

# Sebuah Kisah tentang Penciptaan dan Penemuan

Aditya Firman Ihsan

$$\frac{d}{dx} e^x = e^x$$

A dark, low-key photograph of a cafe interior. The scene is dimly lit, with a warm, brownish-orange color palette. In the foreground, a wooden table and a chair with a light-colored seat are visible. The background shows a counter area with a person standing behind it, and several other tables and chairs. The overall atmosphere is quiet and intimate.

Konon, di suatu café  
di pusat salah satu kota besar

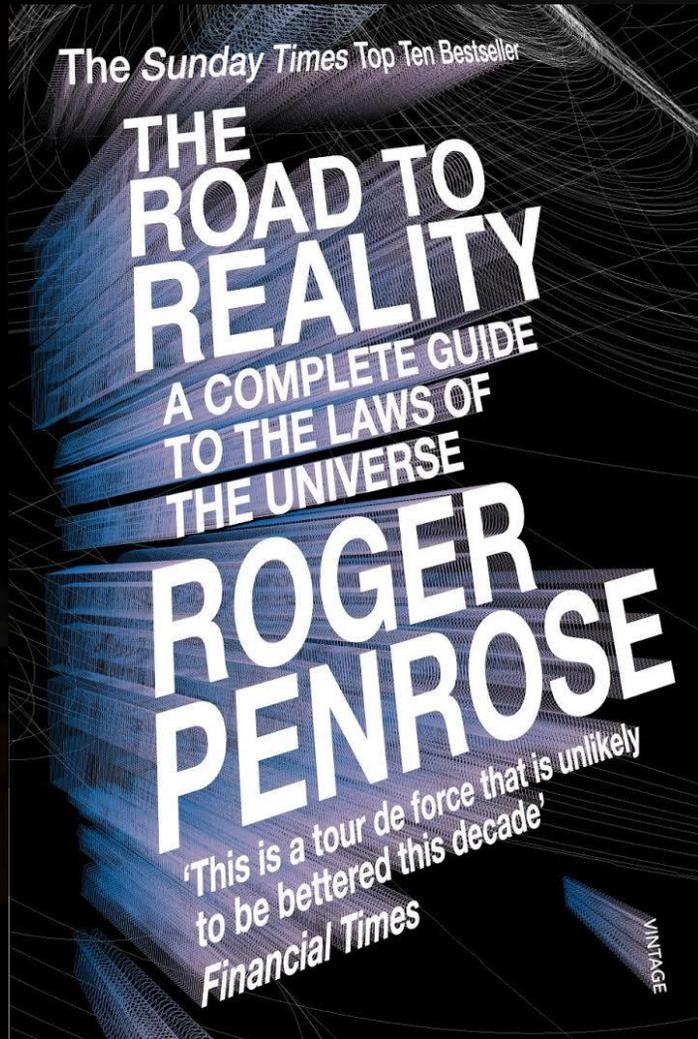


**Ema**, seorang mahasiswa magister fisika, tengah membaca buku di salah satu meja. Beberapa saat kemudian, sahabatnya, **Tika**, tiba menghampirinya.

**Tika:** Hai Ema, dah lama nunggu?

**Ema:** Eh? Oh Tik, ku pikir siapa. Ya lumayan. Gapapa ini sambil baca buku

**Tika:** (duduk) Serius amat, buku apa Ma?



**Em**a: Oh enggak, ini bukunya Penrose. “The Road to Reality” Kamu belum tentu tertarik. Eh tapi ini dia bahas realitas matematika juga loh.

**Tika**, yang seorang mahasiswa doktoral matematika terkejut.

**Tika**: Oya? Emang dia bahas gimana?

**Ema:** Banyak. Mending kamu baca sendiri.  
Tapi yang jelas aku jadi mikir banyak nih  
akhir-akhir ini. Tik, menurutmu,  
matematika itu diciptakan atau ditemukan  
sih?

**Tika:** Udah jadi filsuf nih dia sekarang.  
Kenapa tu tiba-tiba penasaran gituuan?

Reprinted from *Communications in Pure and Applied Mathematics*, Vol. 13, No. 1 (February 1960), New York: John Wiley & Sons, Inc. Copyright © 1960 by John Wiley & Sons, Inc.

## THE UNREASONABLE EFFECTIVENESS OF MATHEMATICS IN THE NATURAL SCIENCES

Eugene Wigner

*Mathematics, rightly viewed, possesses not only truth, but supreme beauty cold and austere, like that of sculpture, without appeal to any part of our weaker nature, without the gorgeous trappings of painting or music, yet sublimely pure, and capable of a stern perfection such as only the greatest art can show. The true spirit of delight, the exaltation, the sense of being more than Man, which is the touchstone of the highest excellence, is to be found in mathematics as surely as in poetry.*

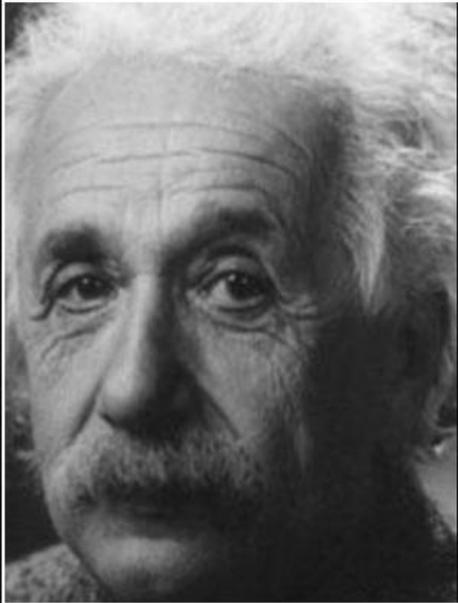
- BERTRAND RUSSELL, *Study of Mathematics*

**Ema:** Yaa, coba lihat deh hukum-hukum alam, dari yang klasik sampai yang modern. Semuanya dapat dinyatakan dalam persamaan-persamaan yang ringkas! Bahkan sampai disebut “*unreasonable effective*”

“Café latinya satu kan ya?” Pelayan tiba membawa secangkir kopi.

**Tika:** Oh iya, makasih teh!

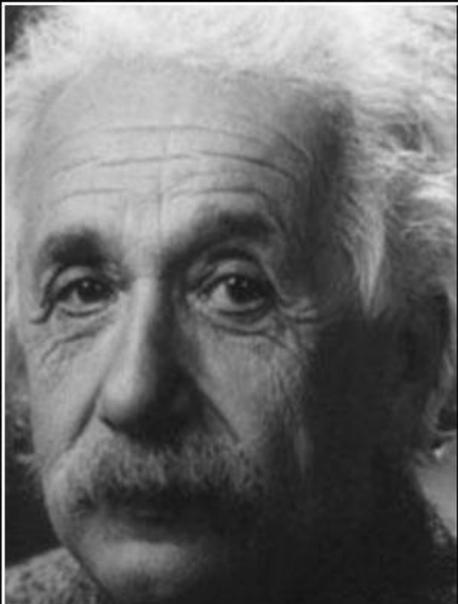
Selagi kepotong, Ema membuka HP-nya mencari sesuatu.



Pure mathematics is, in its way, the poetry of logical ideas.... [By seeking] logical beauty spiritual formulas are discovered necessary for the deeper penetration into the laws of nature.

— *Albert Einstein* —

AZ QUOTES



How can it be that mathematics, being after all a product of human thought which is independent of experience, is so admirably appropriate to the objects of reality?

— *Albert Einstein* —

AZ QUOTES

**Ema:** (menyodorkan HP-nya) Nih tik, lihat. Einstein aja sampai bilang matematika itu terlalu indah untuk sekadar produk pikiran. Jadi pasti matematika itu ditemukan kan?



Tika menyeruput kopinya  
tenang.

**Tika:** Hmm hm. Terus, terus?

**Ema:** Ih kamu kok gitu sih.

Tika: Haha. Kamu serius amat sih. Diminum dulu  
coba itu kopinya keburu dingin.

Ema: uff (sambil ikut menyeruput kopinya)

(Ema dan Tika terdiam sejenak, memberi jeda untuk suara hujan masuk ke kesadaran mereka)

**Ema:** Ehhh, hujan?

**Tika:** Kamu mau kemana emang habis ini?

**Ema:** Ga ada sih. Kosong sampai malam. Kaget aja tetiba hujan. Kayaknya tadi masih cerah.



**Tika:** Yasudah sih, aku juga lagi kosong. Sans.

(suara hujan mulai menderas)

**Tika:** Hmm, coba deh Ma, yang tadi, contohnya gimana sih persamaan fisis yang elegan gitu?

**Ema:** Nih ya, (menggambil pulpen dan buku catatannya).



1. Hukum Newton:  $F = ma$
2. Ekuivalensi massa-energi:  $E = mc^2$
3. Medan Gravitasi:  $G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$
4. Prinsip ketidakpastian:  $\Delta P \Delta x \geq \hbar$
5. Entropi Sistem:  $S = k_B \ln(W)$
6. Mekanika Gelombang:  $\hat{H}\Psi = \frac{i\hbar \partial \Psi}{\partial t}$
7. Hukum Elektrodinamik:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

**Ema:** Dan masih banyak lagi Tiik.



**Emma:** Masalahnya ya Tik, semua persamaan ini bisa mendeskripsikan realita dengan akurasi sangat sangat tinggi. Sampai-sampai, level fisika teoretis sekarang sudah murni matematis.

Tika: I see, I see.



Ema: Ya tapi kan jelas juga bahwa formulasi matematika itu dibangun dan didefinisikan oleh manusia sendiri. Matematika kan dirumuskan berdasarkan kebutuhan saja.

**Tika:** Malah kayaknya kebanyakan fisikawan melihat “matematika hanya cabang dari fisika”

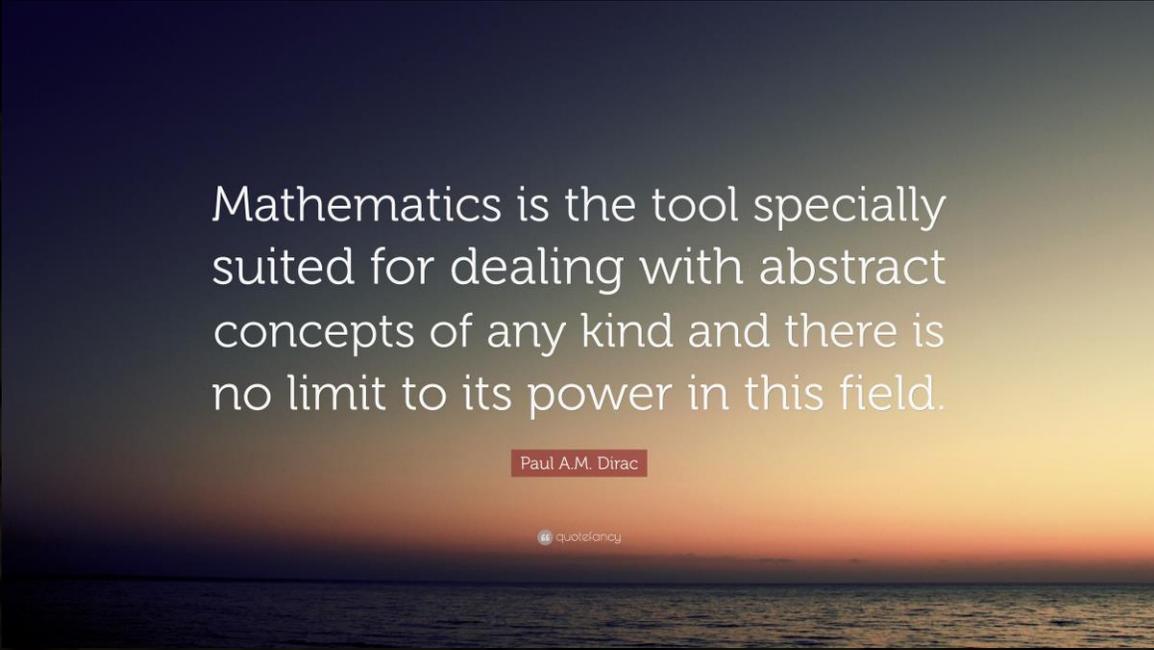


**Emma:** Hmm, bener sih. Bagi fisika mah matematika hanya alat ciptaan manusia untuk membantu perhitungan. Lihat aja Newton merumuskan kalkulus untuk menjelaskan gerak benda.

