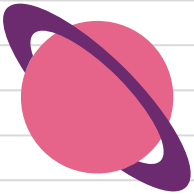


PEMODELAN MATEMATIKA



Aditya Firman Ihsan

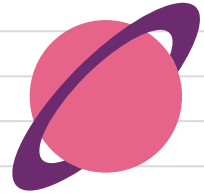




APA ITU



MODEL?



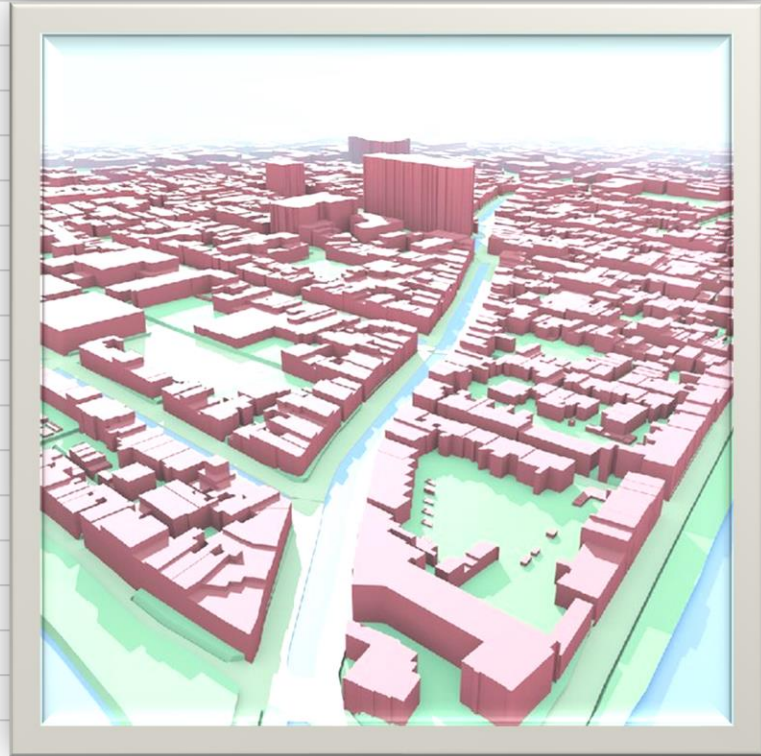


Model?



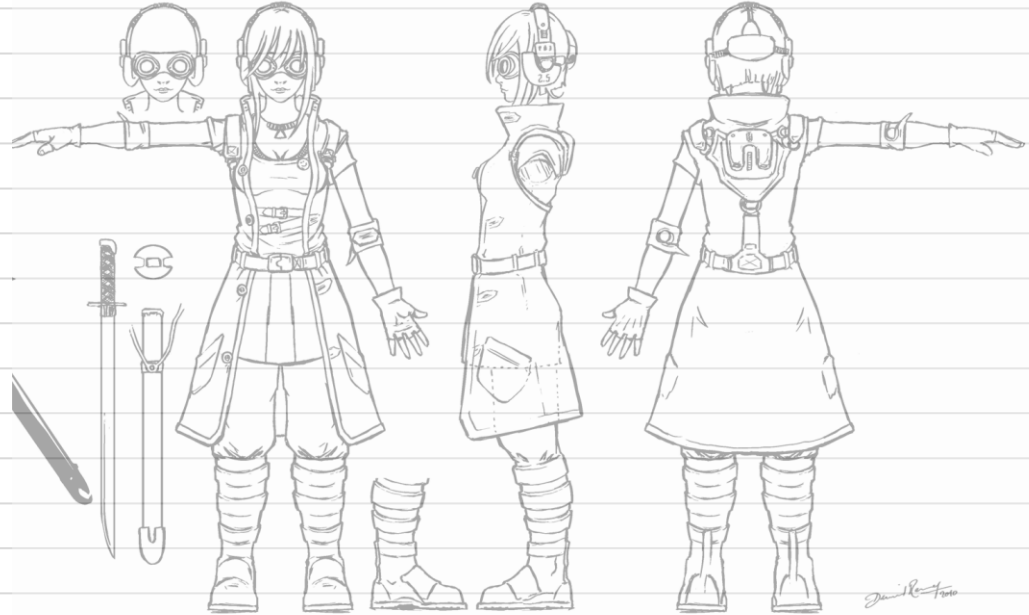


Model?



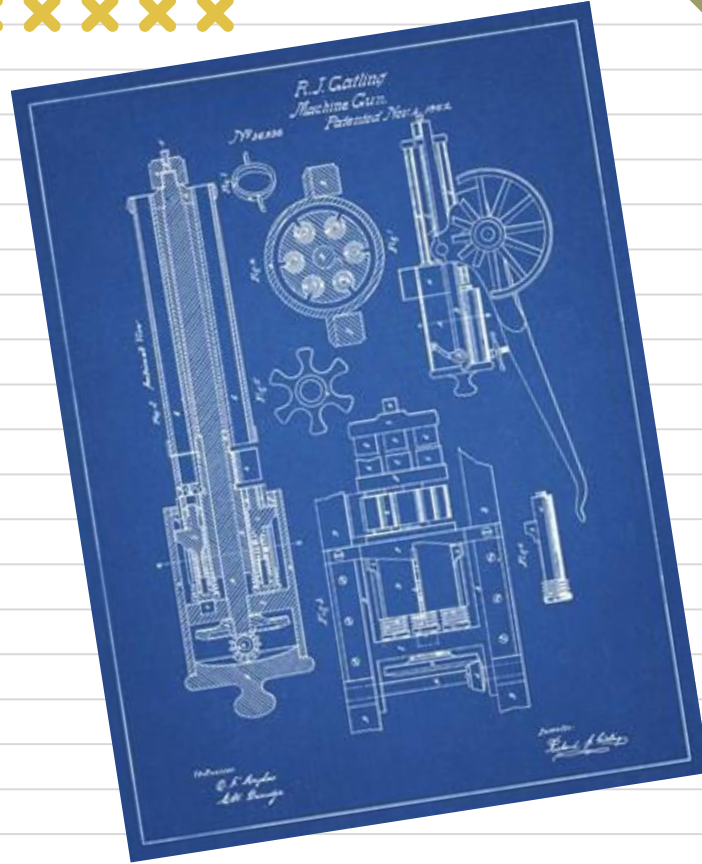


Model?



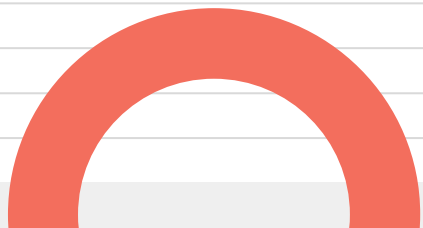
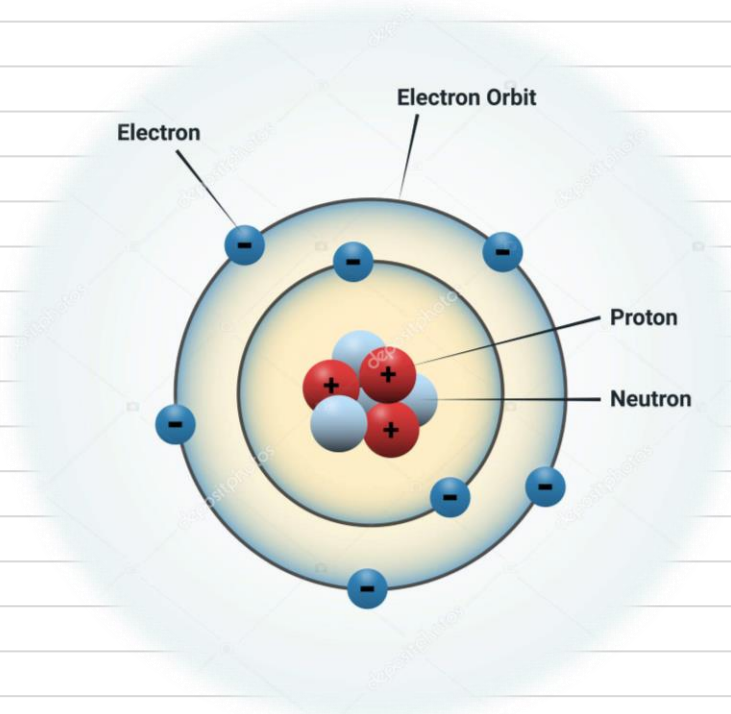


Model?





Model?



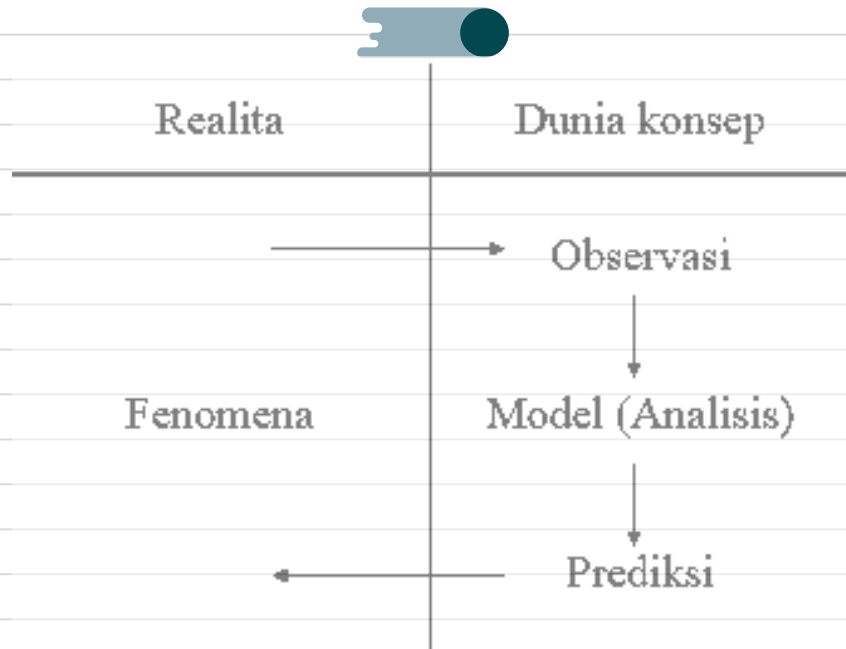


model (n): a miniature *representation* of something; a *pattern* of something to be made; an *example* for imitation or emulation; a description or *analogy* used to help visualize something (e.g., an atom) that cannot be directly observed; a *system* of postulates, data and inferences presented as a *mathematical description of an entity or state of affairs*



