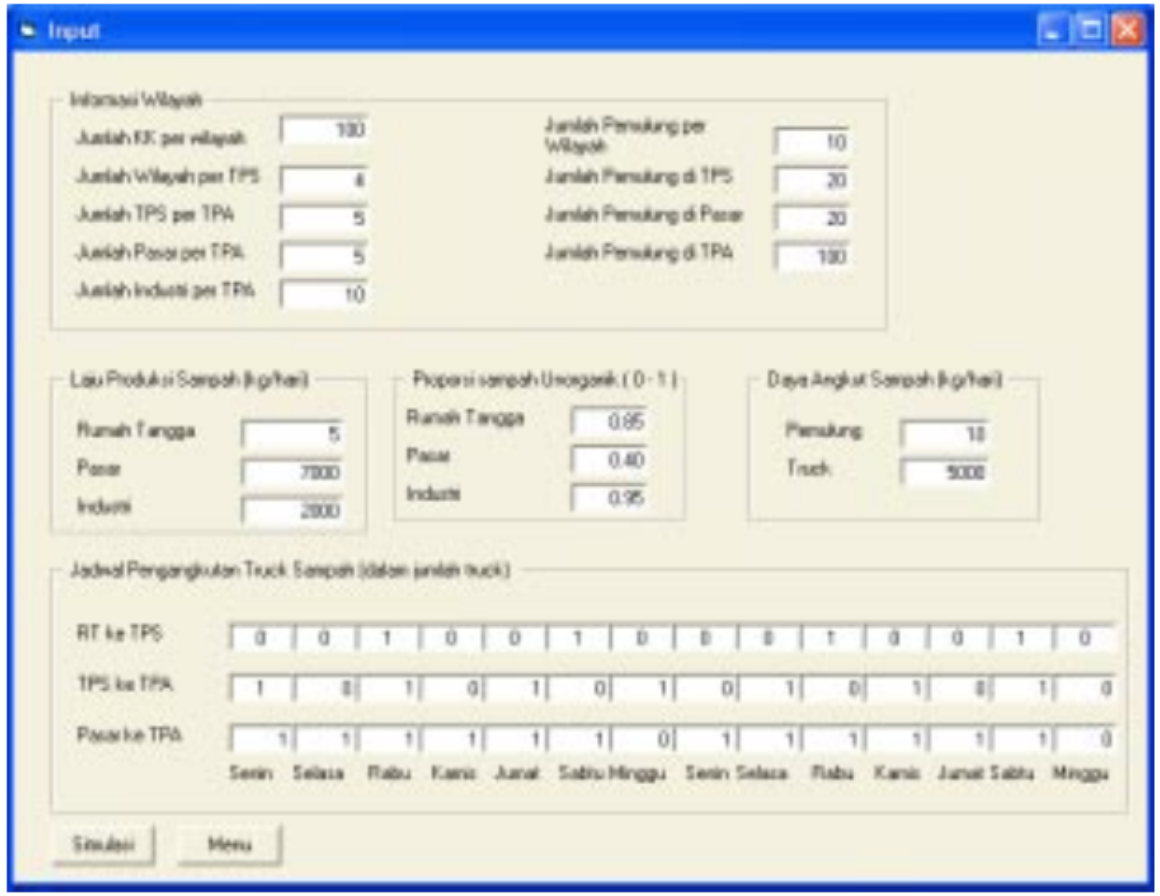
1. Manajemen transportasi sampah perkotaan
2. Flood Management dan Plant growth
3. Index pembangunan desa
4. Education game
5. IPB Green Transportation
6. Food Security
7. Agroindustrial performance index mapping