Ema diam sesaat selagi menyeruput kopinya sendiri yang sudah mulai dingin

**Ema:** Fisikawan beberapa menganggap matematika hanya toolbox untuk sains. Ni liat katanya Dirac sma Feynman sendiri.

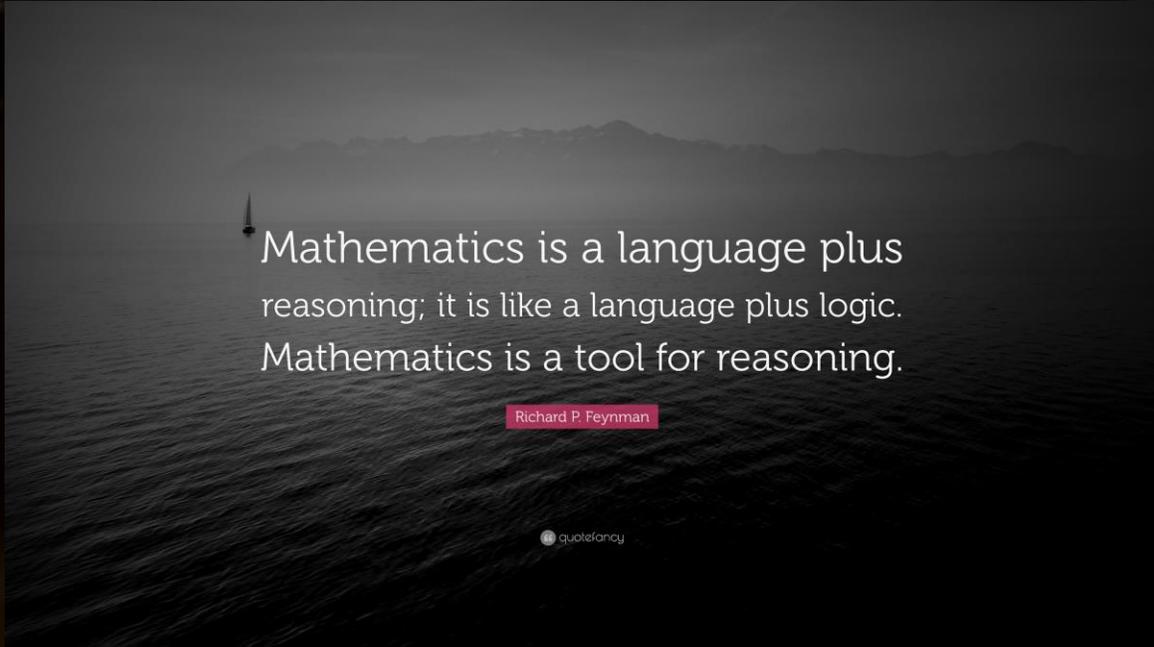
Kalau menurut matematikawan sendiri bagaimana sih Tik?



Mathematics is the tool specially suited for dealing with abstract concepts of any kind and there is no limit to its power in this field.

Paul A.M. Dirac

quote fancy



Mathematics is a language plus reasoning; it is like a language plus logic. Mathematics is a tool for reasoning.

Richard P. Feynman

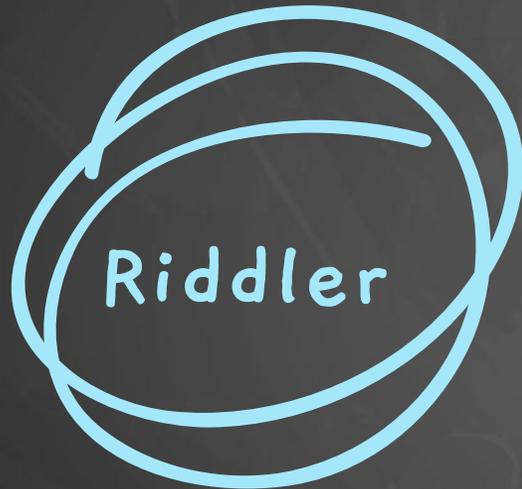
quote fancy

**Tika:** Ya sebenarnya sama saja, pada beda pendapat. Ni ya jawabannya itu tergantung semangat matematikawannya gimana

**Ema:** Ha? Maksudnya?

**Tika:** Nih, kalau aku amati sendiri, matematikawan itu terbagi menjadi 3 golongan besar (selagi menggambar di tab)

### 3 “Hypes” of math



Matematika adalah kumpulan teka-teki  
Tidak peduli matematika apa, yang penting itu menyenangkan!

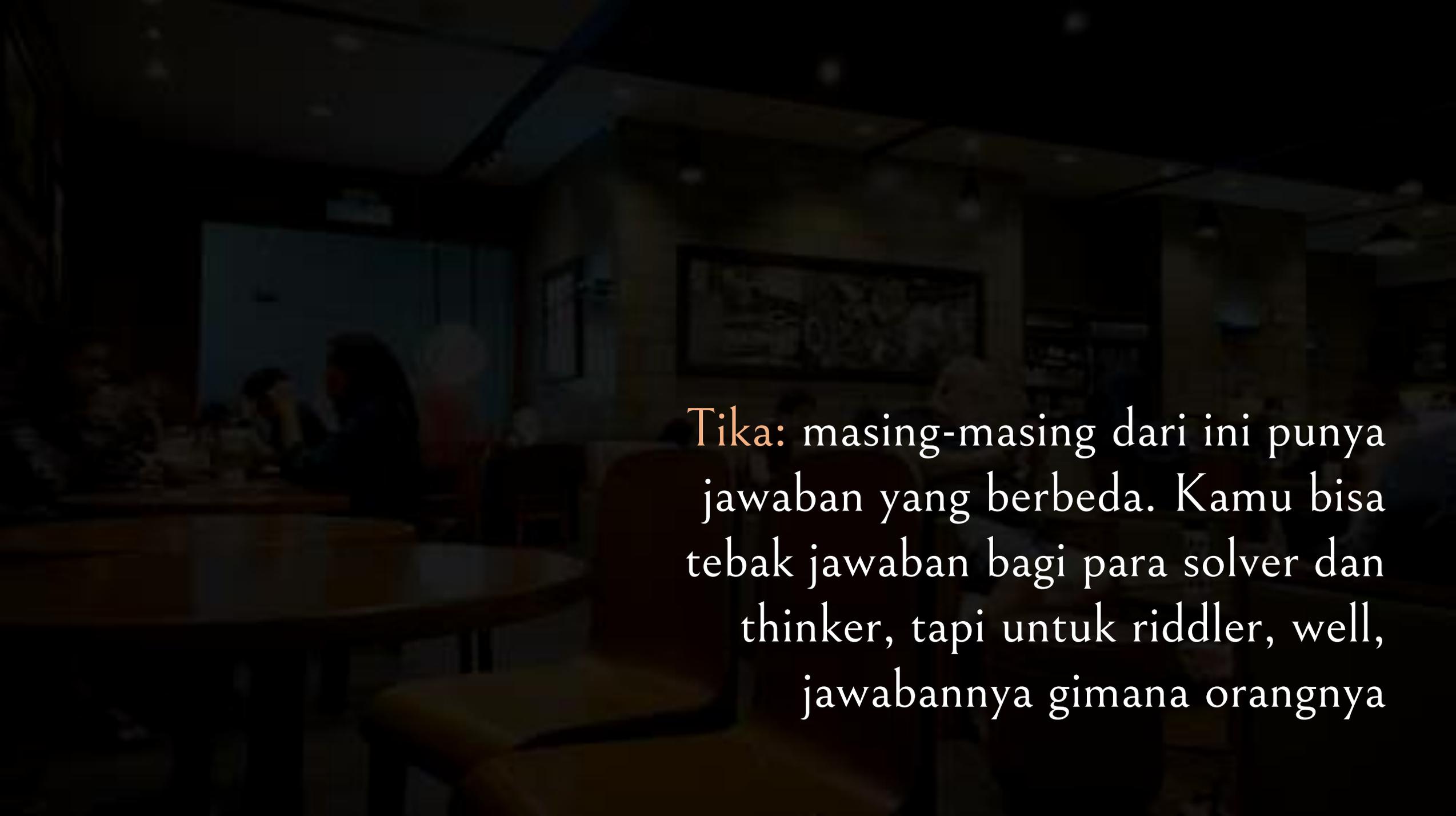


Matematika hanya alat  
Matematika berkembang karena dibutuhkan sains!



Matematika adalah misteri sendiri  
Matematika adalah dunia yang perlu dieksplorasi!



The background is a dark, low-key photograph of an interior space, likely a cafe or a meeting room. Several people are seated at tables, their forms softened by the low light. The overall atmosphere is quiet and focused.

**Tika:** masing-masing dari ini punya jawaban yang berbeda. Kamu bisa tebak jawaban bagi para solver dan thinker, tapi untuk riddler, well, jawabannya gimana orangnya



**Ema:** sulit juga ya. Kalau kamu sendiri gimana deh Tik?

**Tika:** Kenapa bertanya padaku? Haha. Well, itu perlu diperjelas juga apa sebenarnya yang dimaksud “diciptakan” atau “ditemukan”

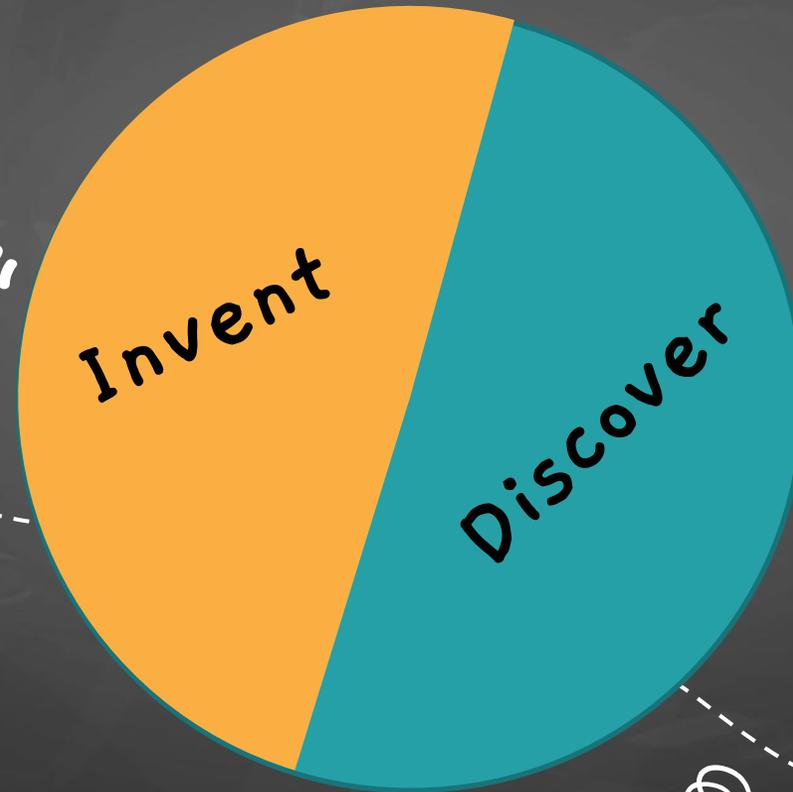
**Ema:** Hmm, yaudah langsung kita cari aja yuk.  
(selagi membuka HP)