— LYDM, 2014

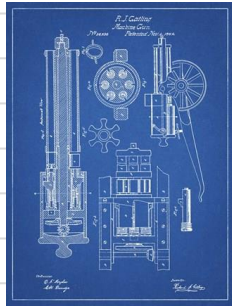




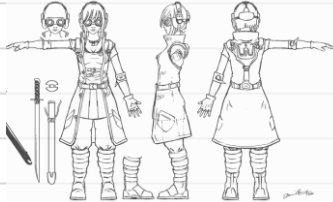
Model menjadi “potongan” realita untuk memudahkan pemahaman, insight, analisis, dll



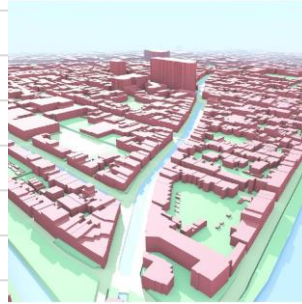
SETIAP MODEL MERUPAKAN MINIATUR DARI REALITA



Model
teknologi



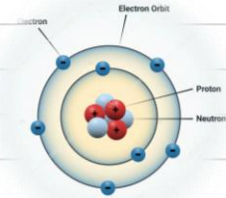
Model
karakter



Model
kota



Model
fashion

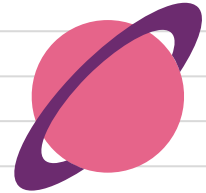


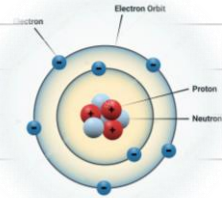
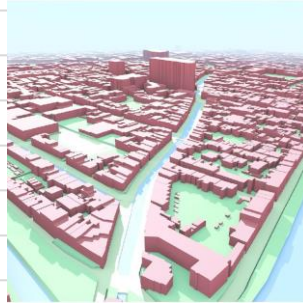
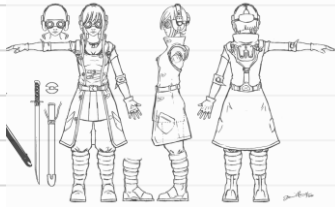
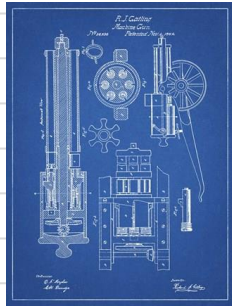
Model
atom





LALU, MODEL MATEMATIKA?





**HAMPIR SEMUA MODEL INI STATIS,
HANYA MEMPERLIHATKAN BENTUK**



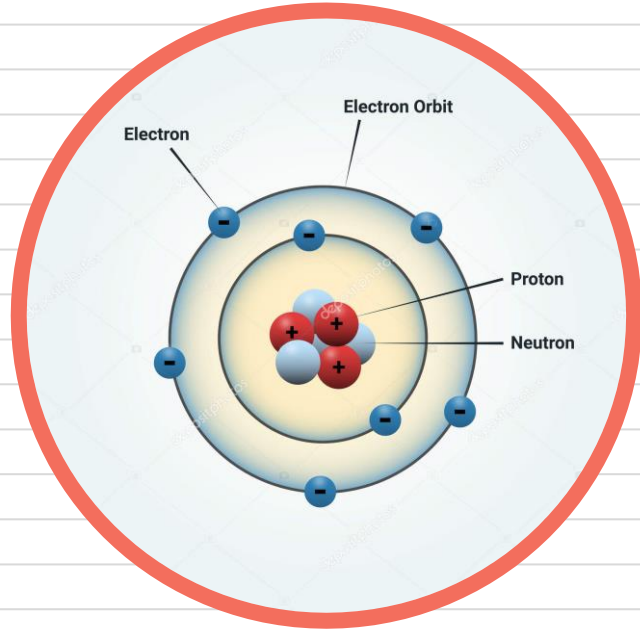


BEBERAPA MODEL BUTUH DINAMIS

Model yang dinamis memperlihatkan bagaimana realita yang diwakilkan berperilaku.

Pada aspek-aspek fisis, bagaimana “model” bergerak pun harus dimodelkan



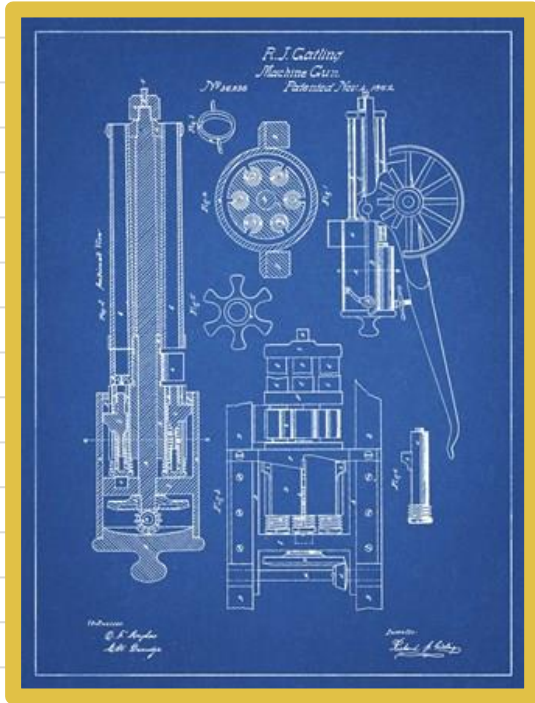


MISALKAN, MODEL ATOM

Gambar ini tidak memberi gambaran bagaimana atom berperilaku.

Kita butuh tambahan model, seperti teori elektromagnetik untuk bisa menggambarkan perilaku atom





JUGA MODEL TEKNOLOGI

Desain seperti ini tidak bisa menjelaskan apakah alat ini bisa jalan atau tidak. Harus ada model tambahan untuk bisa memprediksi perilakunya dengan akurat





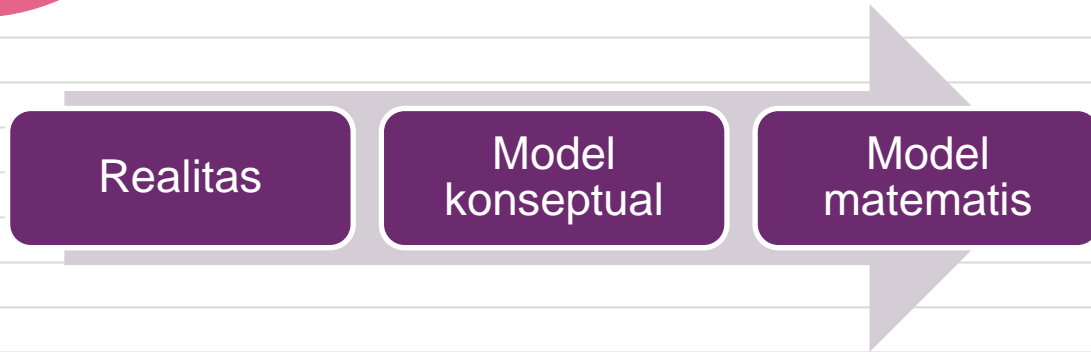
DI SINI MATEMATIKA BERPERAN

Matematika tidak punya batasan spesifik selain aturan-aturan yang ada secara internal dalam matematika, dengan itu objektivitas dari kesimpulan yang didapat terjamin.

Dunia matematika adalah dunia yang bersih dari bias, eksak, rigid, tegas, dan universal.

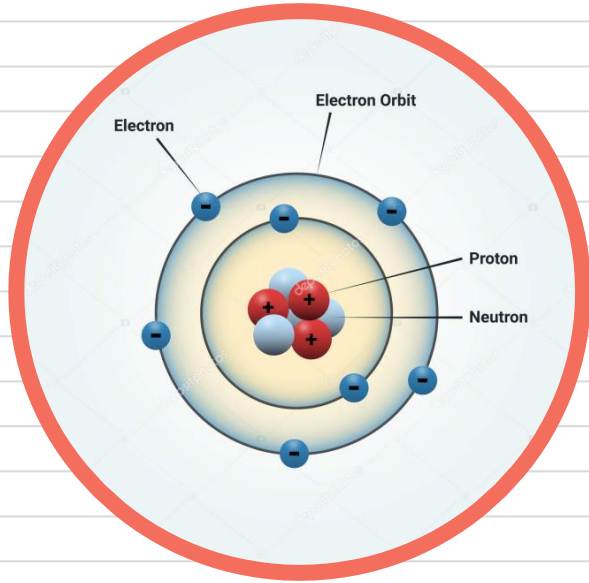
Dalam rangka mendeskripsikan realitas, model yang dibangun dengan matematika menjadi model yang lebih rigid dan universal.





Untuk bisa mendapatkan representasi yang lebih rigid, objektif, dan prediktif, model-model perlu dibawa ke dunia matematis





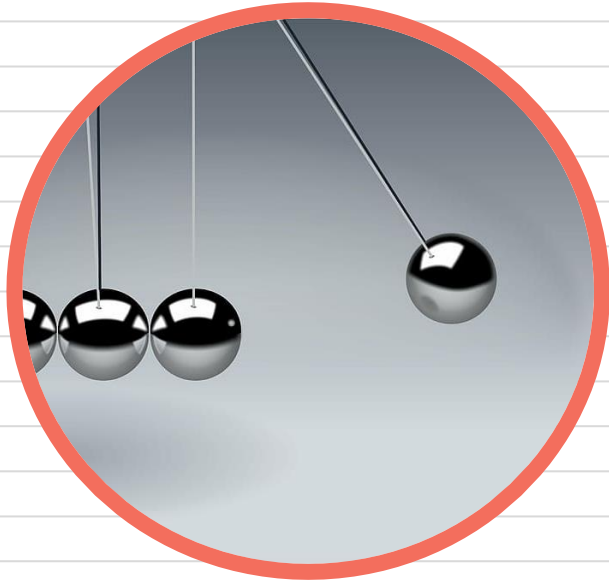
MISALKAN, MODEL ATOM

Dengan formulasi hukum Coloumb,

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

perilaku atom ini bisa lebih diprediksi





MISALKAN, HUKUM 2 NEWTON

Newton hanya bilang bahwa gaya yang bekerja pada benda merupakan laju perubahan dari momentumnya.