1. Manajemen Transportasi sampah perkotaan

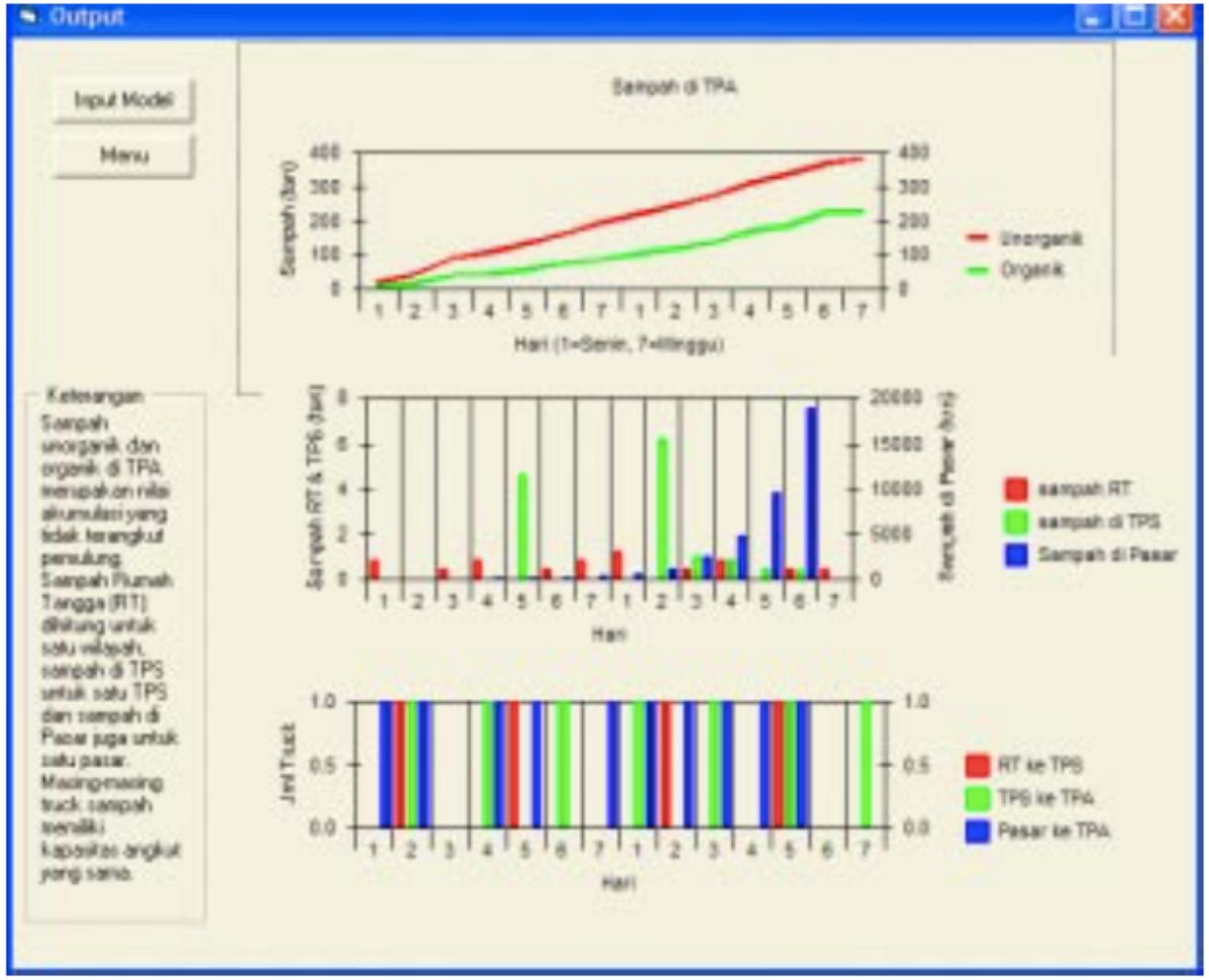


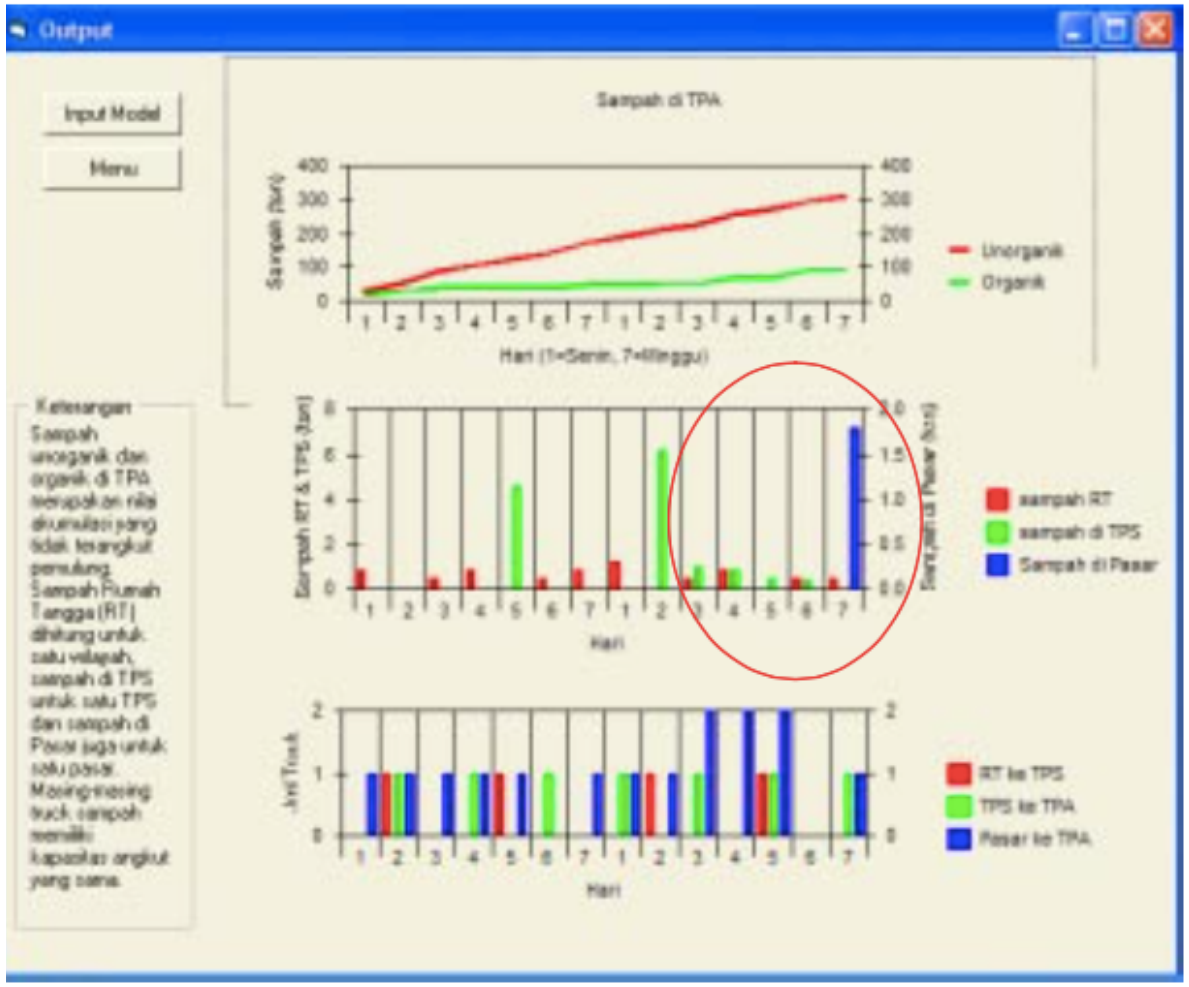


Tampilan program
(software yang digunakan adalah
Microsoft Visual Basic)
Program lain bisa digunakan !!!!