**Tika:** (mengambil tab) ni sambil ku bantu catat, mumpung aku lagi nganggur, heheh.

**Emma:** pake bahasa inggris aja ya. Kata “diciptakan” dan “ditemukan” di Indonesia ambigu euy



**create** or **design**  
(something that has not existed before); be the originator of.



**find** (something or someone) unexpectedly or in the course of a search.

**Tika:** sipp, coba aku breakdown ya  
(terus menulis di tab-nya)



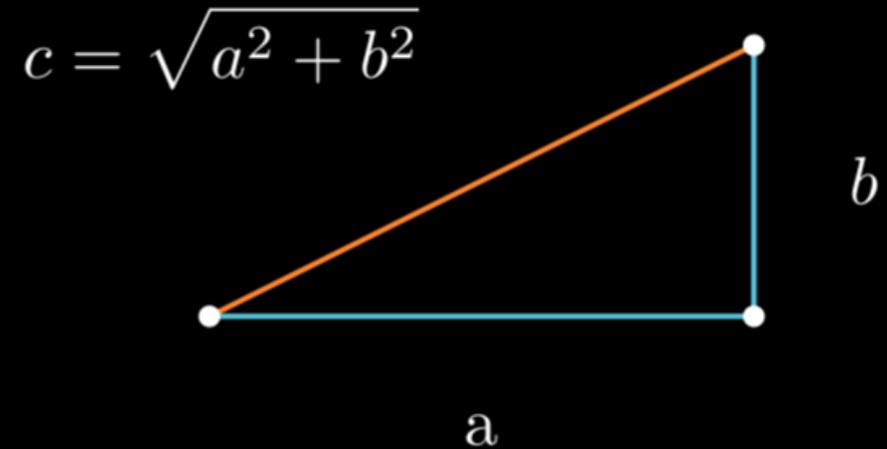
Invensi	Penemuan
Sebelumnya belum ada	Sebelumnya sudah ada
Keberadaannya ditentukan oleh subjek	Keberadaannya independen dari subjek
Terkait dengan keperluan tertentu	Esensinya ada sendiri
Contoh: Teknologi	Contoh: Sains



**Tika:** (menatap tab-nya lekat) Hmm, repot juga ya

**Ema:** Hm? Kenapa Tik? Udah bagus ini. Tinggal tentuin matematika masuk kriteria mana.

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) := \forall \epsilon > 0, \exists \delta > 0, \\ \left[ |x - x_0| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(x_0)| < \epsilon \right]$$

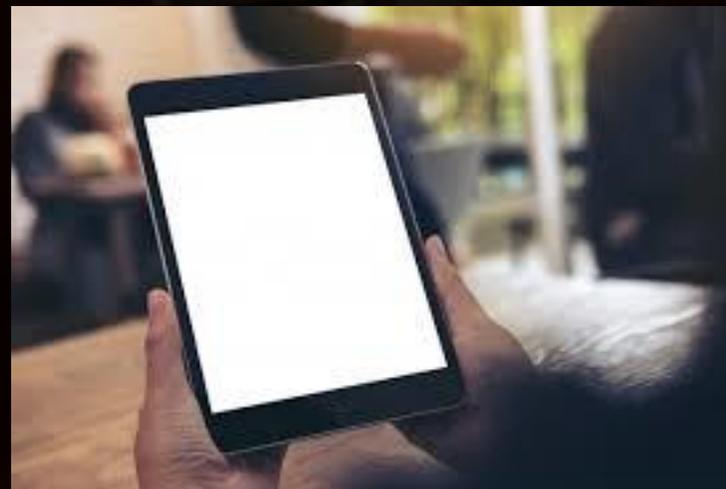


**Tika:** yee, ga tinggal itu mah. Lihat baik-baik, ambil contoh limit. Konsep limit, apalagi yang definisi epsilon-delta, itu ciptaan, dirumuskan khusus untuk memformalkan gerak instan. Di sisi lain, coba lihat teorema Pythagoras. Itu mah sejak bumi belum terbentuk juga segitiga ya begitu.

**Emma:** Weh. Terus gimana ni Tik? Emang matematika itu sendiri apa? Kok bisa sampai dua-duanya bener begini.

**Tika:** Wah malah ngajuin pertanyaan yang lebih sulit ni anda. Mendefinisikan matematika adalah hal yang ga bisa punya jawaban tunggal.

**Tika:** (berpikir)  
Tapi, mungkin untuk memberi gambaran, bisa kita lihat dari topik-topiknya. Sebentar.  
(membuka sesuatu di tabnya)



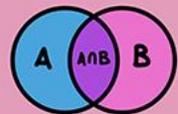
# FOUNDATIONS

## FUNDAMENTAL RULES

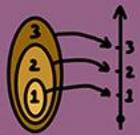
### MATHEMATICAL LOGIC

$$p \Rightarrow q$$

### SET THEORY



### MEASURE THEORY



### DIFFERENTIAL GEOMETRY



### COMPLEX ANALYSIS



### BUTTERFLY EFFECT



## THEORY OF COMPUTATION

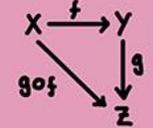


P ≠ NP?

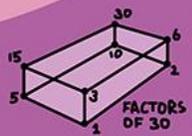
COMPLEXITY THEORY

CONSISTENT SET OF AXIOMS?  
GÖDEL INCOMPLETENESS THEOREMS  
NOPE

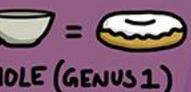
### CATEGORY THEORY



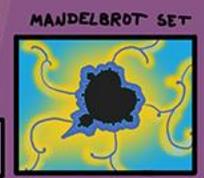
### ORDER THEORY



### TOPOLOGY



### FRACTAL GEOMETRY



### CHAOS THEORY



### DYNAMICAL SYSTEMS



### FLUID FLOW



## CARDINAL NUMBERS

$\aleph_0$  ALEPH NULL

PRIME NUMBERS  
3, 11, 47, 907

INFINITY  
 $\infty$

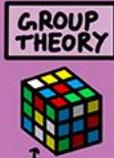
### NUMBER THEORY



### COMBINATORICS



### PARTITION THEORY



### GRAPH THEORY



## PURE MATHEMATICS

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

VECTORS  
 $\vec{x}$

### LINEAR ALGEBRA

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

ALGEBRA  
 $x^2 - 4x - 8 = 5x + 28$   
 $x^2 - 9x - 36 = 0$   
 $(x+3)(x-12) = 0$

EQUATION  
 $y = mx + c$

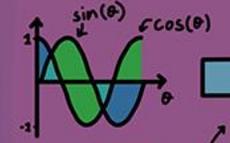
## STRUCTURES

### SPACES

### GEOMETRY



### TRIGONOMETRY



### VECTOR CALCULUS

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

INTEGRAL

$$\text{AREA} = \int_2^9 f(x) dx$$

DIFFERENTIAL EQUATIONS

PI  $\pi$   
EXPONENTIAL  $e$

REAL NUMBERS  
 $-4\pi, \sqrt{2}, e$

INTEGERS  
 $\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

NATURAL NUMBERS  
 $1, 2, 3, 4, 5, \dots$  ARITHMETIC

## NUMBER SYSTEMS

COMPLEX NUMBERS  
 $3, i, 4+3i, -4i$

RATIONAL NUMBERS  
 $-7, \frac{1}{2}, 2.32$

NATURAL NUMBERS  
 $1, 2, 3, 4, 5, \dots$  ARITHMETIC

INDIA c.628  
FIRST ZERO 0

NEGATIVE NUMBERS  
 $-8 \pi$

CHINA 200 BCE

GREECE 600-300 BCE

EGYPT FIRST EQUATION 3000 BCE

PERIA  
1573

50,000 BCE

50,000 BCE

50,000 BCE

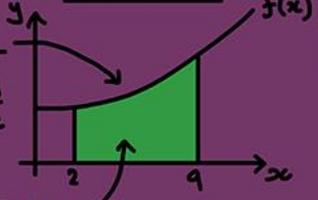
50,000 BCE

50,000 BCE

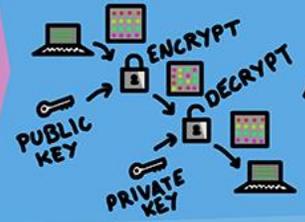
50,000 BCE

## CHANGES

### CALCULUS



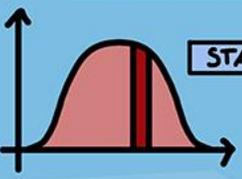
## CRYPTOGRAPHY



### PROBABILITY



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



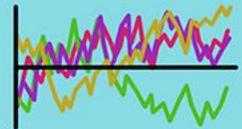
### STATISTICS

### GAME THEORY



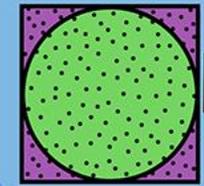
### MATHEMATICAL FINANCE

### ECONOMICS

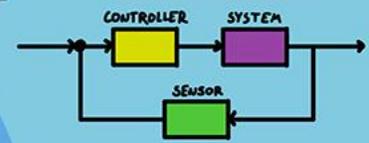


## APPLIED MATHEMATICS

### NUMERICAL ANALYSIS



### ENGINEERING



### CONTROL THEORY

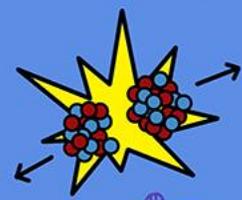
### BIOMATHEMATICS



### MATHEMATICAL CHEMISTRY



### MATHEMATICAL PHYSICS



### THEORETICAL PHYSICS



## MACHINE LEARNING



### OPTIMIZATION

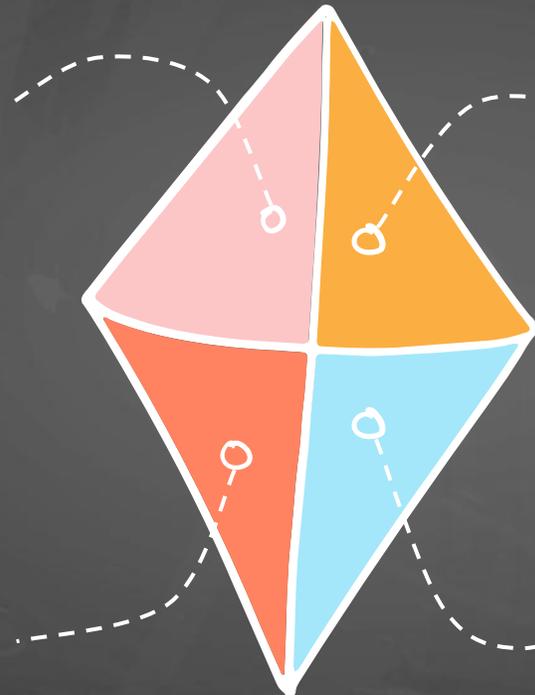
```
while awake:
do_science()
if self.tired():
awake = False
self.repair_brain()
```

**Tika:** matematika secara umum mengamati 4 hal, dan keempat-empatnya ada di realita

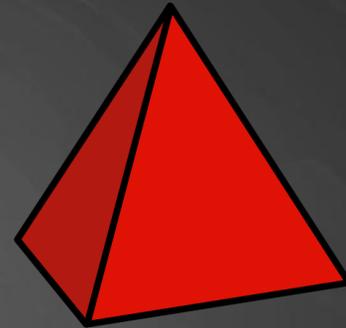


10<sup>35</sup> 3<sup>12</sup> 64 4  
8 19

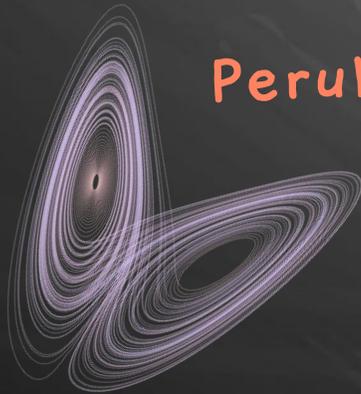
Bilangan!



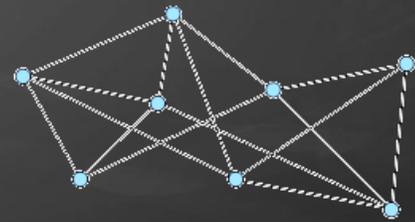
Bentuk



Perubahan



Struktur

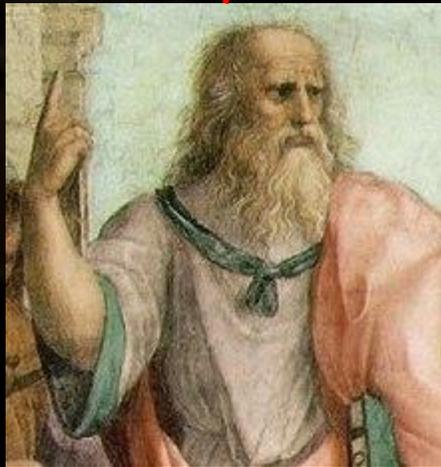


**Emma:** He? Ada gimana tuh Tik? Jadi “bilangan itu ada”?

**Tika:** Aduh Emma, kamu ni ada aja pertanyaannya. Tapi aku jadi terasa Platonik banget sih ya.

**Emma:** wait, Platonik? Itu bukan jenis gempa kan?

Tika: Itu teknonik sisttt...