Ketika diformulasikan, menjadi

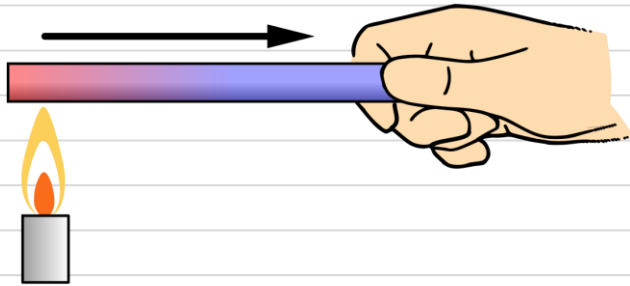
$$F = ma$$

Gerak benda bisa lebih dihitung secara akurat.





MISALKAN, HUKUM FICK

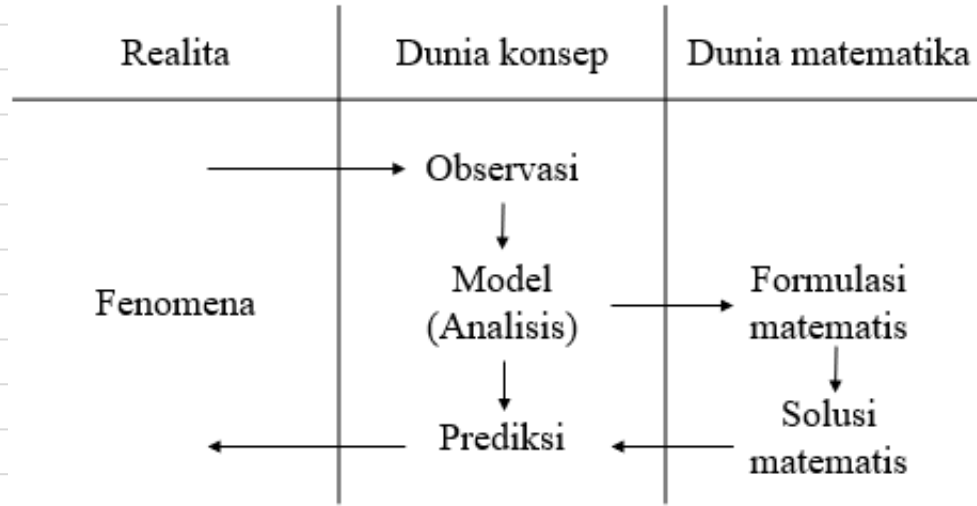


Fick bilang bahwa panas mengalir dari tinggi ke rendah mengikuti gradien panasnya.

Hukum ini ketika diformulasikan menjadi persamaan difusi yang terkenal

$$u_t = Du_{xx}$$



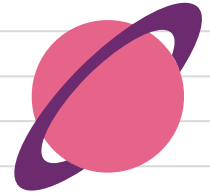


Dunia matematika membawa model konseptual menjadi lebih rigid untuk diselesaikan





SAMAKAH
+ DENGAN MODEL
KOMPUTASI?

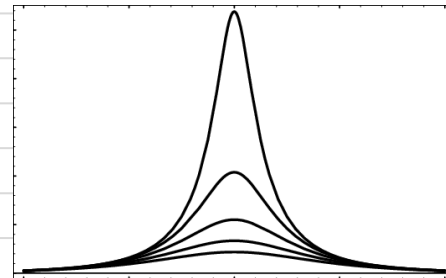


MISAL, PERSAMAAN PANAS DENGAN SUMBER TITIK

$$u_{tt} = Du_{xx}$$
$$u(x, 0) = M\delta(x)$$

Masalah ini dapat diselesaikan secara analitik, solusinya

$$u(x, t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$$





NAMUN, KALAU MASALAH INI DIMODIFIKASI SEDIKIT SAJA

$$u_{tt} = Du_{xx} + uu_x$$
$$u(x, 0) = M\delta(x)$$

Maka, belum tentu solusi analitiknya
dapat dihitung

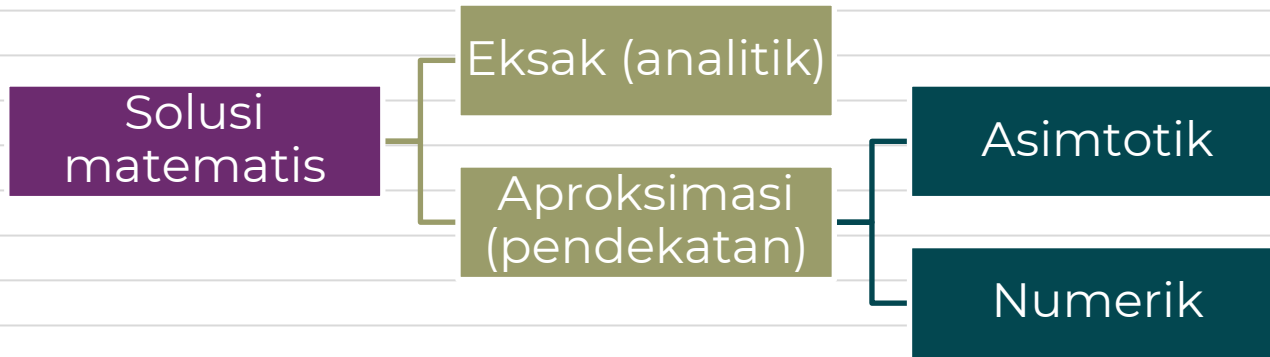




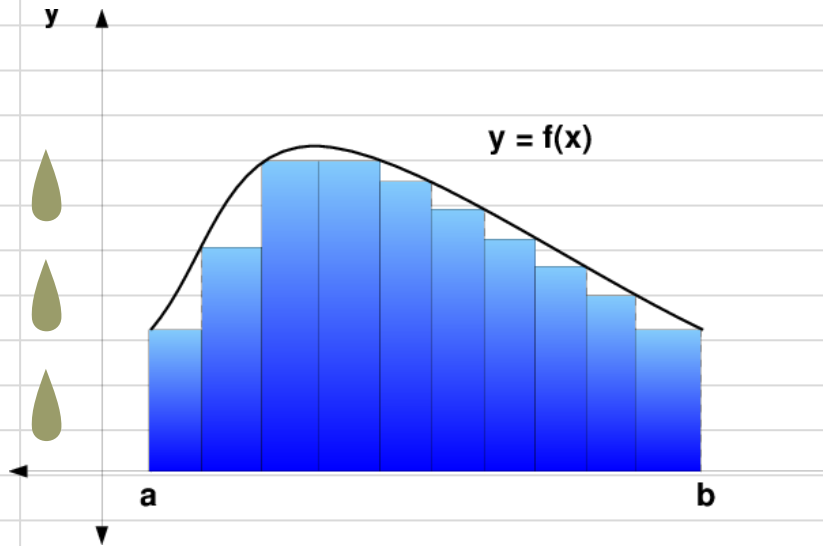
TIDAK SEMUA MODEL MATEMATIKA DAPAT DISELESAIKAN

Beberapa model terlalu rumit untuk dihitung
secara langsung (analitik)



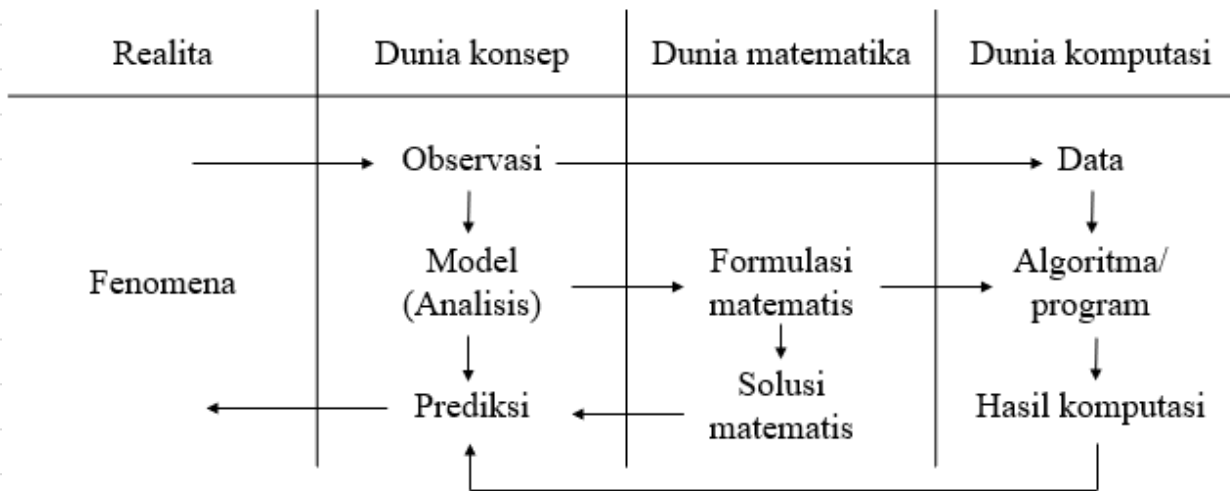


Model matematika dapat disederhanakan lagi untuk mendapatkan solusi yang mendekati (aproksimasi).