1. Manajemen Transportasi sampah perkotaan

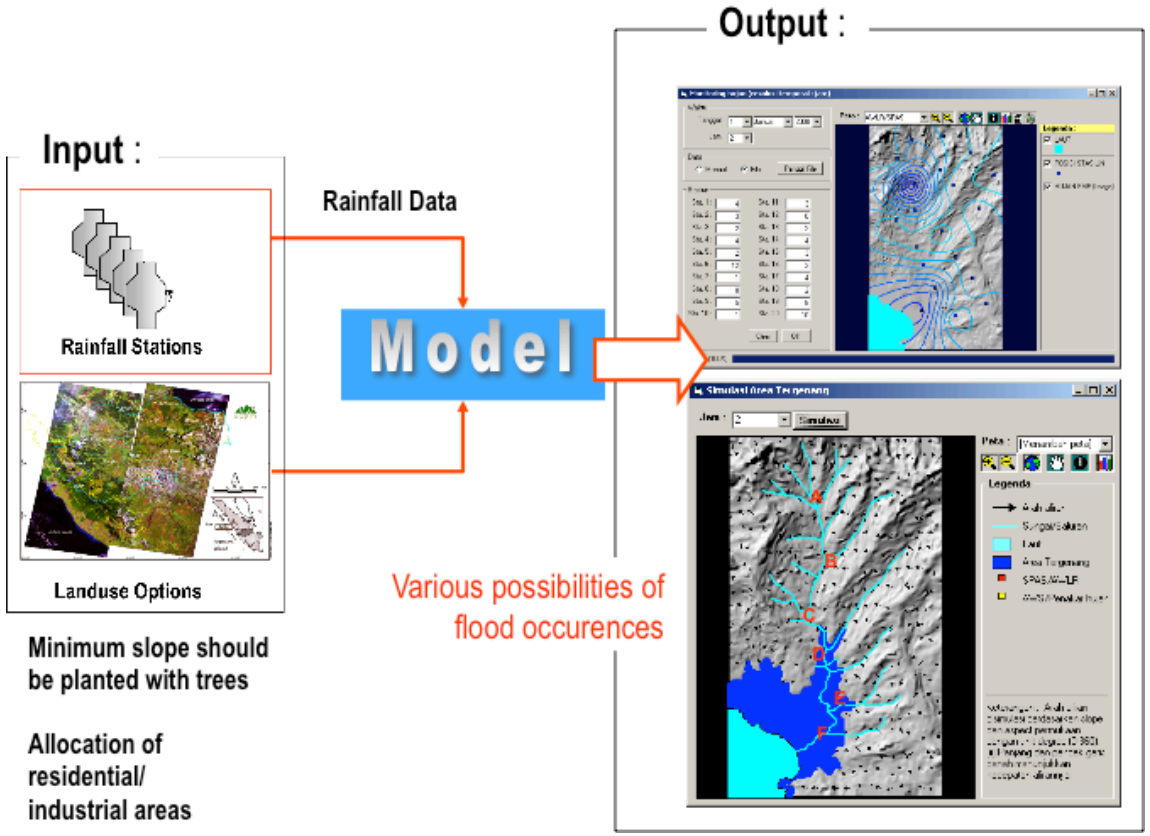




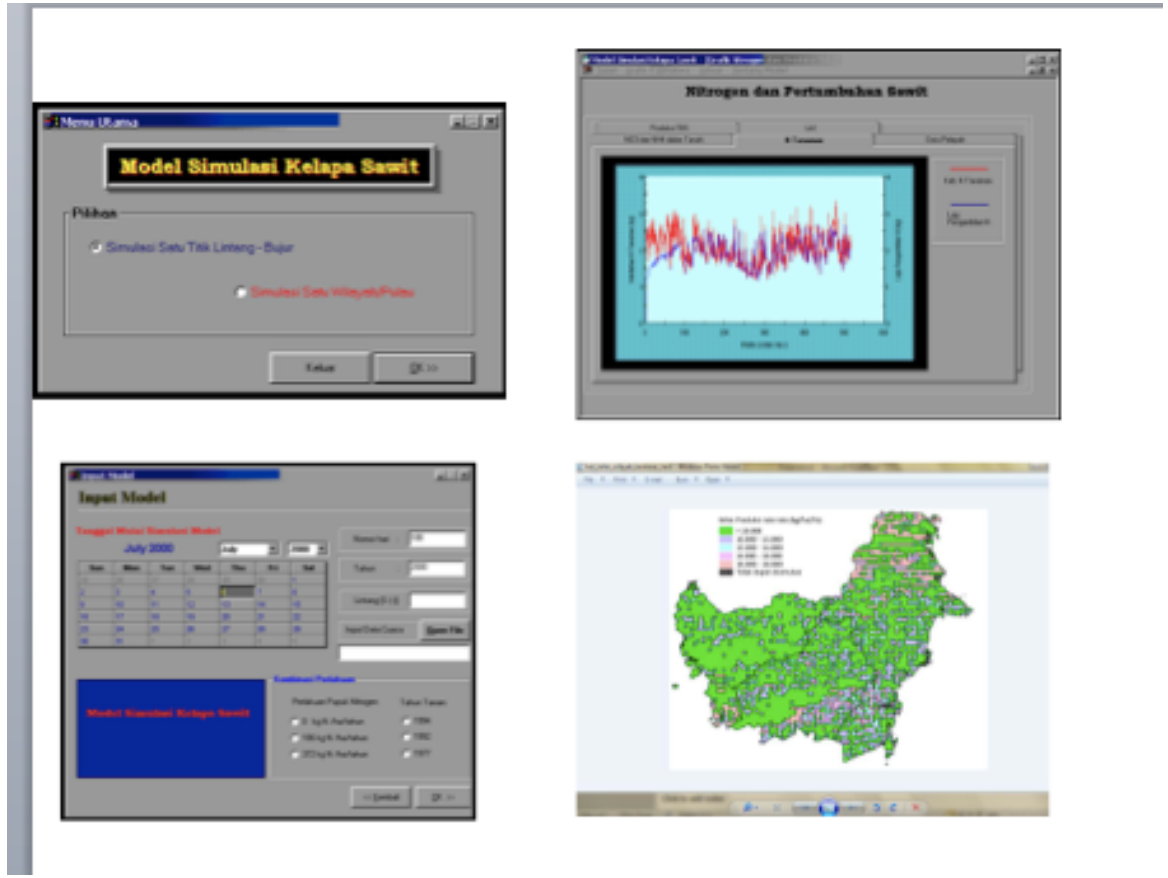
2. Flood Management and Plant Growth