**Tika:** (memperlihatkan suatu gambar) Ni, Plato tu orang ini. Kamu pasti sudah sering denger lah.

**Emma:** iye, tauk. Tadi kan canda

**Tika:** Dia nunjuk ke atas karena dia terkenal dengan pemikirannya bahwa di atas dunia fisik ini, ada dunia lain yang sempurna, yang berisi bentuk-bentuk ideal dari realita.



**Tika:** (menggambar sesuatu) Melihat gambar-gambar ini, kamu pasti menangkap ide yang sama kan? Bahwa ini merujuk ke orang? Tapi perhatikan gambar yang paling kanan. Itu kan sebenarnya Cuma sebuah lingkaran dan setengah lingkaran

Kita pun di dunia nyata, akan mudah membedakan mana orang mana benda yang lain. Kata Plato, pastilah ada suatu gagasan ideal tentang “orang”, semacam “blueprint” yang menjadi bentuk utama dari orang.

**Tika:** Bisa dibayangkan seperti wayang sih. Realita kita tu seperti apa yang ditonton, yakni bayangan wayangnya.

Padahal, di balik itu ada bentuk sesungguhnya dari wayang, yang ideal dan lebih “nyata”. Realitas hanya proyeksi dari dunia ide.





**Tika:** Contohnya ni, kalau misal kita melihat objek-objek yang indah, gagasan ideal tentang keindahan itu sendiri sebenarnya sudah ada. Pikiran kita hanya semacam “mengunduh”-nya saja.



ee

mm



**Ema:** Hmm, jadi objek matematika tu bisa dianggap gagasan ideal yang berdiri sendiri ya. Dan bisa dibayangkan ada dunia lain yang isinya objek matematis.

**Tika:** Nah betul. Bilangan, bentuk geometri, dan objek matematika lain, itu ada, tapi di dunia ide.

**Emma:** (berpikir) Kayaknya aku pernah lihat penjelasan seperti ini, tapi dimana ya...

(masih berpikir)

...

...

...

**Emma:** Ah lupa. Malah kepikiran hal lain. Tik, bagaimana kita tahu bahwa objek-objek itu ada sendiri. Siapa tau Cuma ada di pikiran kita? Jadi ga ada dunia platonik, adanya ya dunia pikiran.



**Tika:** Hmm, gim.... Eh bukannya itu Si Matt? Sejak kapan dia di sini?

**Ema:** (menoleh ke arah isyarat Tika) Eh iya bener uga itu si Matt.

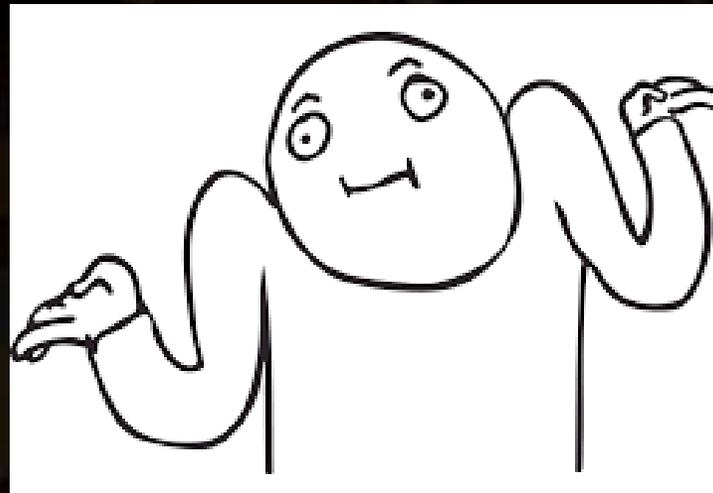


Seorang laki-laki duduk tak jauh dari mereka, tengah mengerjakan sesuatu di laptop di hadapannya. Tetiba ia menyadari bahwa dua orang perempuan tengah melihat ke arahnya. Mengenali siapa dua perempuan itu, pria itu tersenyum dan melambaikan tangan.

**Tika:** Lagi serius amat dia yak. Ku ga nyadar ada dia di situ sejak tadi.

**Ema:** Apalagi aku, dia kan di belakang aku neh posisinya, gimana mau liat.

**Tika:** Yasudahlah, lagi sibuk dia keknya.



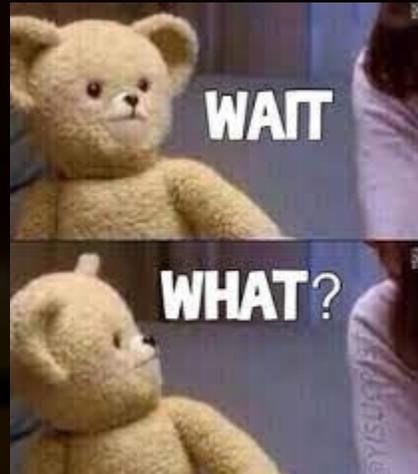
**Tika:** hmm, Eh sampai dimana ya tadi

**Ema:** Ku juga lupa. Tapi malah dari yang dunia ideal matematis itu, aku jadi keinget sesuatu. Kamu pernah denger istilah multiverse ga?

**Tika:** Iya, udah jadi material sci-fi itu mah.

**Ema:** Nah ada fisikawan, Namanya Max Tegmark, itu bikin hipotesis keberadaan multiverse itu 4 level.

Tika: I see,





**Emma:** Tiga level terbawah itu multiverse fisis. Panjang ah kalau detail. Baca aja ntar. Intinya yang pertama tu wilayah semesta yang di luar jangkauan observasi manusia. Yang kedua, itu gelembung-gelembung ruang yang terbentuk ketika inflasi setelah Big Bang. Pusing kan? Ga usah dipikirin yang ini

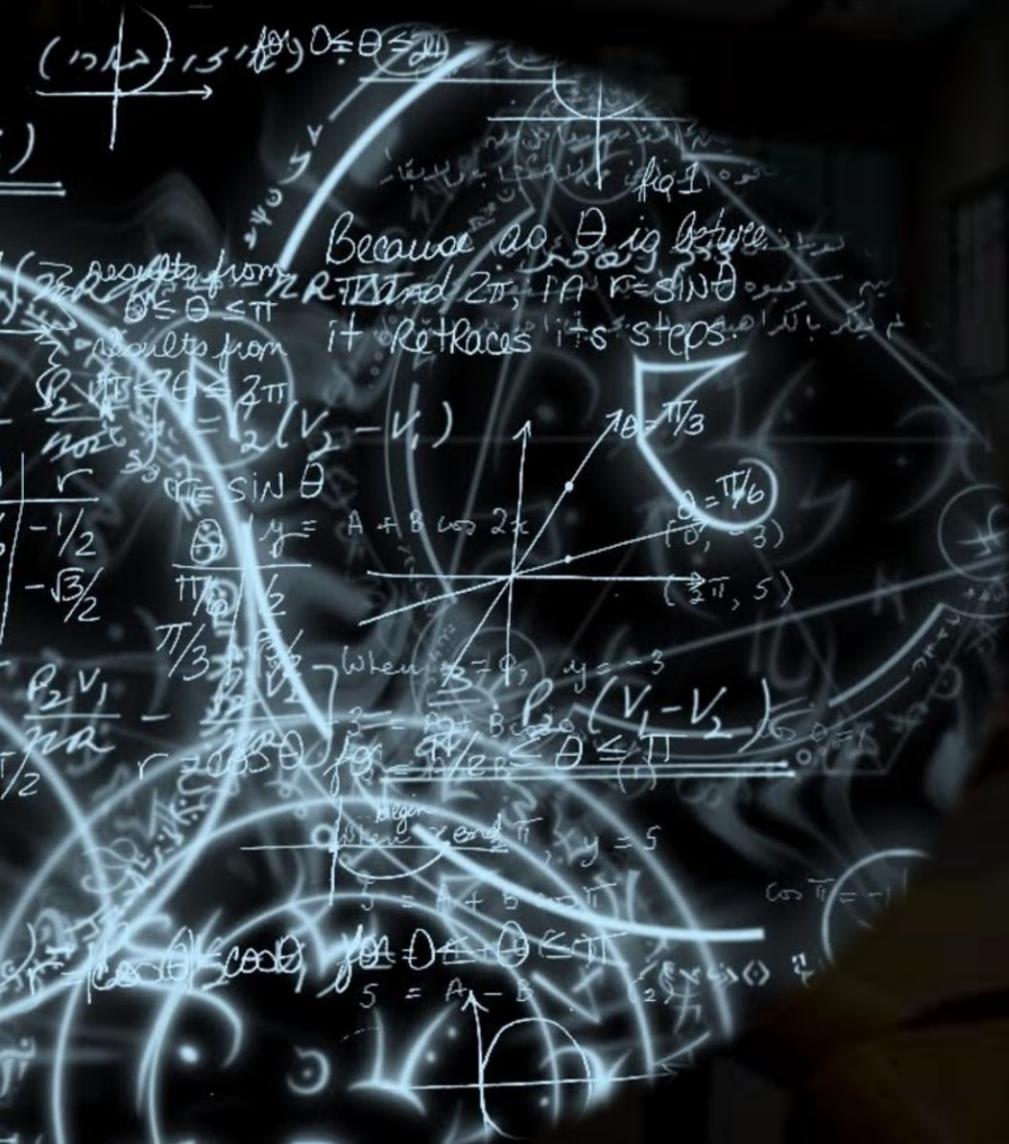
Yang kebayang mungkin yang ketiga, karena yang biasa dibahas di pilem, yang ada versi lain dirimu, itu level 3. Jadi multiverse level 3 adalah semesta yang bercabang.

**Emma:** Nah, kata Tegmark, yang level 4 tu adalah ketika ada semesta lain dengan struktur matematika yang berbeda.

**Tika:** Eh, jadi maksudmu mungkin aja ada semesta lain dimana aturan matematikanya berbeda?

**Emma:** He em. Ini tu cara Tegmark untuk menjawab “unreasonable effectiveness of math” yang tadi kita bahas. Jadi ya semesta kita yang ini bentuknya ringkas gitu persamaan fisisnya, bisa jadi ada kemungkinan persamaan bentuk lain.

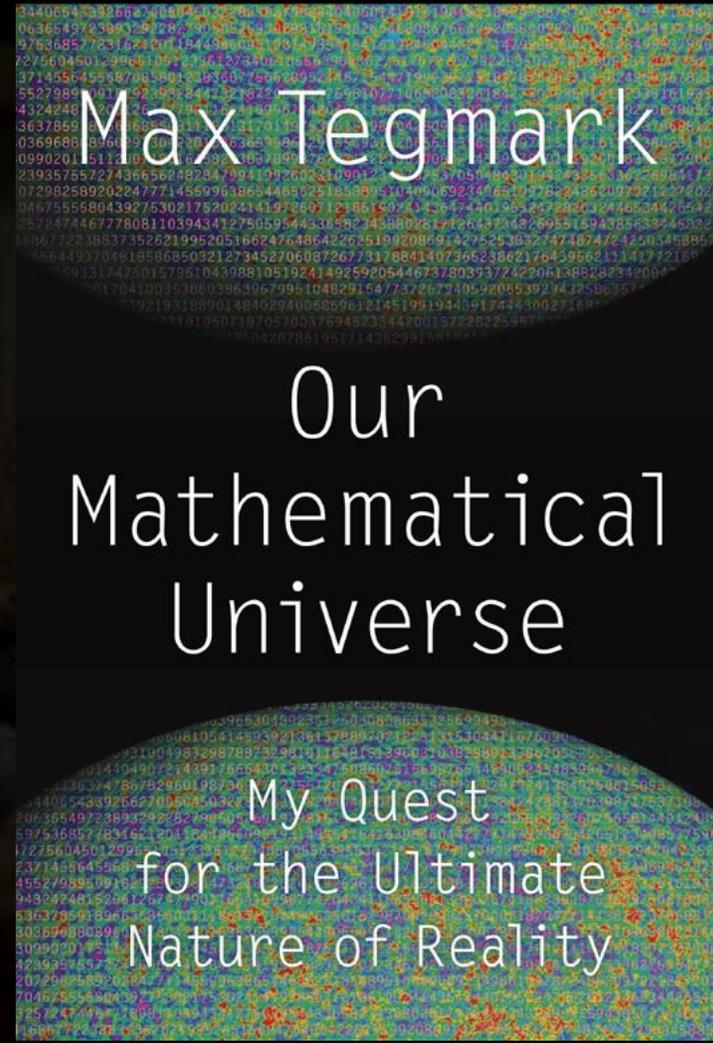
**Tika:** wow. Tapi ini masih duga-duga kan?