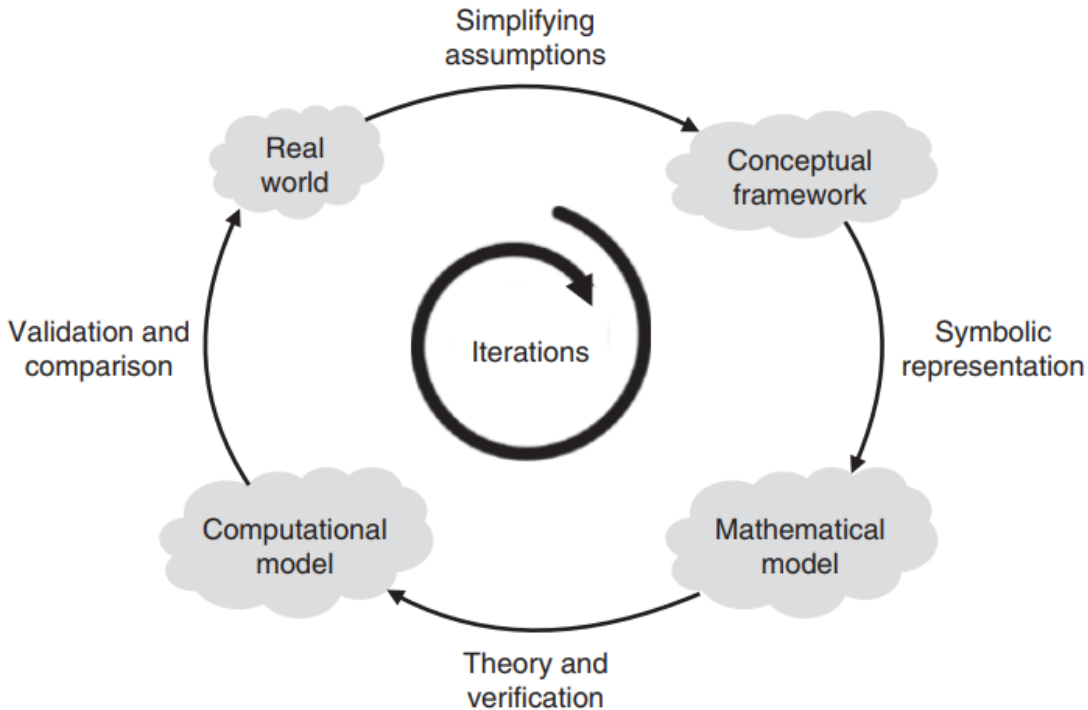
Beberapa aproksimasi dapat dihitung secara langsung. Namun sebagian melibatkan banyak **iterasi** dan **diskritisasi**

Dalam jumlah besar, perhitungan bisa sangat tidak efektif, sehingga diperlukan bantuan komputer



Model matematika terkadang perlu diubah menjadi sebuah program untuk menefektifkan perhitungan

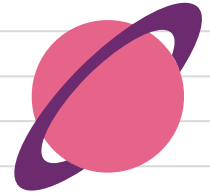


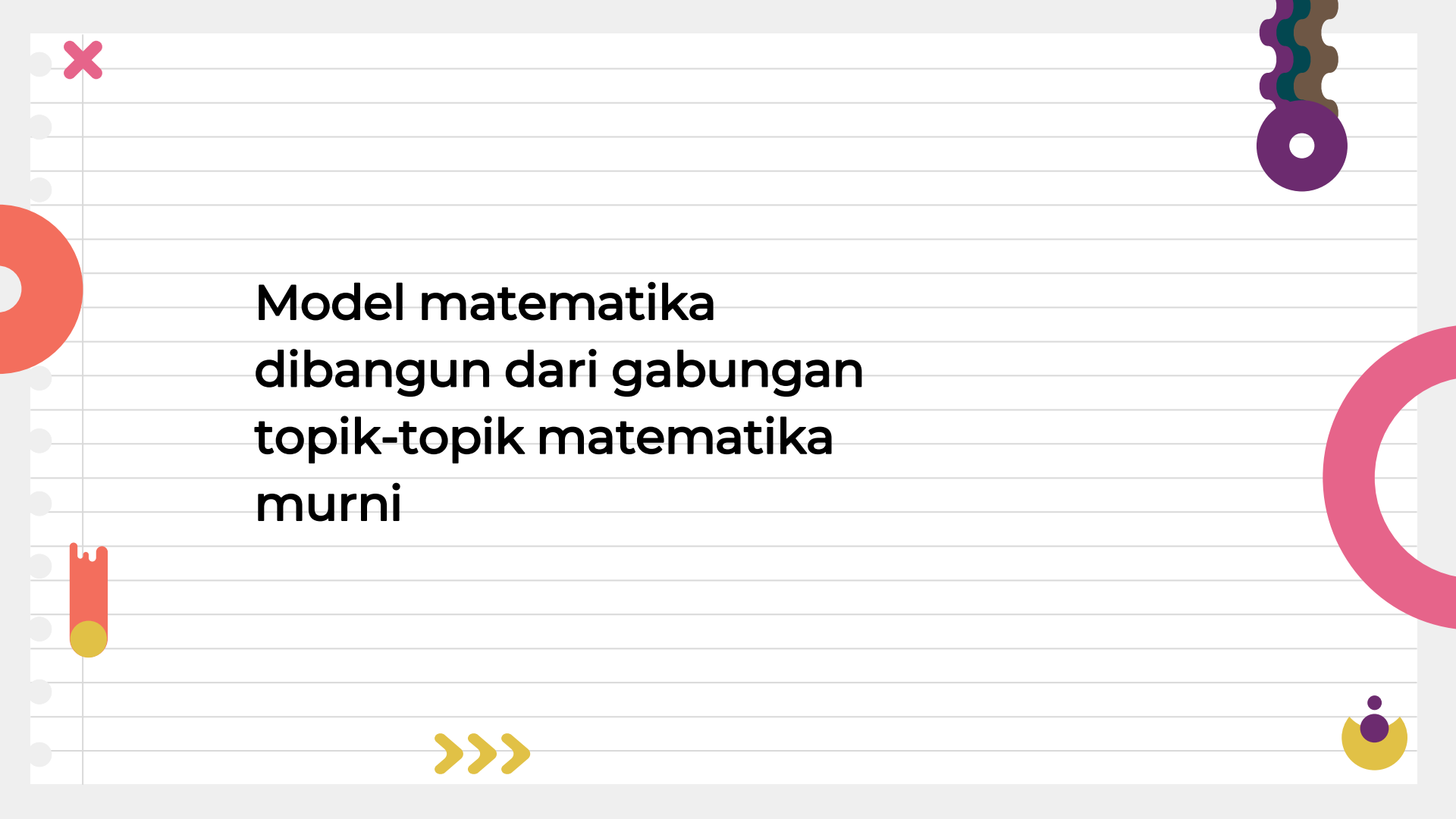


Secara umum,
peran 4 dunia itu
dapat
digambarkan
sebagai proses
siklik



SEPERTI
+
APA TOPIK-
TOPIKNYA?





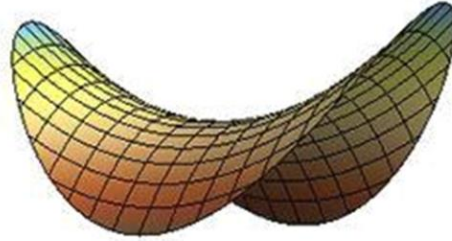
**Model matematika
dibangun dari gabungan
topik-topik matematika
murni**



1

+

**GEOMETRI +
KALKULUS =
GEOMETRI
DIFERENSIAL**



$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}, \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} < 1$$

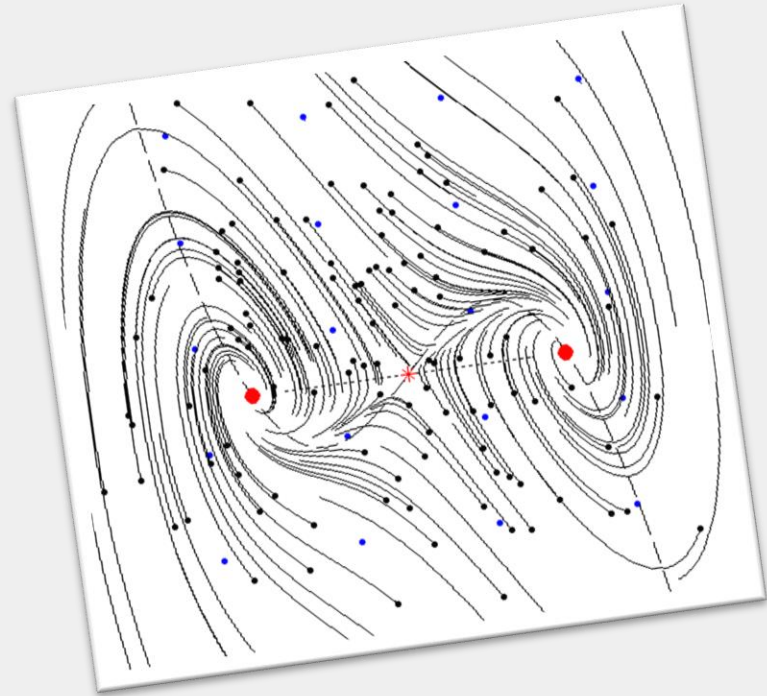


Contoh: Desain kurvatur, fisika relativitas, pemodelan membranae, analisis permukaan (computer vision)