IPB University
Bogor Indonesia

- Flood management

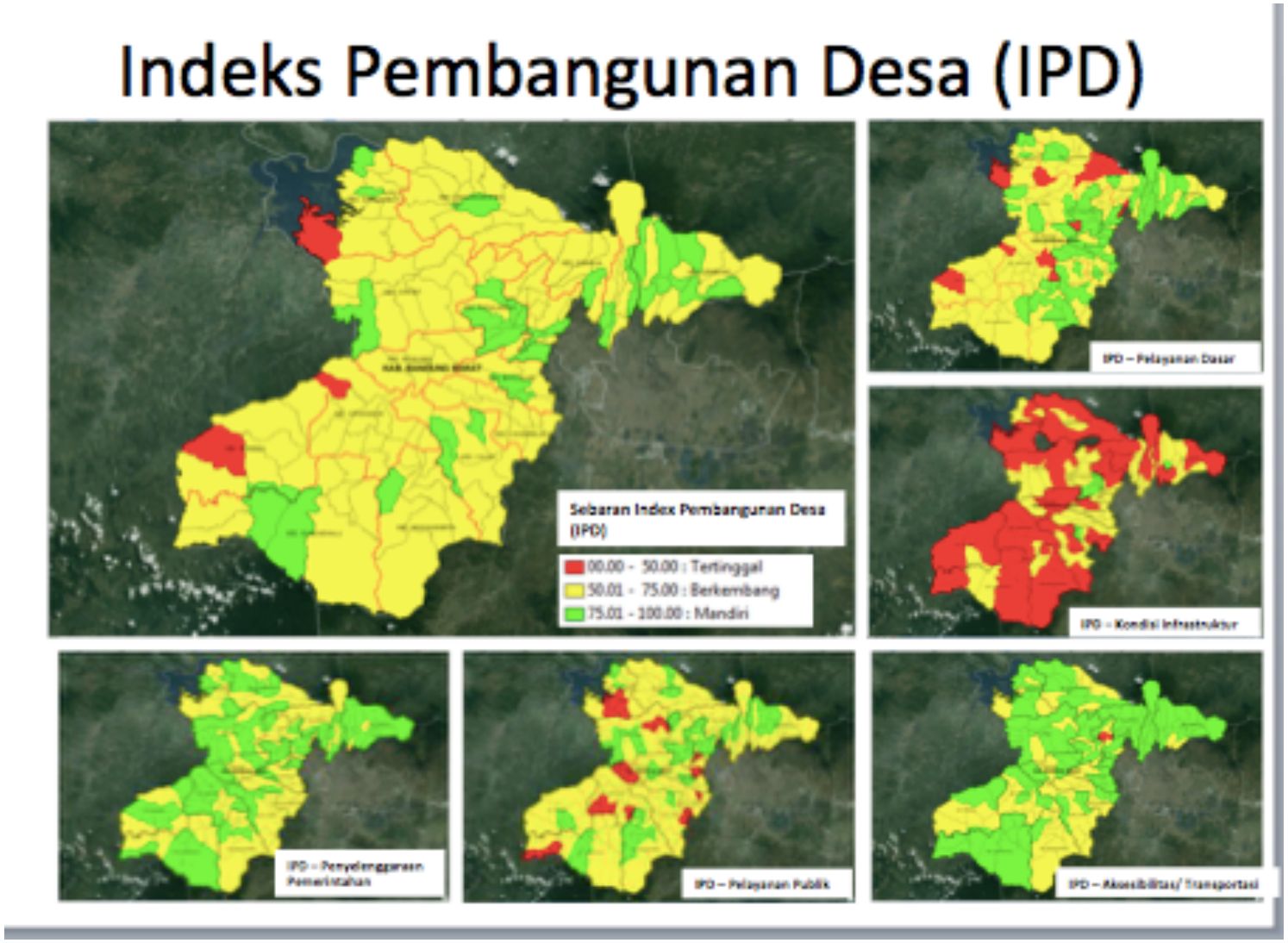


- Plant growth



3. Indeks Pembangunan Desa