**Emma:** Iyaa, ya masih hipotesis, tapi itu ditanggapi serius tauk Tik. Tegmark terkenal urusan gini. Dia aja sampai ngajuin yang namanya MUH (Mathematical Universe Hypothesis) atau juga dikenal sebagai Ultimate Ensemble Theory.

Intinya, seluruh semesta ini ADALAH matematika. Dunia fisis hanya seperti video yang ter-”render” aja dari “data”.

Ini versi ekstrim dari dunia Plato sih



Tika: ...



**Tika:** Aku yang mainan di matematika aja jarang denger ginian.  
Ni orang-orang Fisika imajinasinya berlebih apa yak.

**Ema:** Bener jarang dibicarakan?

**Tika:** Ya seperti yang ku bilang Ma. Gimana hypes. Pelukis ya senengnya melukis. Yang suka kurasi dan bikin segala macam teori terkait lukisannya justru orang lain. Gitu lah matematikawan, ngerjain matematika menyenangkan, yaudah.

**Tika:** Tapi, aku jadi mikir. Pertanyaan-pertanyaan gini kan kayaknya cuma kenceng di fisika. Ilmu lain gmana ya.

**Emma:** Iya juga ya... hmm.



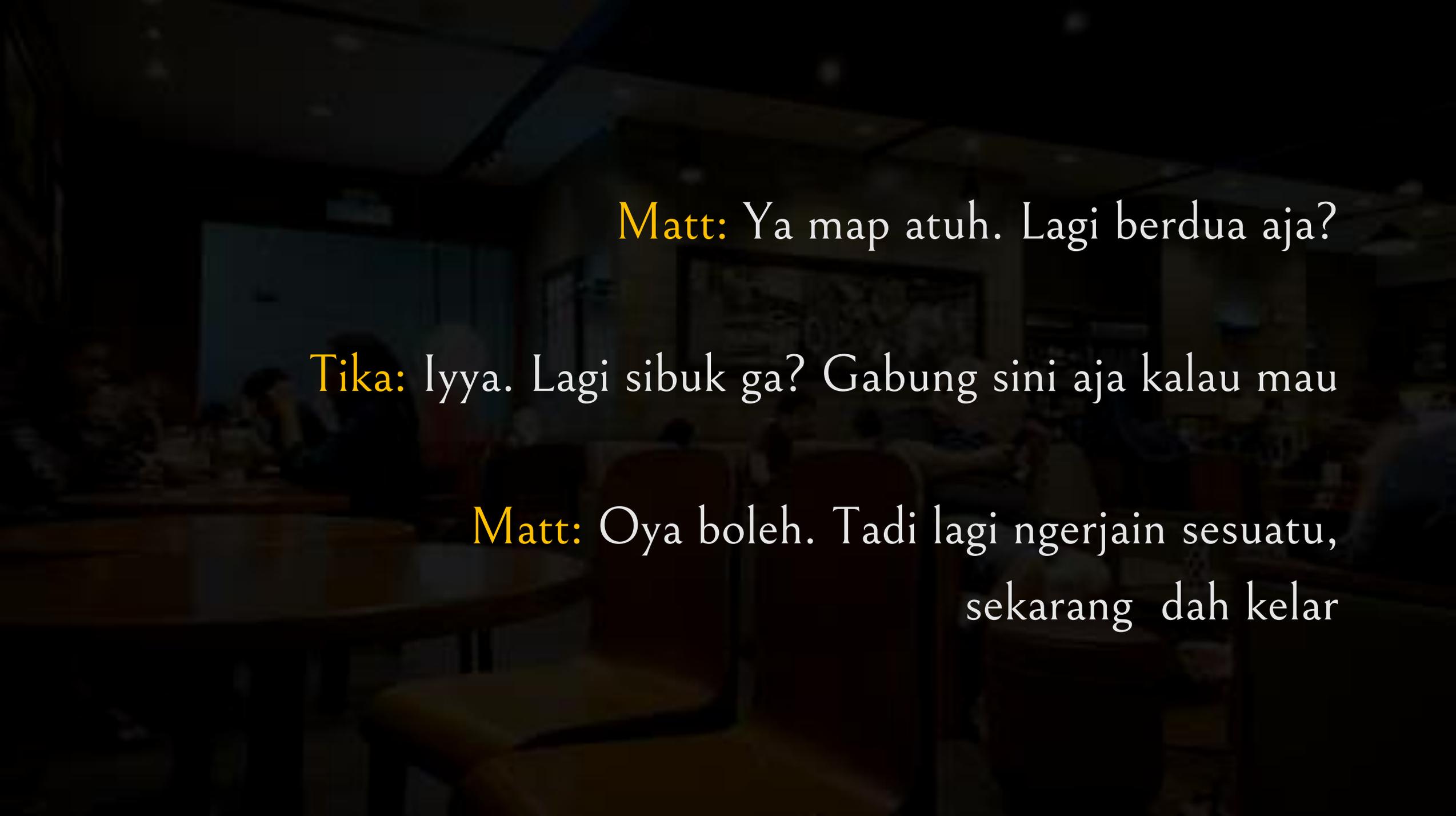
**Tika:** Coba deh Ma, liat di bidang lain, emang matematika bisa efektif mendeskripsikan biologi, kimia, ekonomi, psikologi?

“Hayo bahas apa ni nyebut-nyebut psikologi”  
Matt, teman Tika dan Ema yang tadi, tetiba sudah  
berdiri di sebelah meja mereka.



**Tika:** Duh Matt! Sejak tadi kehadiranmu ga bisa  
dirasakan, tiba-tiba di sana, tiba-tiba di sini.

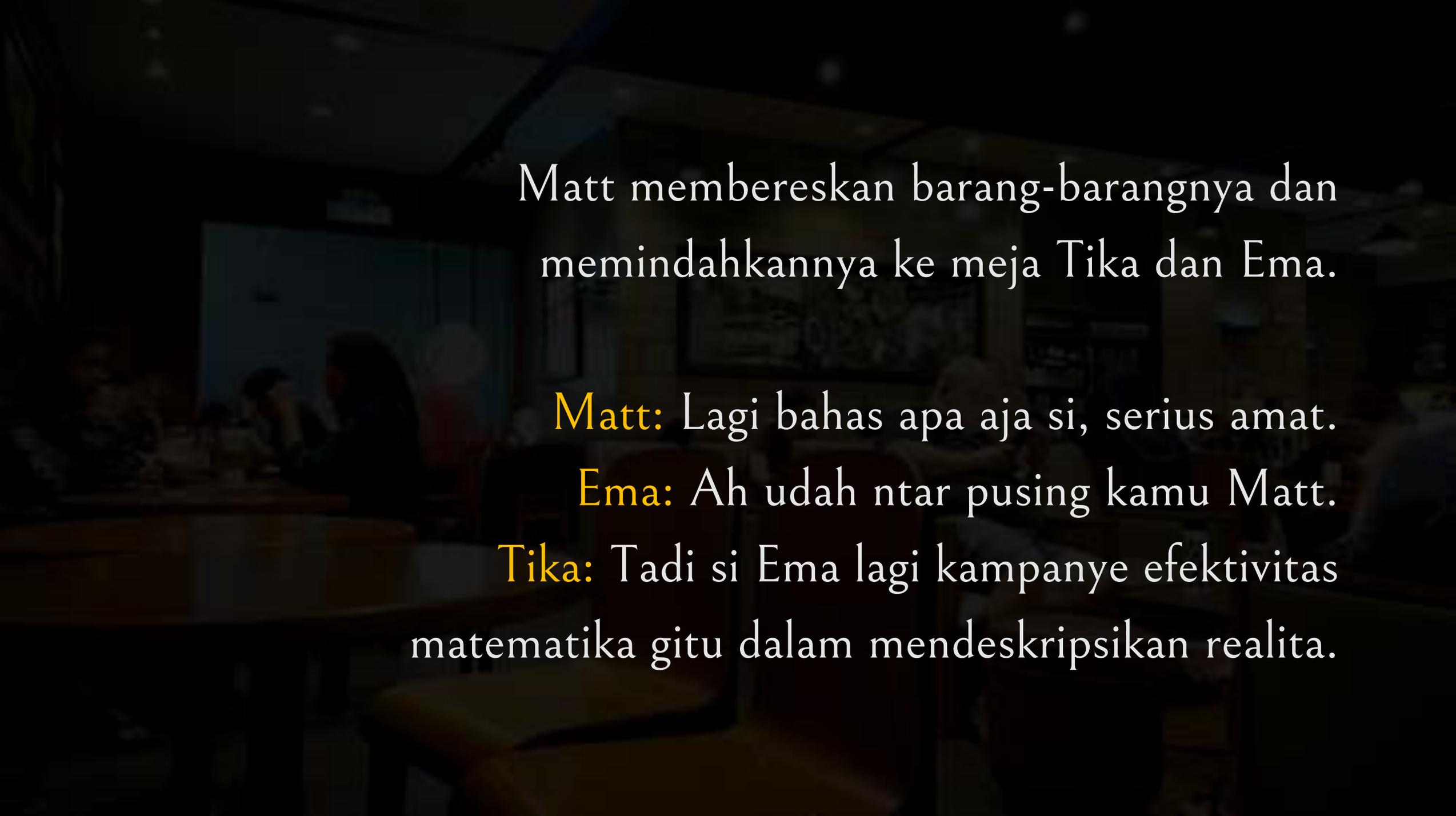
Ema: Iya ni. Aku ikut kaget.



**Matt:** Ya map atuh. Lagi berdua aja?

**Tika:** Iyya. Lagi sibuk ga? Gabung sini aja kalau mau

**Matt:** Oya boleh. Tadi lagi ngerjain sesuatu,  
sekarang dah kelar



Matt membereskan barang-barangnya dan memindahkannya ke meja Tika dan Ema.

**Matt:** Lagi bahas apa aja si, serius amat.

**Ema:** Ah udah ntar pusing kamu Matt.

**Tika:** Tadi si Ema lagi kampanye efektivitas matematika gitu dalam mendeskripsikan realita.

**Matt:** Oh ya? Matematika bisa menjelaskan gimana manusia emosi ga? Atau gimana manusia berpikir? Atau gmana tubuhmu itu begitu canggih mengolah makanan?