2 +

**KALKULUS +
ALJABAR
LINEAR =
SISTEM DINAMIK**

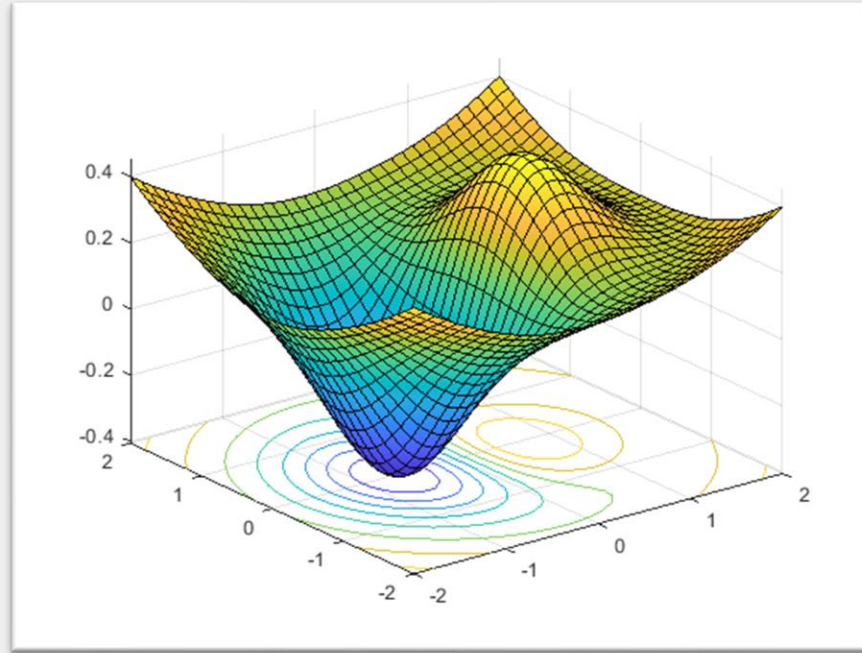


**Contoh: Analisis perubahan system,
dinamika populasi, biomatematika,
epidemiologi, mekanika**



3 +

**KALKULUS +
ALJABAR
LINEAR =
OPTIMISASI**



**Contoh: Penjadwalan, rekayasa kontrol,
decision-making, machine learning,
analisis efisiensi**



4 +

**TEORI BILANGAN
+ STRUKTUR
ALJABAR =
KRIPTOGRAFI**



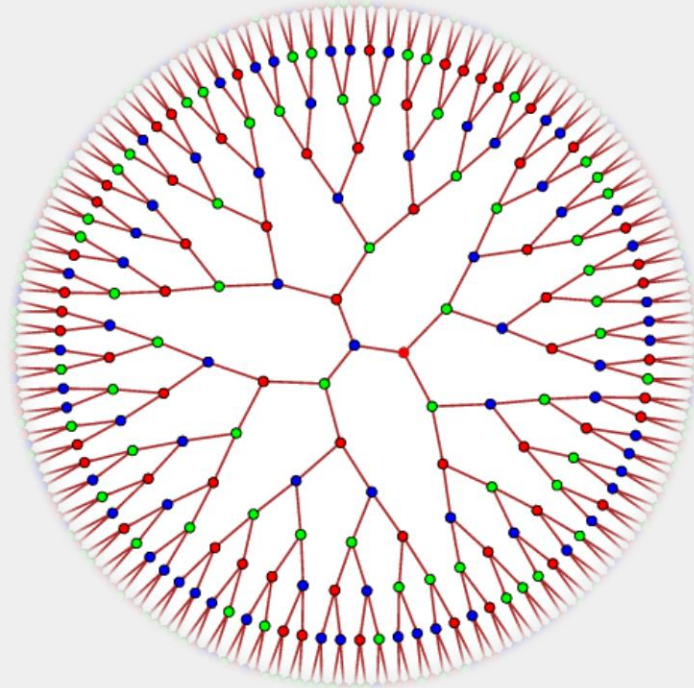
Contoh: Teori Koding, Blockchain, Teori Informasi, Cybersecurity



5

+

**STATISTIKA +
ALJABAR LINIER
= PROSES
STOKASTIK**



Contoh: Teori Resiko, aktuarial, teori antrian, gerak acak, reinforcement learning