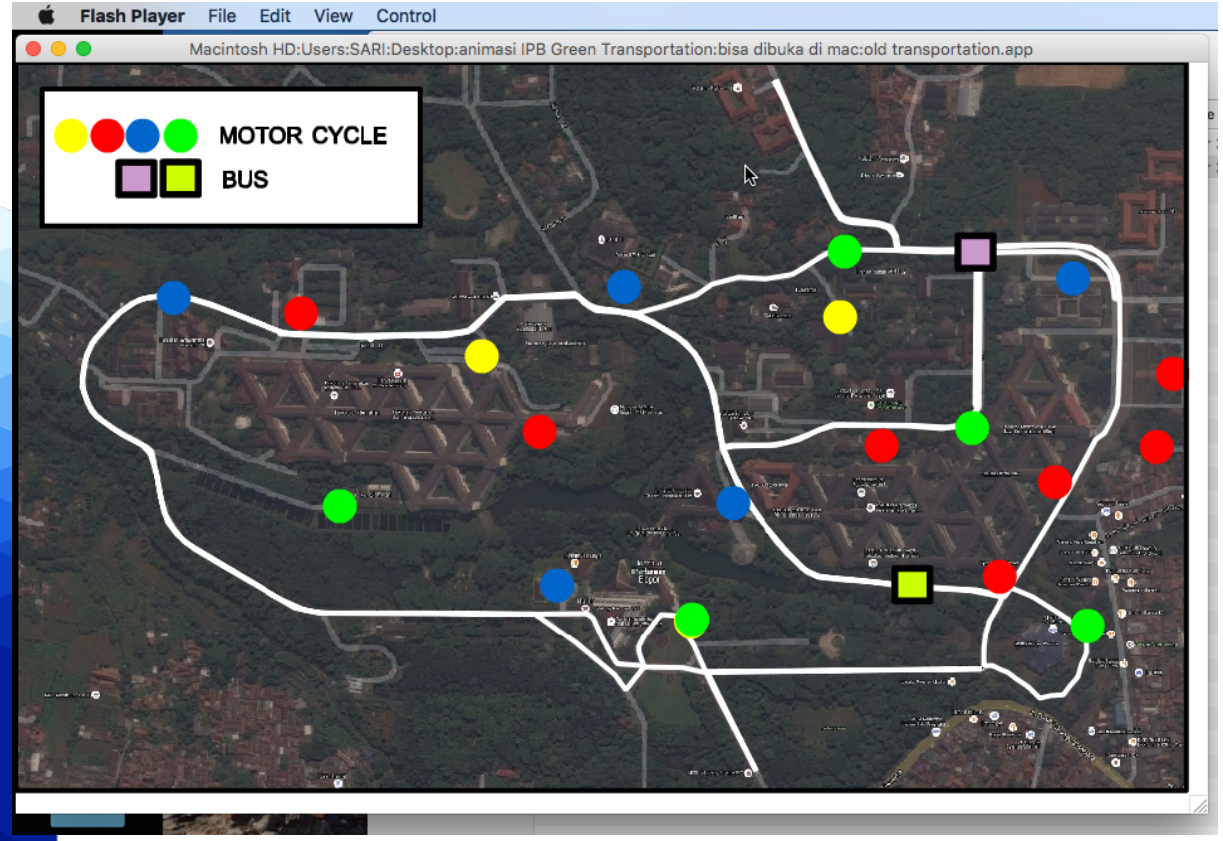
- Development Index Mapping

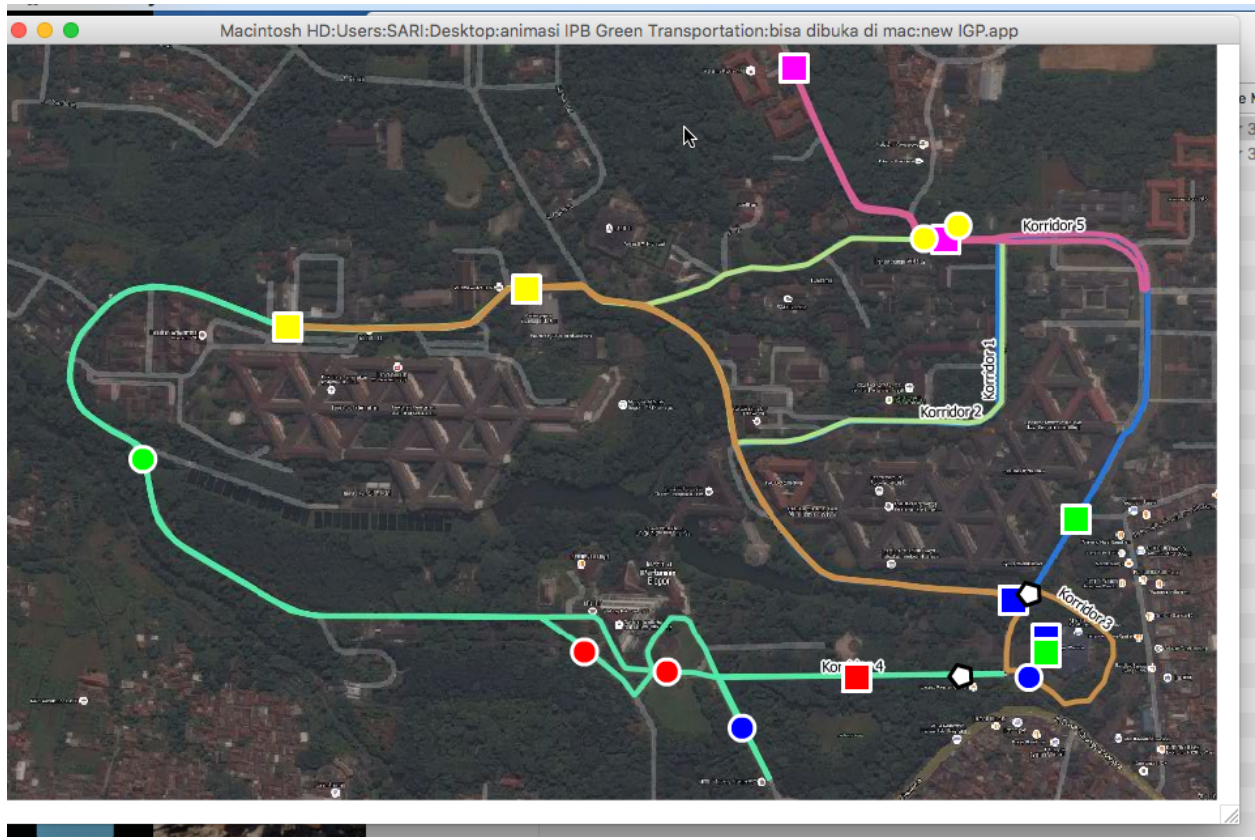


4. Education Game

- Education game (RCE - award)