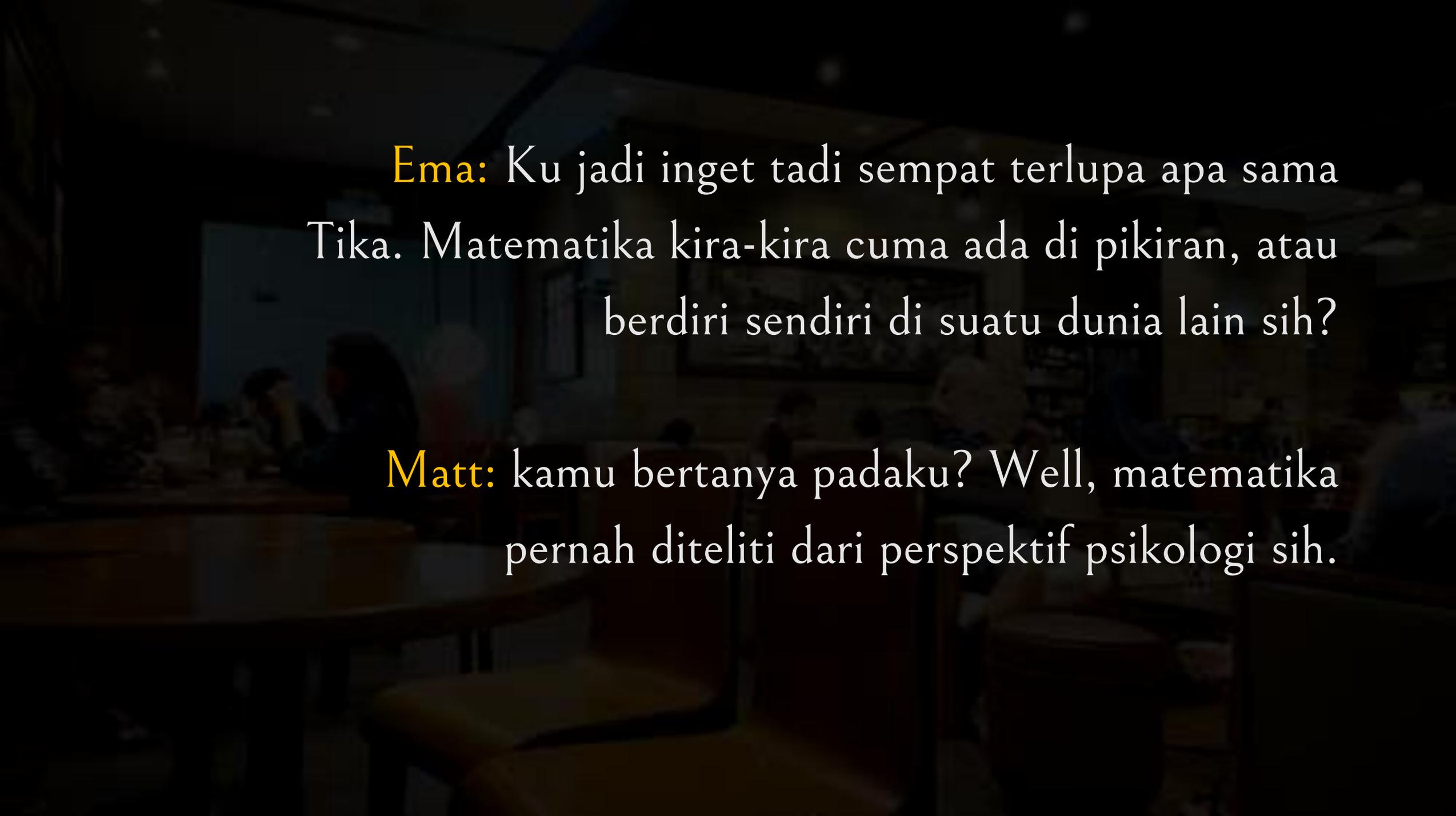
Ema & Tika: .....

**Matt:** Aku jarang ketemu rumus matematika sih. Jadi ya, dibilang efektif ku liat-liat mah paling cuma di fisika dan teknik.

**Ema:** kamu ada benarnya sih, karena fisika ilmu yang mengurus fenomena langsung, bukan yang kompleks seperti makhluk hidup, apalagi manusia.



**Matt:** hmm, dipikir-pikir wajar aja sih.  
Ilmu fundamental mah harus sederhana.  
Begitu diterapkan ke sistem kompleks  
jelas makin kompleks.



**Emma:** Ku jadi inget tadi sempat terlupa apa sama Tika. Matematika kira-kira cuma ada di pikiran, atau berdiri sendiri di suatu dunia lain sih?

**Matt:** kamu bertanya padaku? Well, matematika pernah diteliti dari perspektif psikologi sih.

**Matt:** Eh, bukan psikologi sih. Ilmu kognitif, apa ya Namanya.

Ya intinya ada orang namanya George Lakoff. Dia mengembangkan teori Namanya metafora konseptual.

**Tika:** Duh.

**Ema:** Apa itu Matt?





**Matt:** Kita kalau berbahasa sering pake metafora kan ya. Nah kata Lakoff, metafora itu berlaku umum, tidak cuma pada kata-kata, tapi juga pada konsep-konsep.

Dalam pikiran kita, pemahaman tu seperti terbagi-bagi dalam domain-domain konsep.

Masing-masing domain terpetakan satu sama lainnya melalui metafora.

**Matt:** Misal, bagaimana kita memahami konsep waktu?

Yang kita lakukan adalah memetakan konsep itu ke domain lain yang lebih konkrit, seperti aset. Sehingga, kita pun memunculkan pemahaman seperti

*“aku tidak punya waktu”*

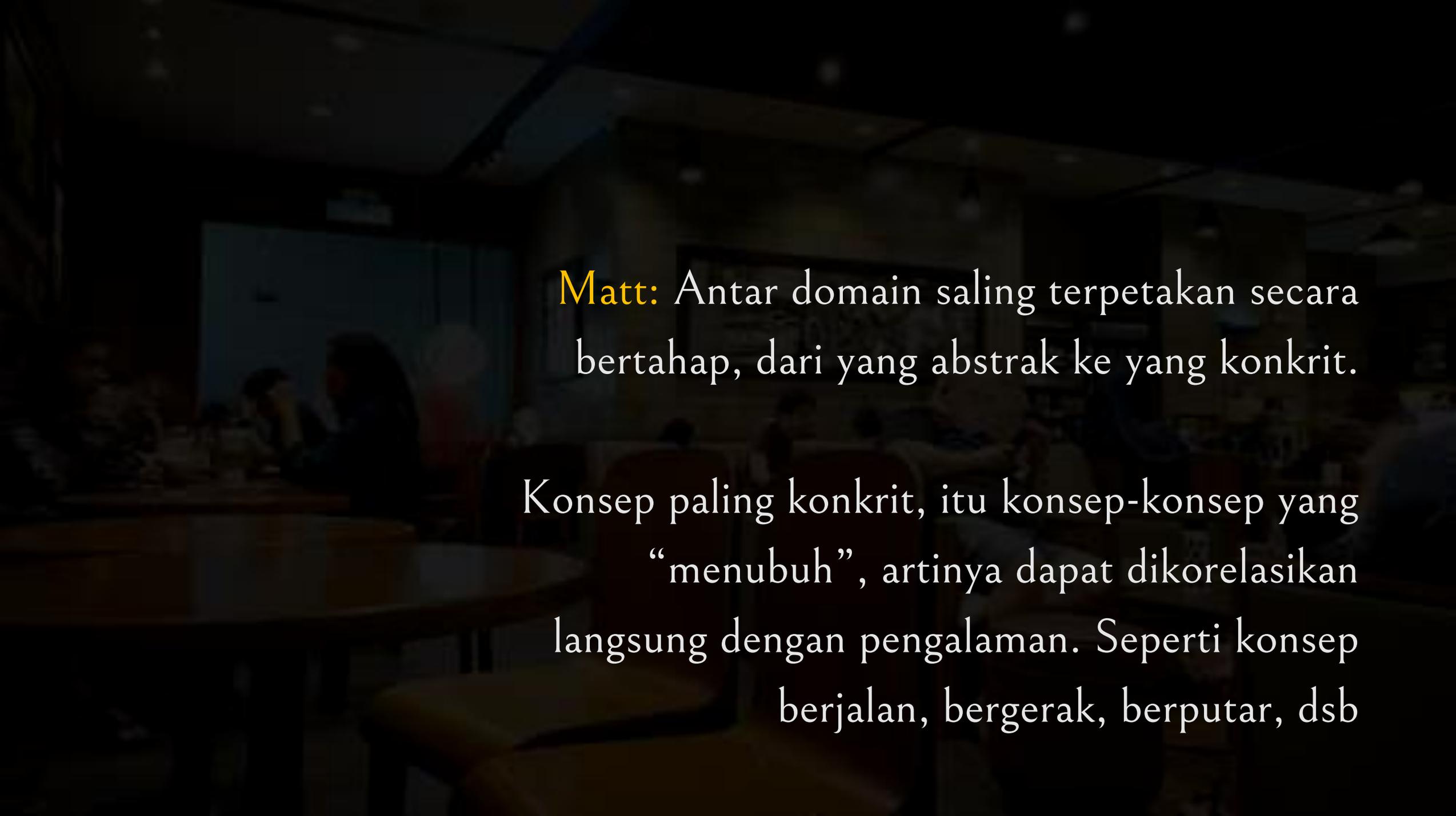
*“aku habiskan waktu bersamamu”*

*“aku mau pakai waktu itu untuk berlibur”*

*“cara seperti ini bisa menghemat waktu”*

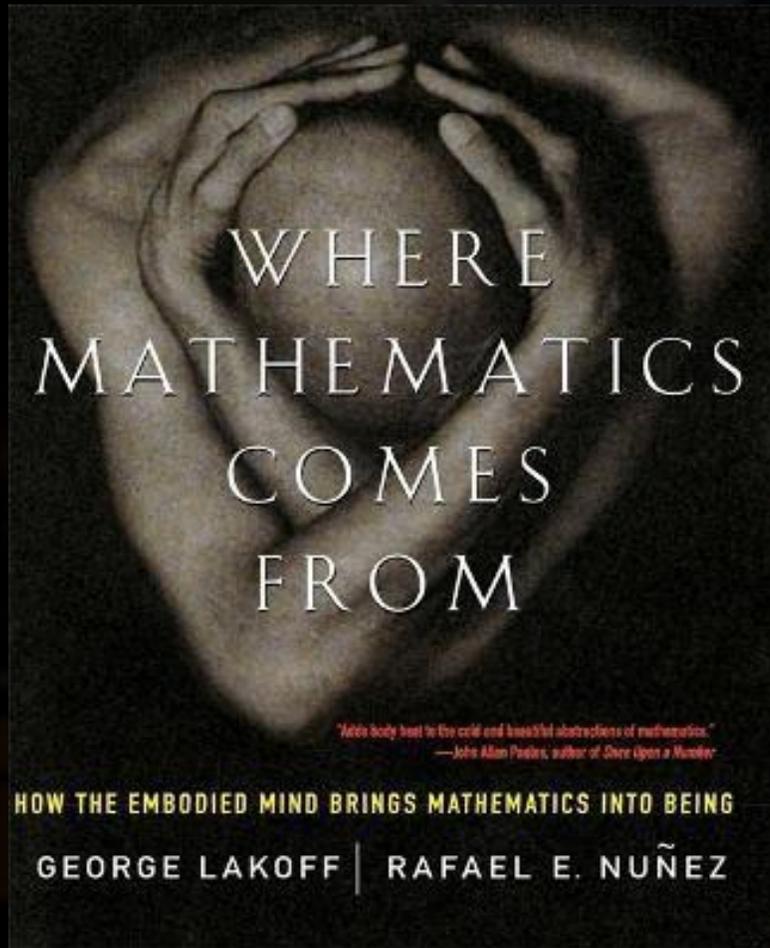
seakan waktu adalah aset.