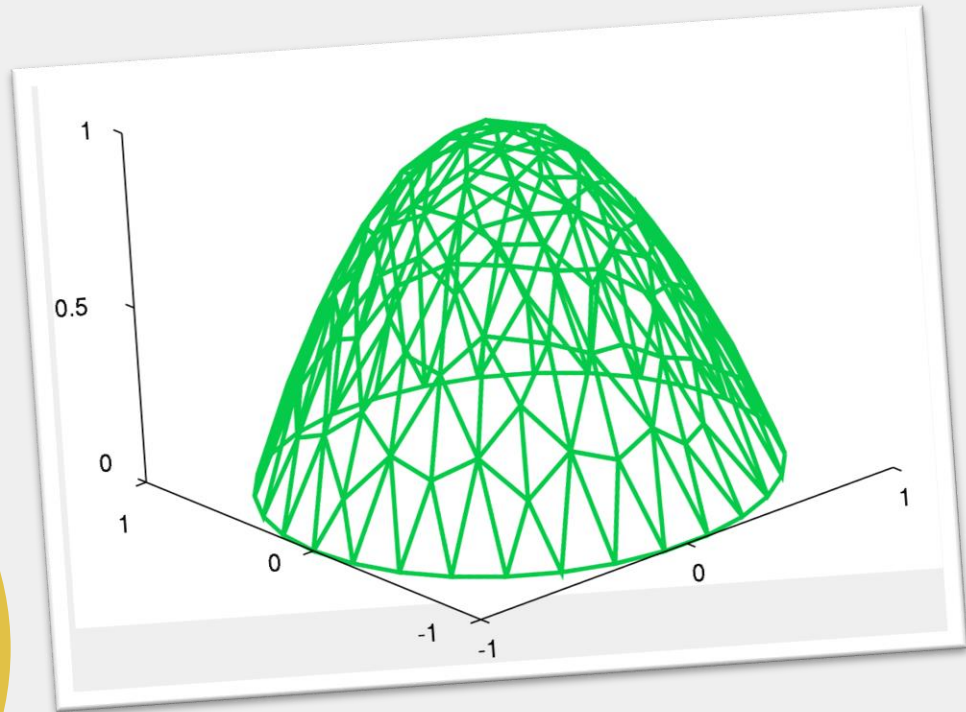
XXXXXX



6

+

**STATISTIKA +
KALKULUS +
MATDISKRIT =
ANALISIS
NUMERIK**



**Contoh: Regresi, Interpolasi, Persamaan
Beda, Integrasi numerik**

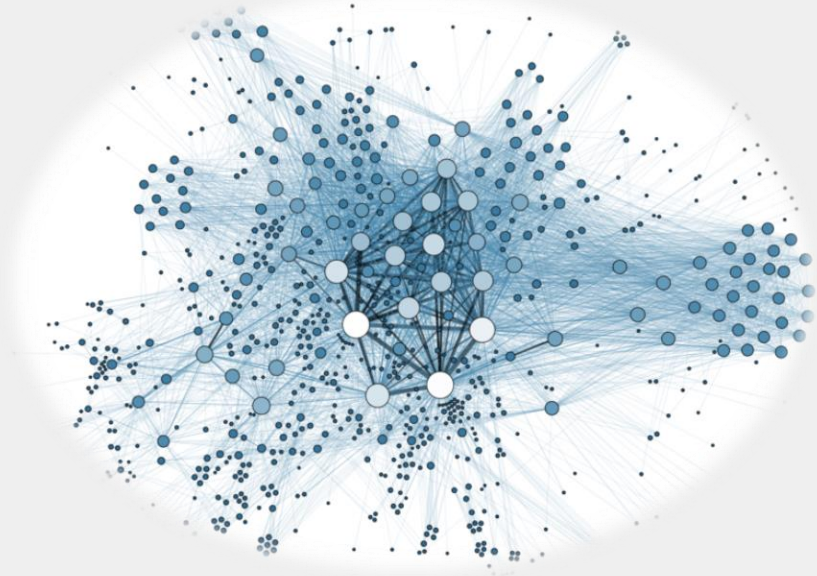
XXXXXX



7

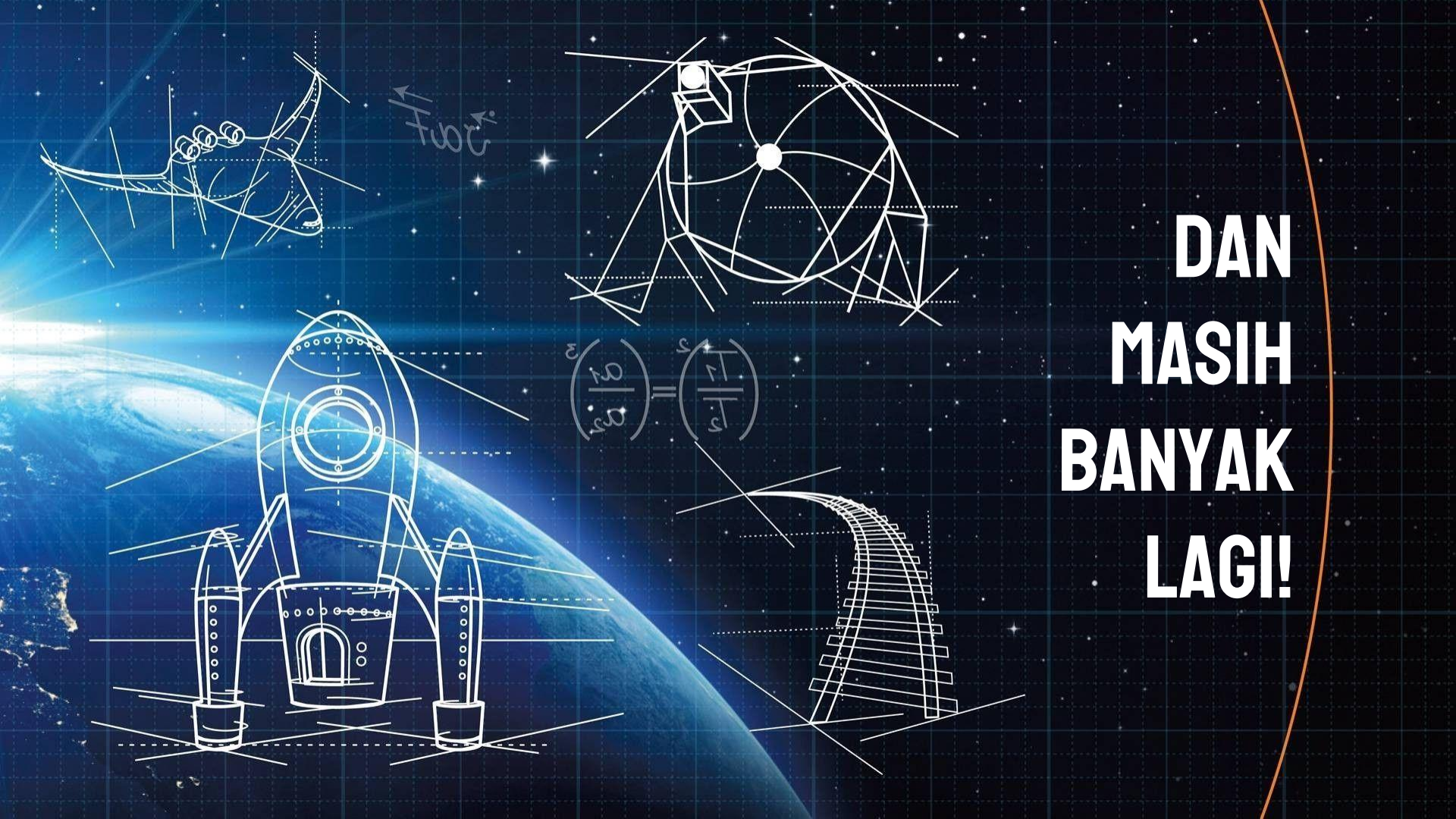
+

**GRAF +
TOPOLOGI +
STATISTIK =
TEORI JARINGAN**



**Contoh: Social Network Analysis,
Computer Network**





↑ FUDC ↑

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

**DAN
MASIH
BANYAK
LAGI!**

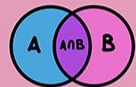
FOUNDATIONS

FUNDAMENTAL RULES

MATHEMATICAL LOGIC

$$P \Rightarrow Q$$

SET THEORY



MEASURE THEORY



DIFFERENTIAL GEOMETRY



COMPLEX ANALYSIS



BUTTERFLY EFFECT



CHAOS THEORY



THEORY OF COMPUTATION



P ≠ NP?

COMPLEXITY THEORY

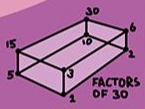


PARTITION THEORY

GROUP THEORY



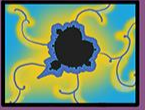
ORDER THEORY



TOPOLOGY



MAANDELBRÖT SET



DYNAMICAL SYSTEMS

FLUID FLOW



ECOSYSTEMS

CARDINAL NUMBERS

ℵ₀ ALEPH NULL

ONTOLOGY

{e, e, e, e, e, e, e, e, e}

QUATERNION

a+bi+cj+dk

PRIME NUMBERS

3, 11, 47, 907

INFINITY

∞

NUMBER THEORY

COMBINATORICS



GRAPH THEORY



LINEAR ALGEBRA

$$\begin{bmatrix} \square & \square \\ \square & \square \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \square \\ \square \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \square \\ \square \end{bmatrix}$$

MATRICES

$$\begin{pmatrix} 6 & 7 \\ -3 & 2i \end{pmatrix}$$

VECTORS



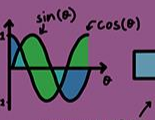
STRUCTURES

SPACES

GEOMETRY



TRIGONOMETRY



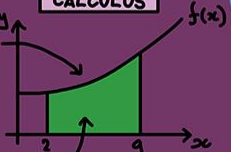
PYTHAGORAS



CHANGES

CALCULUS

DIFFERENTIAL GRADIENT = $\frac{dy}{dx}$



INTEGRAL

DIFFERENTIAL EQUATIONS

CRYPTOGRAPHY

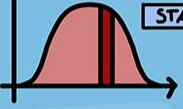


PROBABILITY



BAYES' RULE

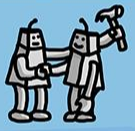
$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$



STATISTICS

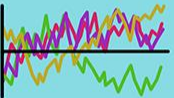
```
while awake:
do_science()
if self.tired():
awake = False
self.repair_brain()
```

GAME THEORY



ECONOMICS

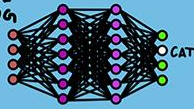
MATHEMATICAL FINANCE



OPTIMIZATION



MACHINE LEARNING



COMPUTER SCIENCE



ORIGINS

FIRST ZERO

INDIA c.628

NEGATIVE NUMBERS

-8 III

CHINA 200 BCE

ALGEBRA

PERSIA c.820

EGYPT FIRST EQUATION 3000 BCE

GREECE 600-300 BCE

50,000 BCE

600-300 BCE

777 x 777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

COUNTING

EGYPT FIRST EQUATION 3000 BCE

GREECE 600-300 BCE

50,000 BCE

600-300 BCE

777 x 777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

MATHEMATICAL PHYSICS

THEORETICAL PHYSICS

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

1777 x 1777

MATHEMATICAL CHEMISTRY

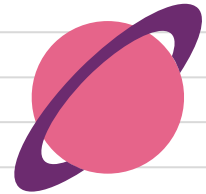


BIOMATHEMATICS

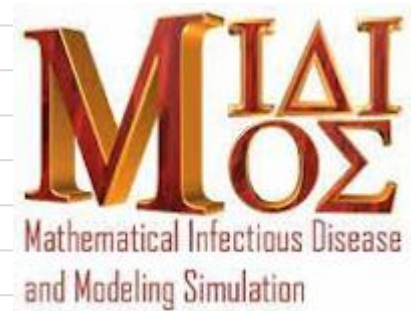




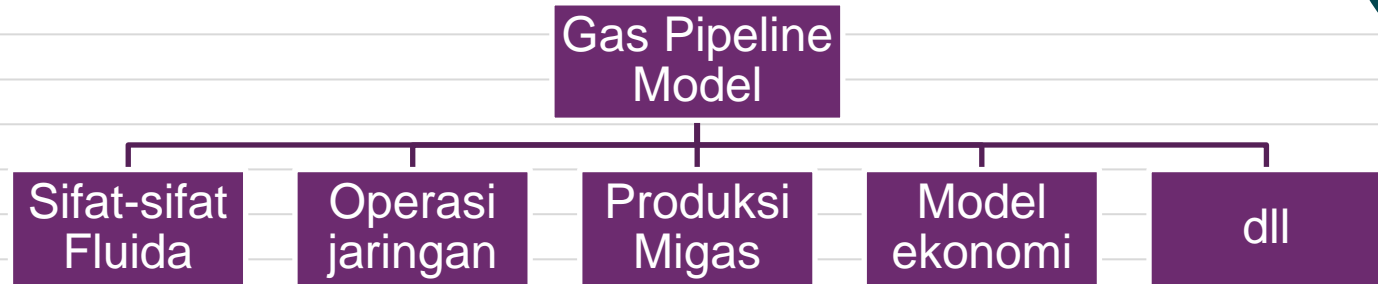
KASUS REALNYA?



Pusat Pemodelan Matematika dan Simulasi (PPMS) ITB



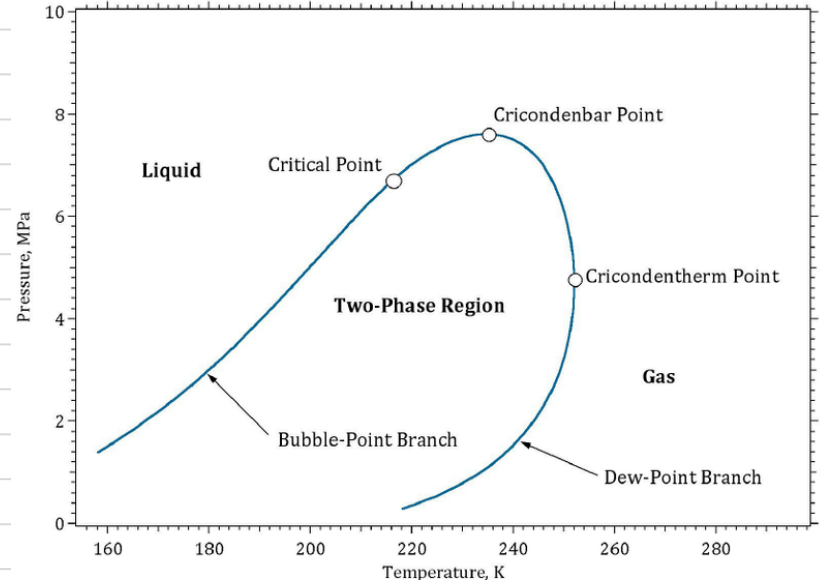
Optimization of Pipeline Network



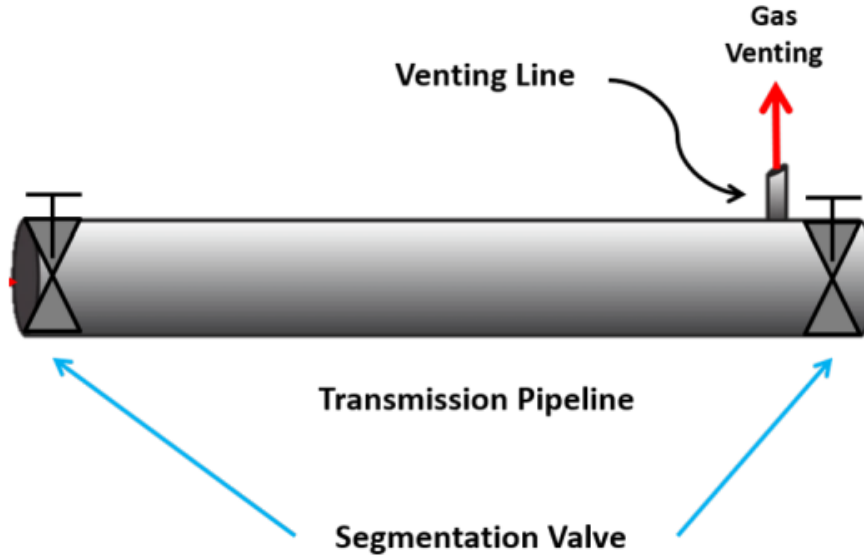
FLUID PROPERTIES



$$f(n_v) = \sum_i \frac{z_i(K_i - 1)}{n_v(K_i - 1) + 1} = 0$$
$$n_l + n_v = 1$$



GAS VENTING



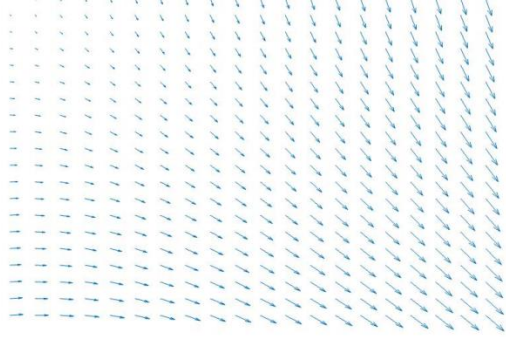
$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - c(T - T_b) + \frac{\partial \rho}{\partial t} \alpha (T - T_s) [H(x - l) - H(x - l - d_V)] + \mu_{JT} \frac{\partial P}{\partial t} + \text{sgn}(l - x) Q \frac{\partial T}{\partial x}.$$