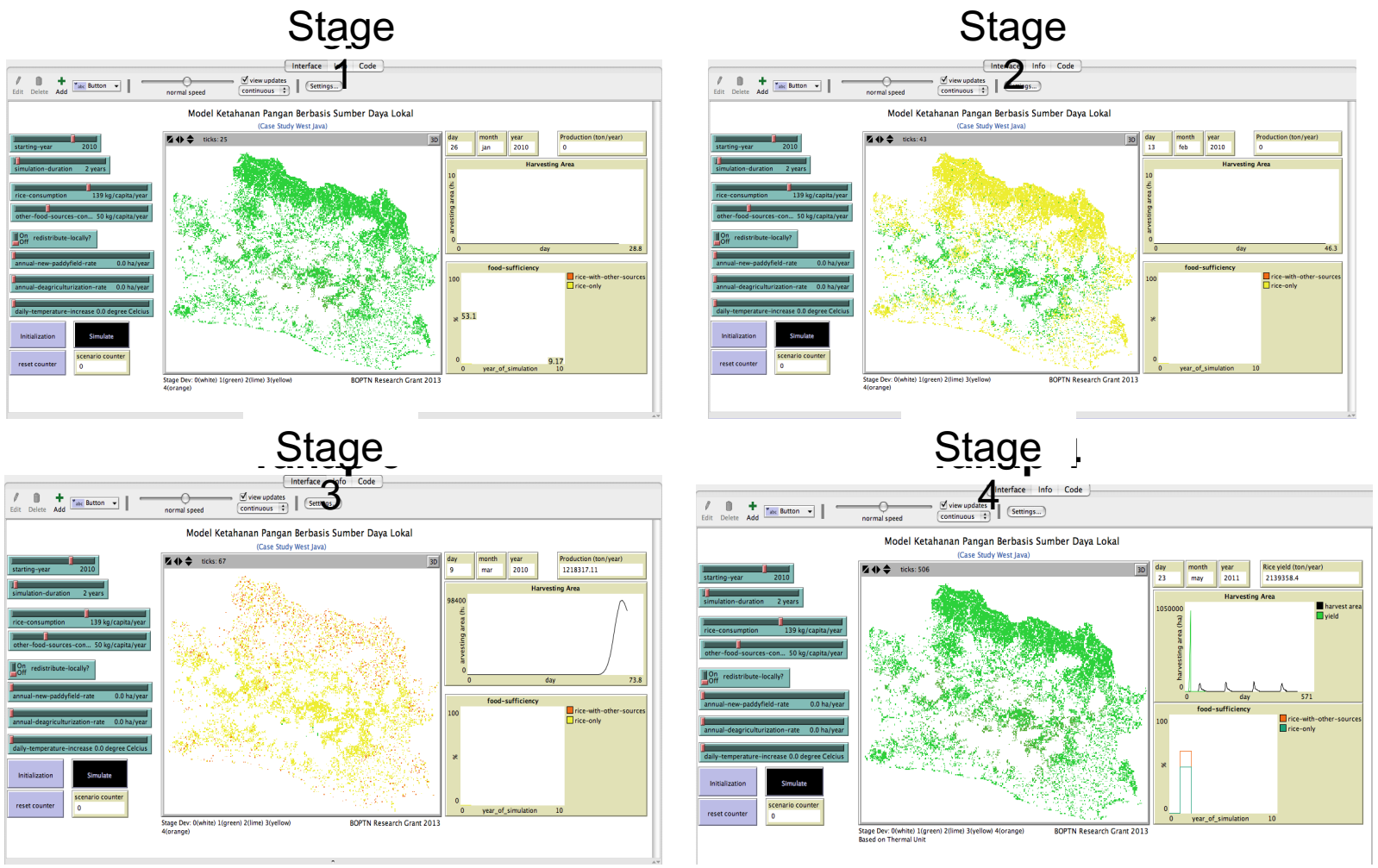
5. IPB Green Transportation





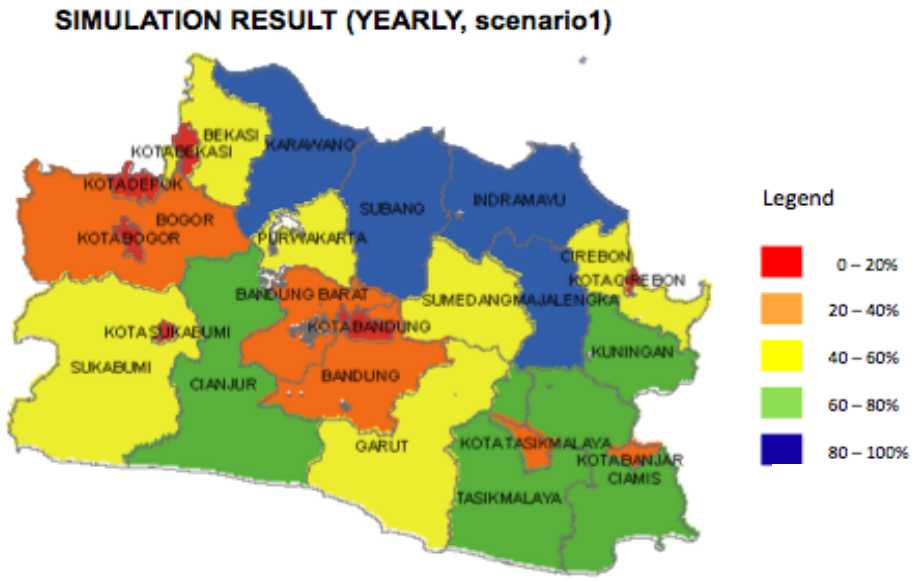
6. Food Security (Penghargaan Prakarsa Jawa Barat)