**Matt:** Antar domain saling terpetakan secara bertahap, dari yang abstrak ke yang konkrit.

Konsep paling konkrit, itu konsep-konsep yang “menubuh”, artinya dapat dikorelasikan langsung dengan pengalaman. Seperti konsep berjalan, bergerak, berputar, dsb



**Tika:** wah menarik. Terus berarti,  
Lakoff juga terapkan itu di  
matematika?

Matt: Yep, tentu. Dia nulis buku  
khusus terkait itu, menganggap konsep-  
konsep matematis itu datang dari  
metafora domain konkrit

**Matt:** Misal ya, konsep bilangan dipetakan pada konsep posisi di garis. Ada yang lebih depan, ada yang lebih belakang. Aritmatika pun dipahami dari proses bergerak sepanjang garis. Penjumlahan adalah bergerak maju, dan seterusnya

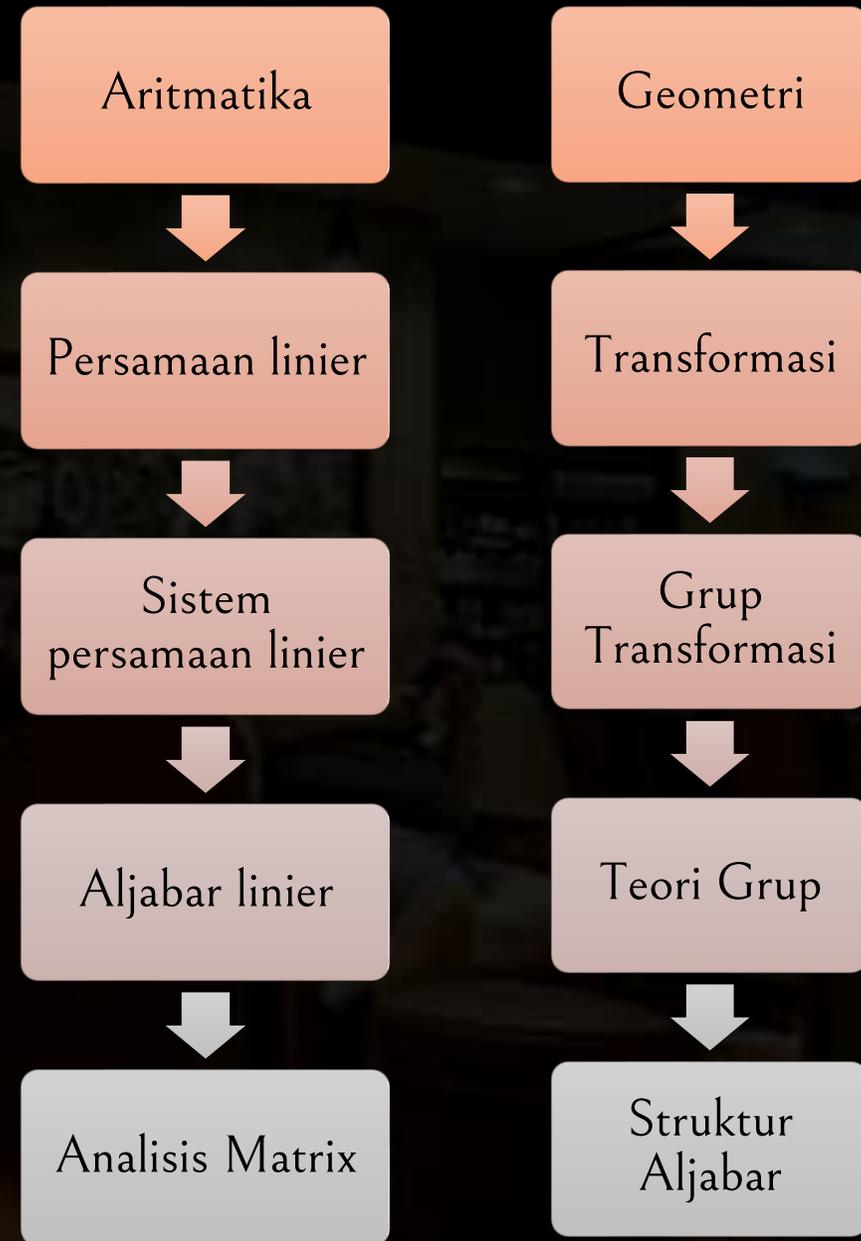


**Tika:** dan semua matematika bisa seperti itu?

**Matt:** Ya, untuk matematika, tingkatan pemetaannya bisa sangat banyak, jadinya konsep yang terbentuk bisa sangat abstrak

**Tika:** Bentar, kayaknya aku mulai paham. (menggambar sesuatu di Tab-nya)  
Seperti gini bukan?

**Matt:** Umm, mana ku paham Tik kalau udah kayak gini.  
Anggap saja iya



**Ema:** wait wait wait



Ini persis seperti yang ku tanyakan tadi ke Tika. Berarti matematika jelas produk pikiran dong. Ini kan metafora dalam pikiran, gimana kita memahami konsep di kepala secara bertingkat.

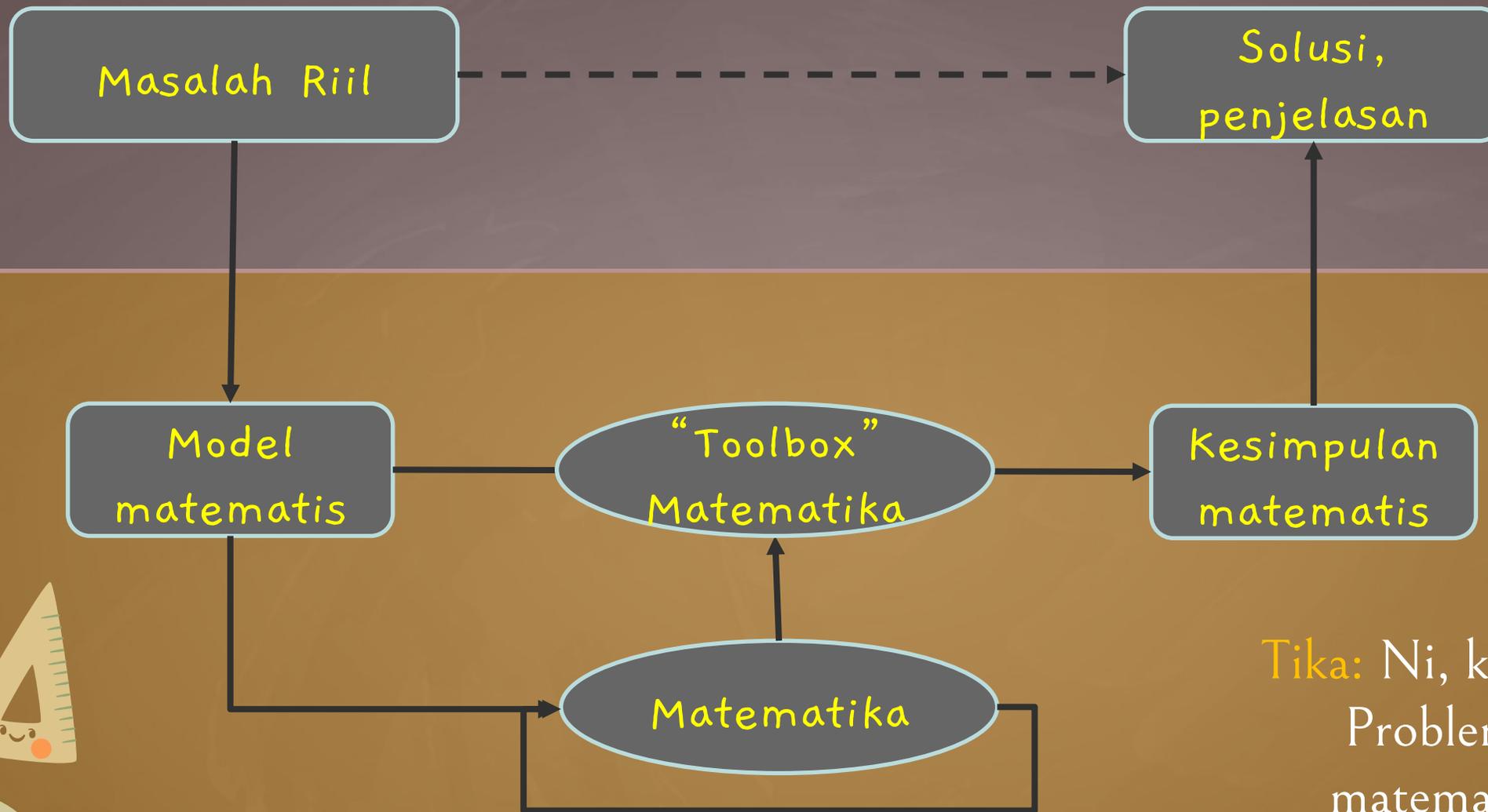
**Matt:** Ya mungkin aja. Tapi perlu diketahui bahwa metafora kognitif ini seperti metafora bahasa saja, artinya cuma semacam “carrier” konsep aja. Konsepnya ga selalu cuma dalam pikiran, ya seperti konsep waktu tadi. Kita pikirkan, tapi ya waktu itu sendiri ada kan.



**Tika:** Tapi sebenarnya tetep sulit. Kalau sudah ke ranah yang sangat abstrak, ga tau tuh itu konsep memang beneran ada, atau cuma dalam pikiran manusia.

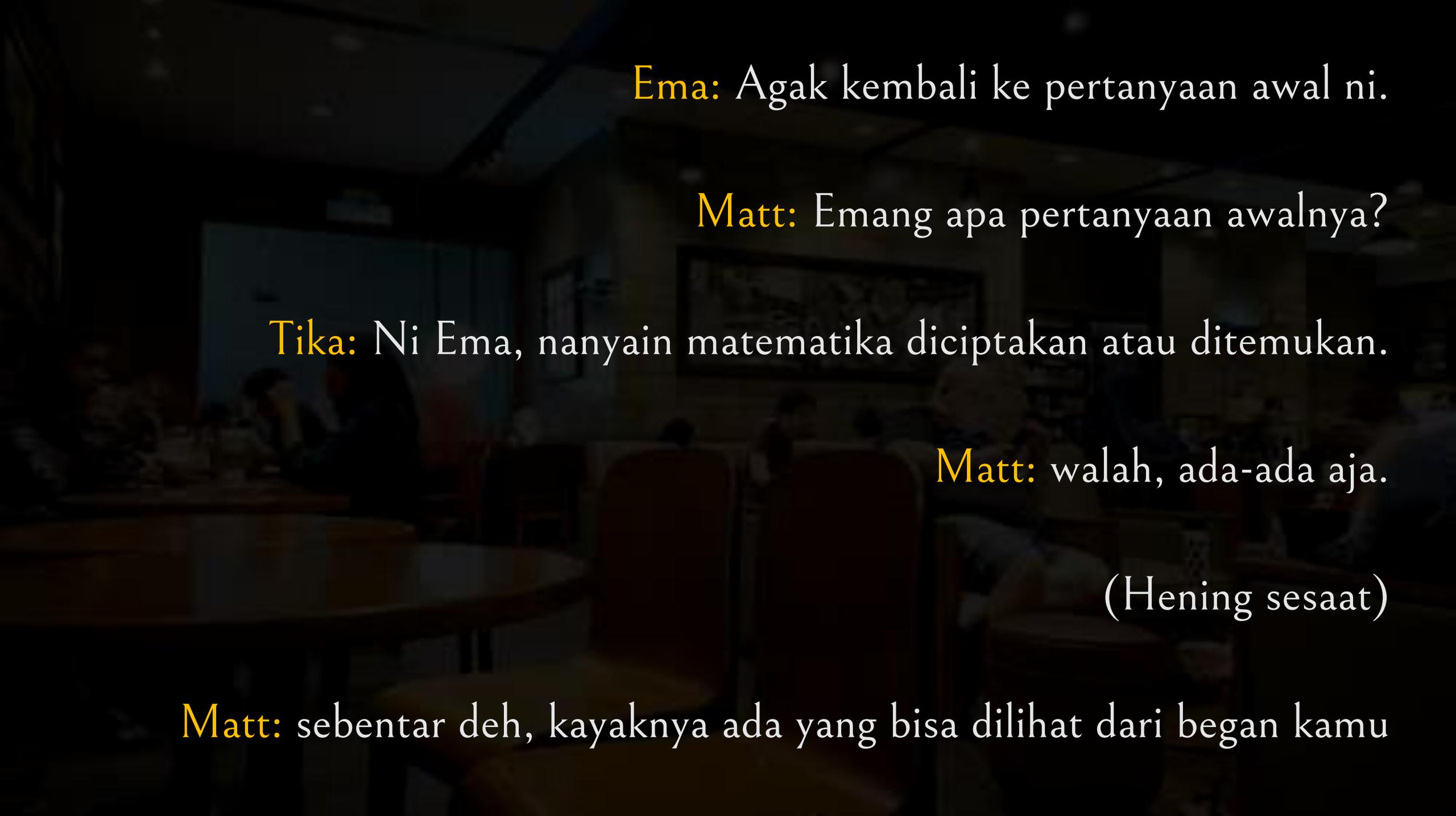
Gini ni kalau aku gambarin  
(menggambar sesuatu lagi di tabnya)