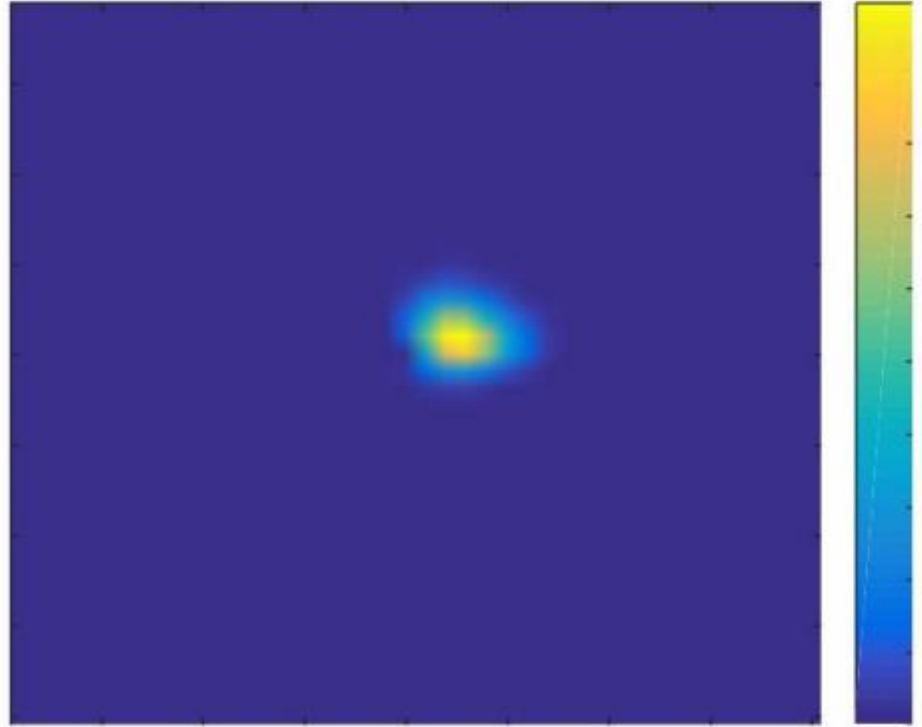
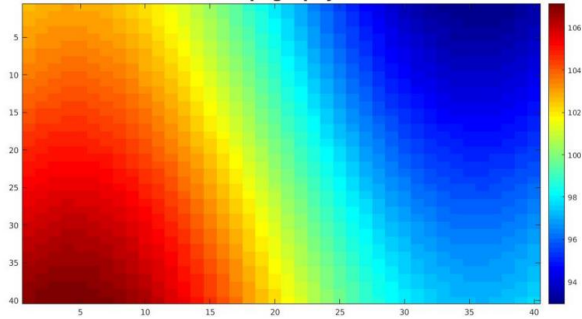
GAS DISPERSION



Wind field



Topography

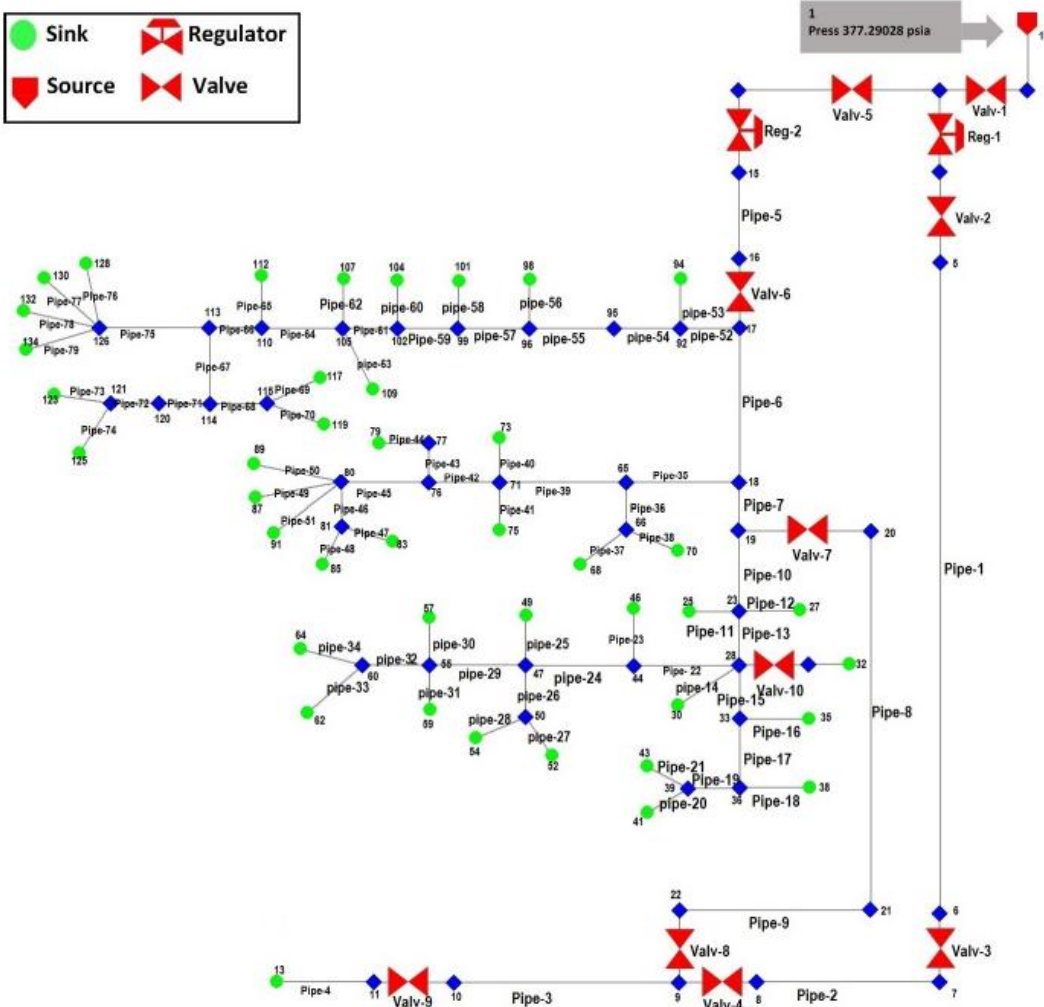


$$Dd(A_{ij}) = w_e(A_{ij+1} - A_{ij}) + w_w(A_{ij-1} - A_{ij}) + w_n(A_{i+1j} - A_{ij}) + w_s(A_{i-1j} - A_{ij})$$

PRESSURE DISTRIBUTION

$$f_m = Q_{jm} + Q_{mk} + Q_{N_m} = 0$$

$$Q = a_1 \times E \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{a_2} \left(\frac{(|P_i^2 - P_j^2|)}{T_{avg} Z L_{ij}} \right)^{a_3} \left(\frac{1}{G} \right)^{a_4} ID_{ij}^{a_5}$$