IPB University
Bogor Indonesia

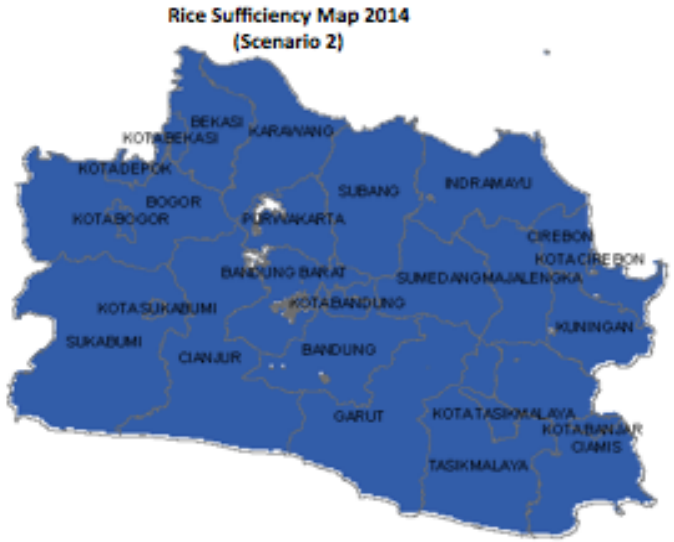


6. Food Security (Penghargaan Prakarsa Jawa Barat)

IPB University
Bogor Indonesia



Scenario 1 :
Existing condition

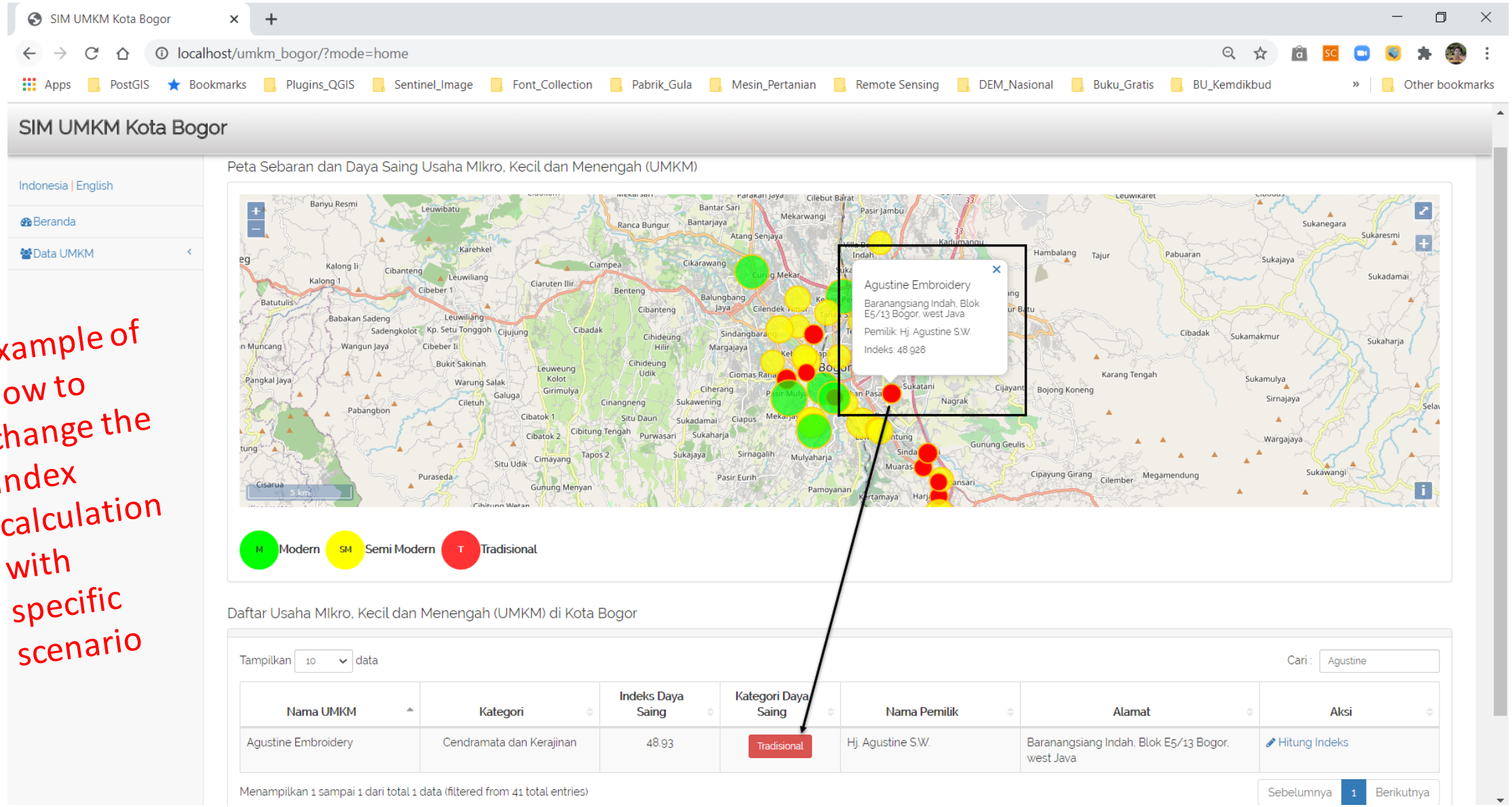


Scenario 2 :
Policy on direct rice distribution
(from surplus area to lack area)

7. Agroindustrial Performance Index Mapping

IPB University
Bogor Indonesia

Example of how to change the index calculation with specific scenario



7. Agroindustrial Performance Index M

SIM UMKM Kota Bogor

localhost/umkm_bogor/?mode=home

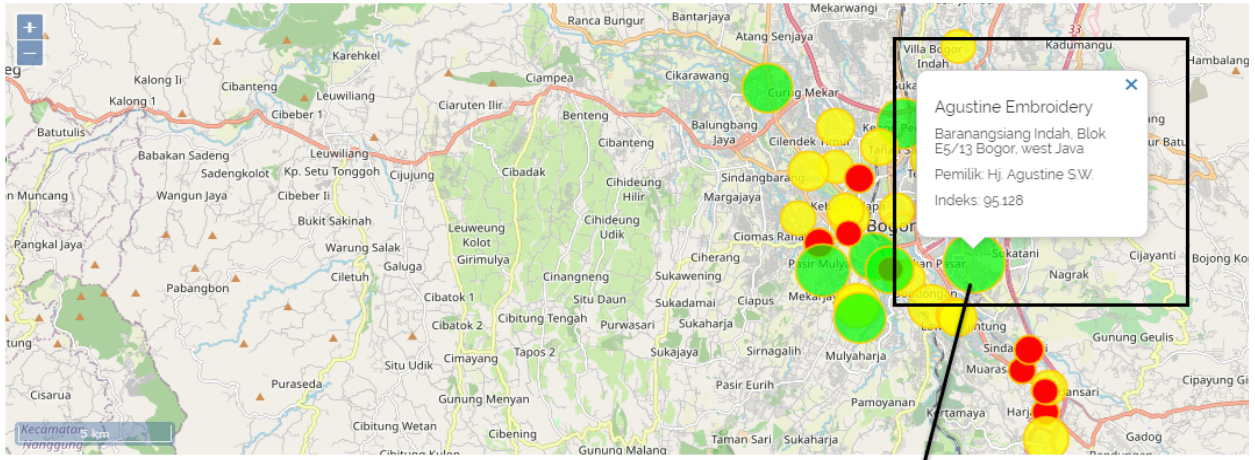
Apps | PostGIS | Bookmarks | Plugins_QGIS | Sentinel_Image | Font_Collection | Pabrik_Gula | Mesin_Pertanian | Remote Sensing | DEM_Nasional

SIM UMKM Kota Bogor

Indonesia | English

- Beranda
- Data UMKM

Peta Sebaran dan Daya Saing Usaha MIkro, Kecil dan Menengah (UMKM)



M Modern | SM Semi Modern | T Tradisional

Daftar Usaha MIkro, Kecil dan Menengah (UMKM) di Kota Bogor

Tampilkan 10 data

Cari : Agustine

Nama UMKM	Kategori	Indeks Daya Saing	Kategori Daya Saing	Nama Pemilik	Alamat	Aksi
Agustine Embroidery	Cendramata dan Kerajinan	95.13	Modern	Hj. Agustine S.W.	Baranangsiang Indah, Blok E5/13 Bogor, west Java	Hitung Indeks

Hitung Indeks

Menampilkan 1 sampai 1 dari total 1 data (filtered from 41 total entries)