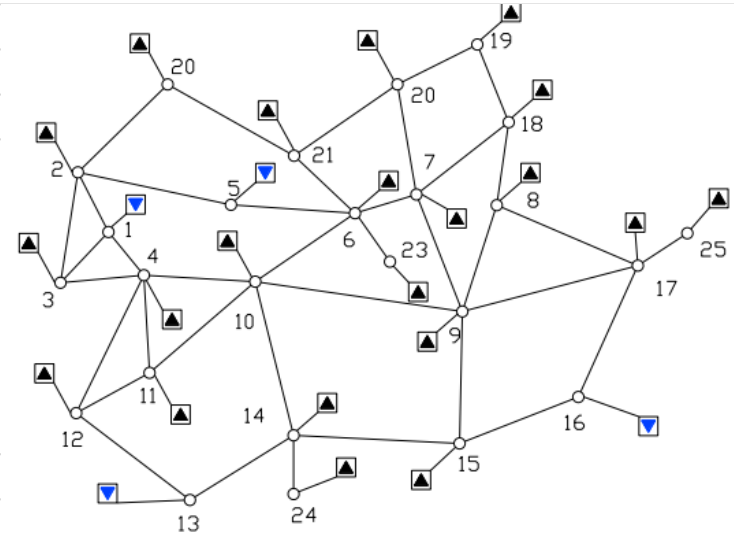
MODEL TRANSIENT

XXXXXX

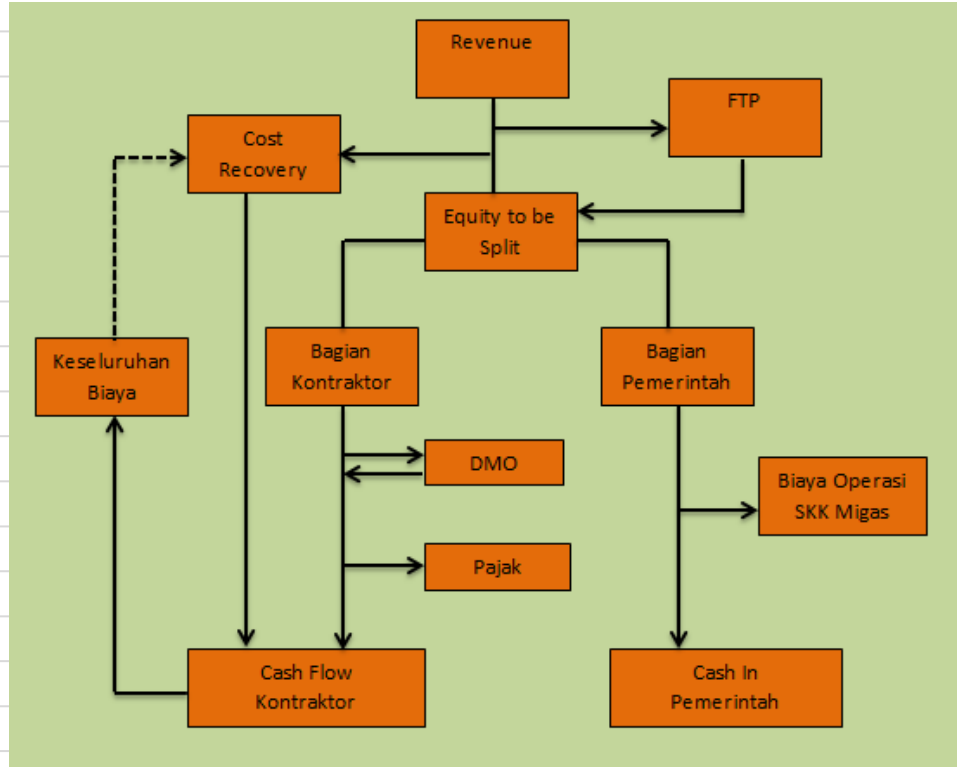


$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho w w)}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\lambda}{2} \frac{\rho w |w|}{d} - \rho g \sin \theta$$



ECONOMICAL MODEL





PertafloSIM

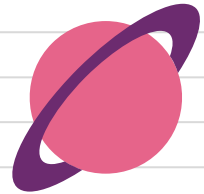
PertafloSIM Version 2.3

Software Developed by RTC Pertamina
under cooperation with RC OPPINET ITB





**BAGAIMANA
CARANYA?**



Dunia nyata

Masyarakat

Sains +
Teknik

Sosial
Humaniora

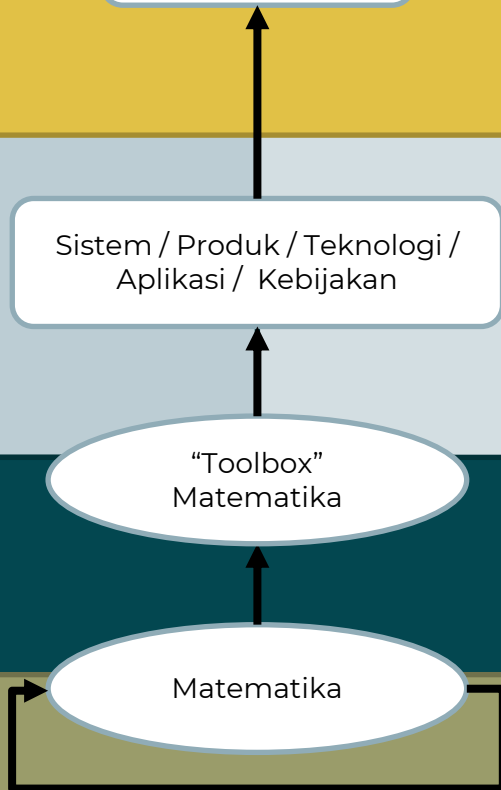
Sistem / Produk / Teknologi /
Aplikasi / Kebijakan

“Toolbox”
Matematika

Matematika Terapan


Matematika

Matematika Murni



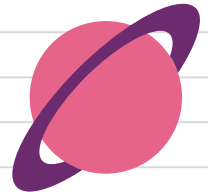


x x x x x



Pemodelan merupakan titik perbatasan
+ matematika dengan ilmu lain

Orang yang berada di perbatasan harus bisa
komunikasi ke luar





01

Dalami dasar matematika dengan baik

02

Banyak mencoba masalah2 sederhana matematika terapan

03

Banyak diskusi atau mencari tahu penggunaan matematika di bidang lain

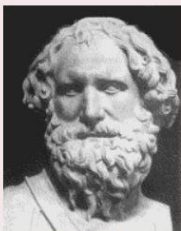
04

Eksplorasi dan mulai projek-projek sederhana





Isaac Newton



Archimedes



Carl Gauss



Leonhard Euler



Bernhard Riemann



Henri Poincaré



J.-L. Lagrange



David Hilbert



Euclid



G.W. Leibniz



Alex. Grothendieck



Pierre de Fermat

**BANYAK TOPIK
MATEMATIKA
BERKEMBANG DARI
INTERAKSINYA DENGAN
ILMU LAIN**

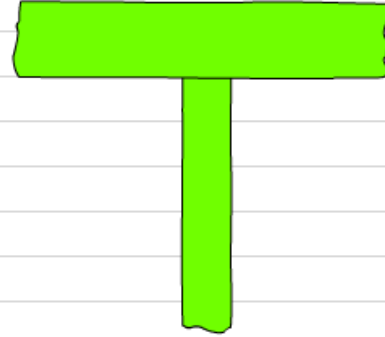




"I-shaped"
Expert at one thing

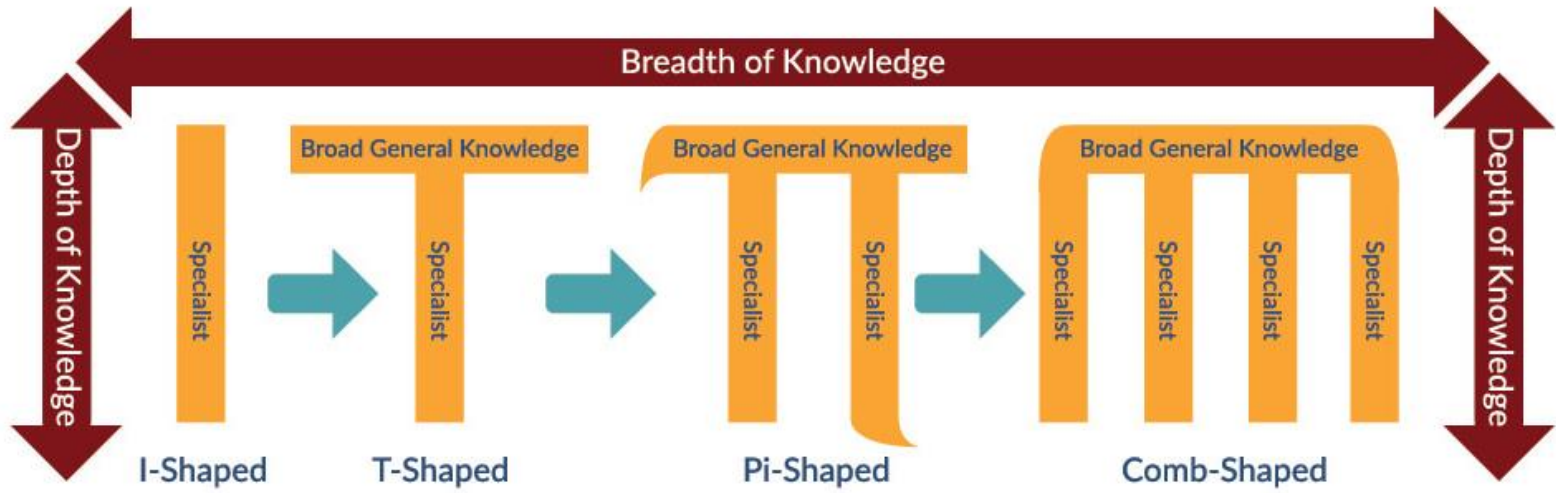


Generalist
Capable in a lot of things
but not expert in any



"T-shaped"
Capable in a lot of things
and expert in one of them



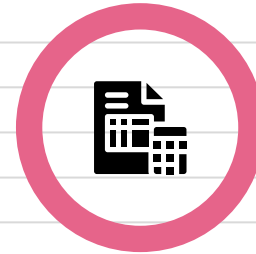


BASIC ADDITIONAL SKILL

XXXXXX



+



+

FISIKA

Memahami konsep dasar fisika akan memudahkan dalam memodelkan banyak fenomena alam

KOMPUTASI

Kemampuan komputasi memudahkan dalam mengefektifkan model

+



BEBERAPA SKILL LAIN



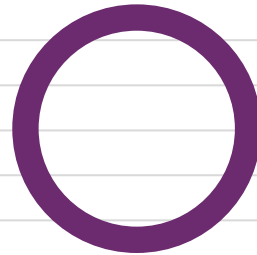
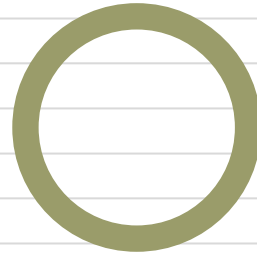
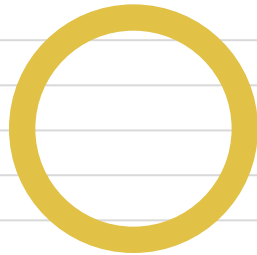
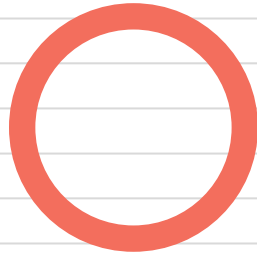
BIOLOGI

Biomatematika,
model penyakit, dll



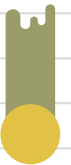
INFORMATIKA

Software
engineering, dll



EKONOMI

Model revenue,
prediksi saham, dll



STATISTIK

Data sains, Machine
Learning, AI



x x x x x



Matematika akan terus dibutuhkan di bidang lain.



Pilihannya adalah, ahli di bidang lain yang akhirnya belajar matematika, atau matematikawan yang maju dan menawarkan keahliannya





THANKS!



Ada pertanyaan?



Aditya Firman Ihsan

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, infographics & images by **Freepik**.