Sebelumnya 1 Berikutnya

Hitung Indeks Daya Saing

Beranda

Hitung Indeks Daya Saing

Jumlah tenaga kerja: 3

Efisiensi mesin: 1

Manajemen organisasi: 1

Teknologi: 1

Ketersediaan bahan baku: 1

Pemasaran: 1

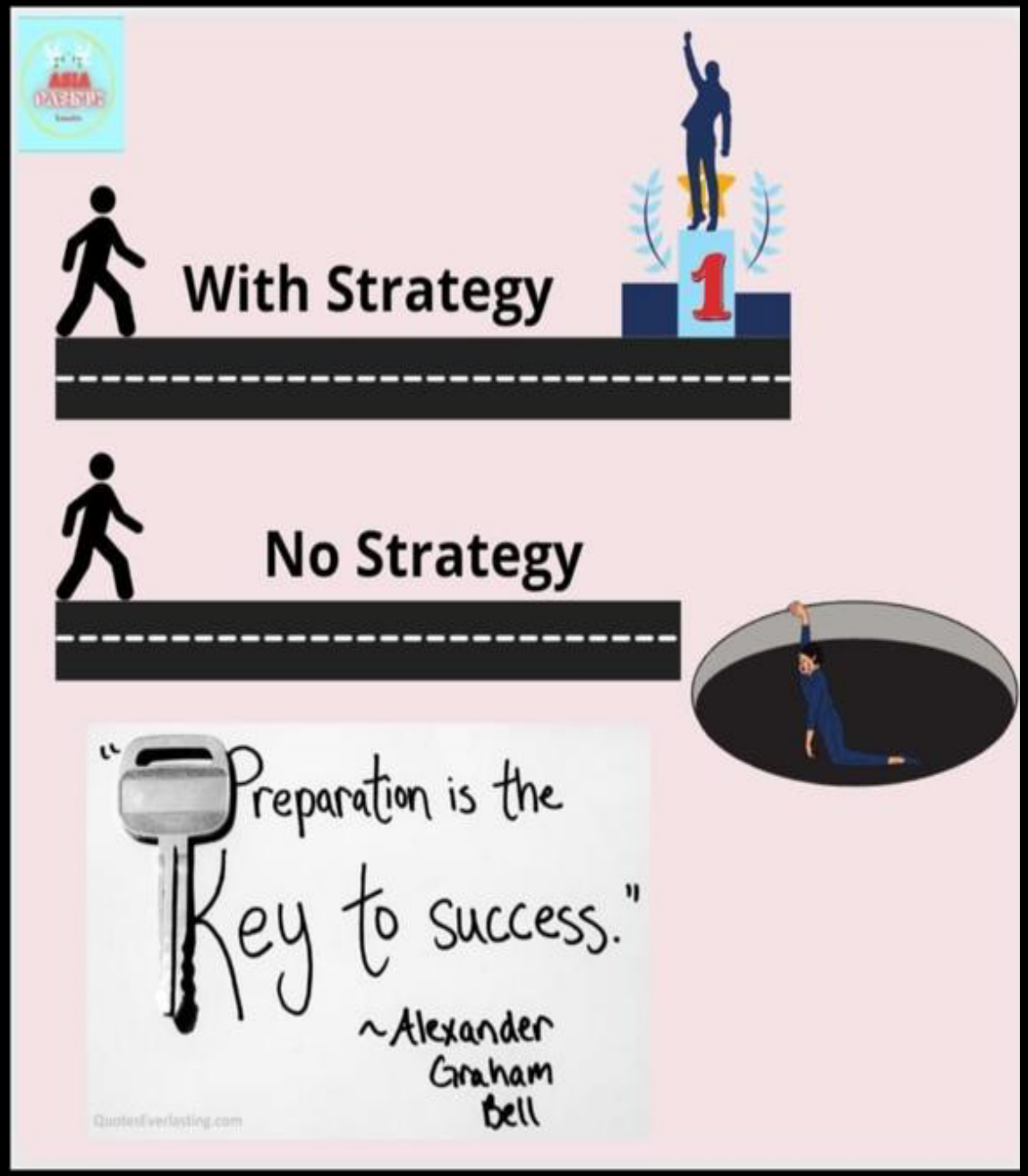
Jenis limbah: 1

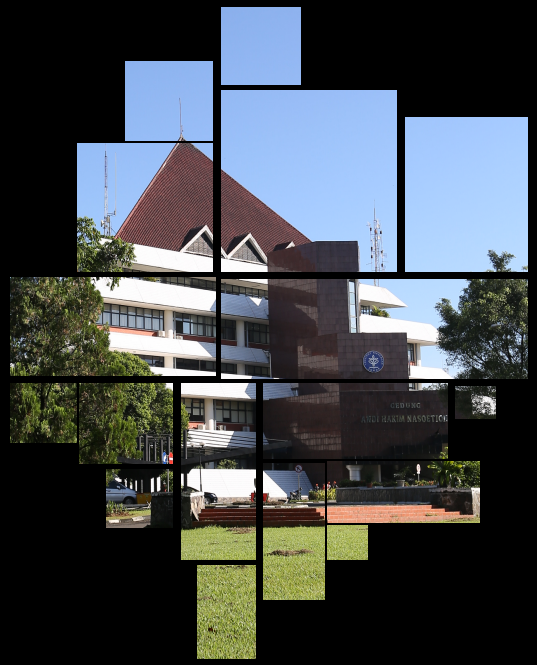
Omset: 2

Hitung

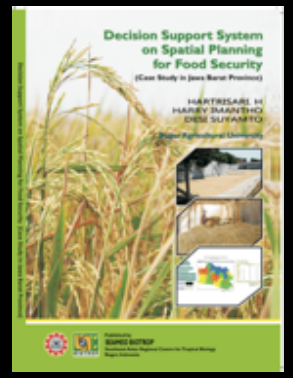
PENUTUP

- Sistem Dinamik merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks pada sistem riil dengan fokus pada keterkaitan antar elemen untuk pencapaian tujuan yang ditetapkan
- Dalam menyusun model sistem dinamik diperlukan pemahaman proses pada sistem riil, model harus dapat membuat prediksi hasil dari dinamika sistem dan dapat mendukung pengambilan keputusan (**perlu mengetahui dan menetapkan "variabel apa" yang akan diukur**)
- Semua model perlu divalidasi agar "user" yakin bahwa model dapat diterapkan di sistem riil dan rekomendasi implementasi model harus mencakup "road map" detail termasuk strategi dalam menerapkannya





Thank you....



hartrisari@apps.ipb.ac.id