Domain  
konkrit



Tika: Ni, kayak gini kan.  
Problemnya, domain matematis ini ciptaan pikiran manusia, atau memang ada sendiri

Domain  
Matematis



**Emma:** Agak kembali ke pertanyaan awal ni.

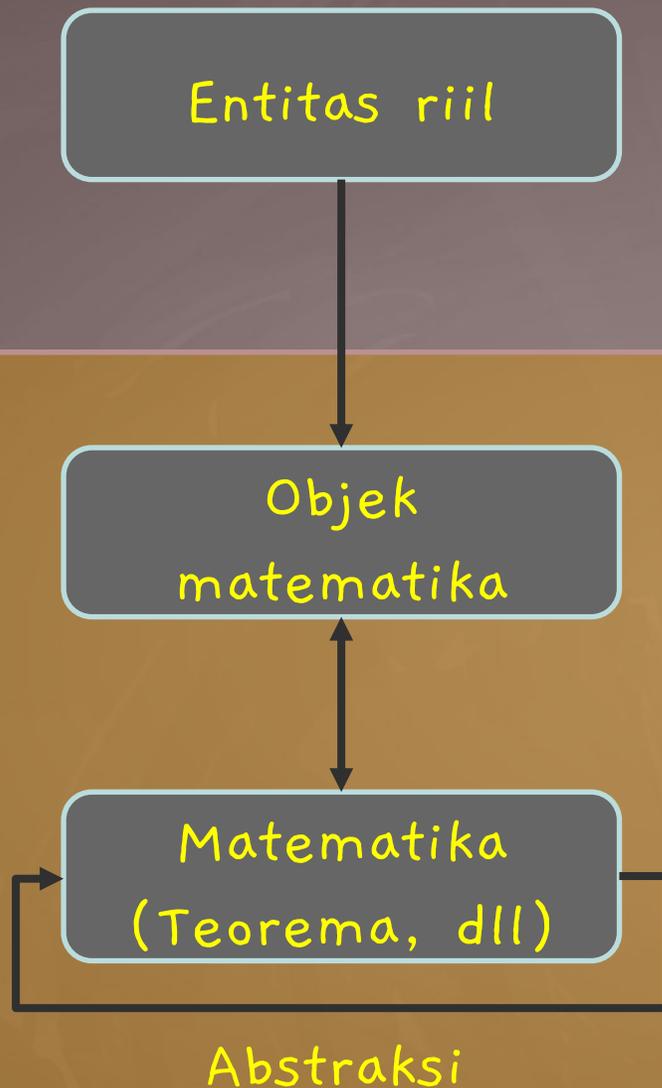
**Matt:** Emang apa pertanyaan awalnya?

**Tika:** Ni Emma, nanyain matematika diciptakan atau ditemukan.

**Matt:** walah, ada-ada aja.

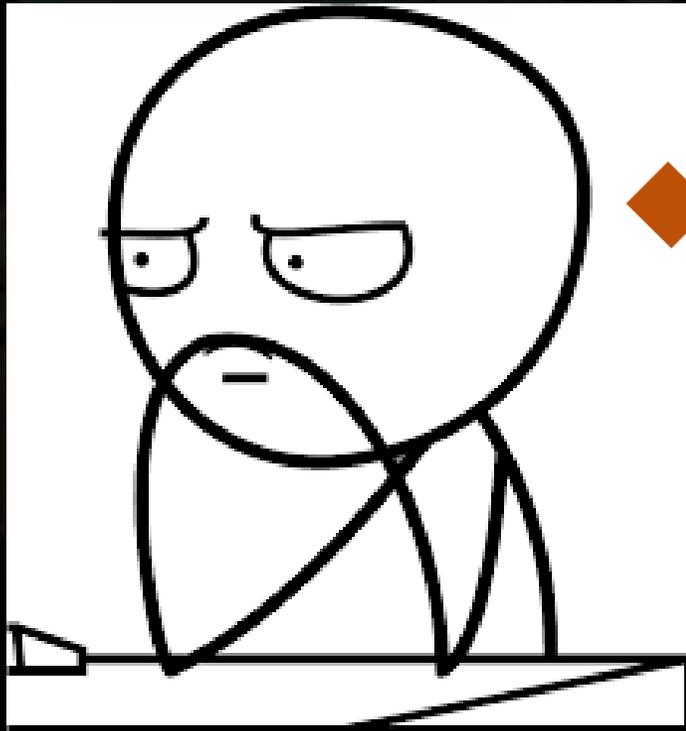
(Hening sesaat)

**Matt:** sebentar deh, kayaknya ada yang bisa dilihat dari began kamu



**Matt:** Tadi gambarmu terlalu ke aplikatif. Secara umum kan bisa kayak gini aja. Pasti setiap objek matematika itu diabstraksi dari entitas yang riil kan?

**Tika:** Eh! Kamu benar juga. Nah aku dapat sekarang!



Ema: Eh eh eh? Gmana gmana?

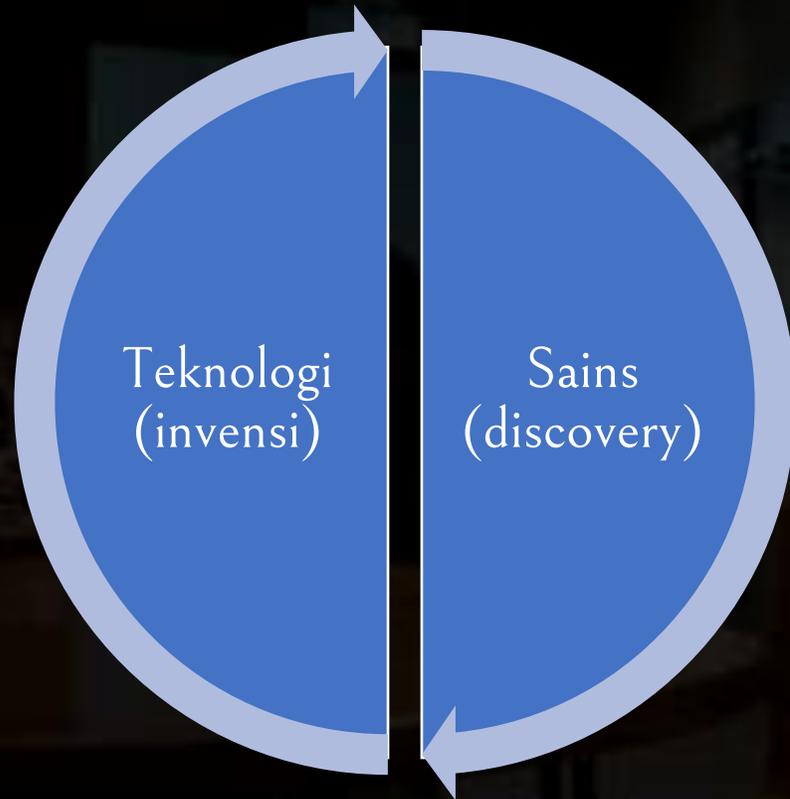


**Tika:** Coba deh Ma. Gimana sains bisa berkembang? Pasti butuh alat juga kan?

**Ema:** i..ya? Alat seperti mikroskop, teleskop, spectrometer, dan lain-lain kan?

**Tika:** Yep. Sains butuh instrumen, yang diciptakan. Tapi sains sendiri kan sebenarnya ditemukan. Alat-alat ciptaan manusia itu sendiri mendorong lebih banyak penemuan

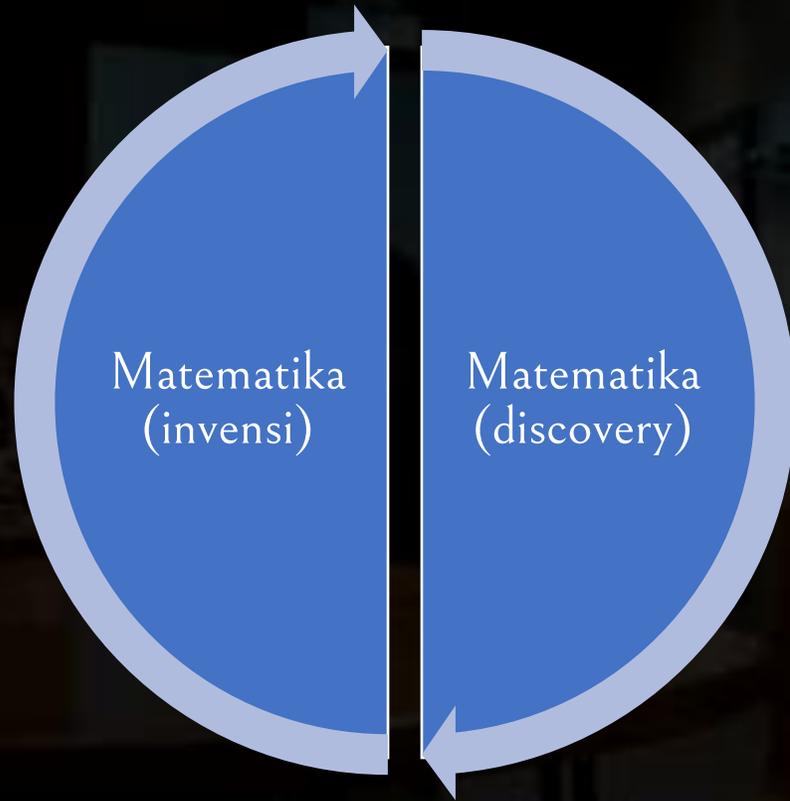
**Tika:** Ni, sederhananya kayak gini.



**Tika:** Invensi dan penemuan itu saling memengaruhi. Invensi mendorong penemuan. Penemuan mendorong invensi

**Ema:** Oke, oke, terus?

**Tika:** Di matematika seperti itu juga. Cuma ambigunya, invensi dan penemuan di matematika barangnya serupa, sama-sama disebut matematika



Ema: Haa. Hmm.

Tapi kalau begini, bedain matematika yang ciptaan dengan yang temuan gimana dong?

**Tika:** Coba deh Ma. Emangnya yang bisa diciptakan dari matematika tu apanya?

**Matt:** Kurikulumnya yang mematikan!

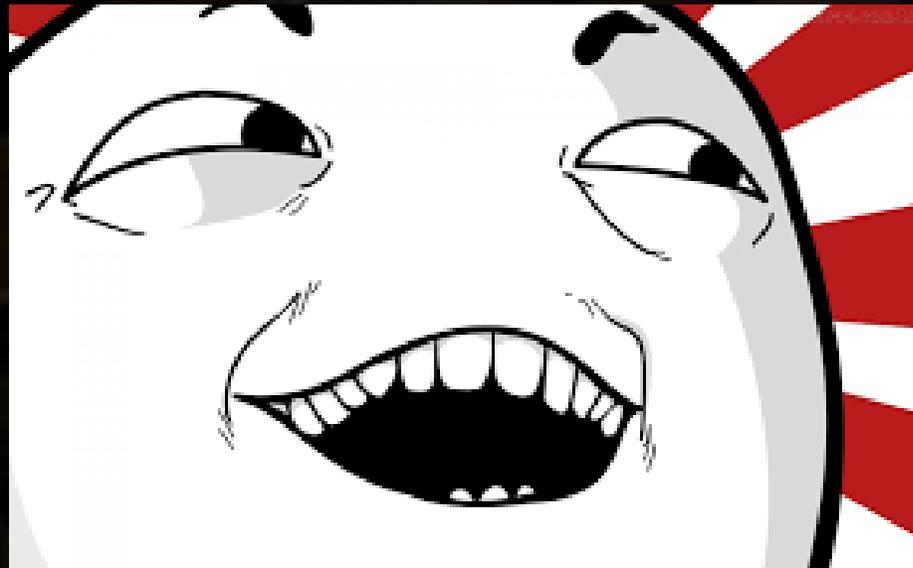
**Ema & Tika:** ....



**Ema:** umm, hmm. Aksioma?

**Tika:** Yak, betul anda! Dan definisi. Manusia bermatematika selalu dengan membangun objek dan konsep dasar melalui aksioma dan definisi. Baru dari situ dieksplorasi jadi teorema-teorema. Dalam aspek terapan, manusia juga membangun model-model

**Ema:** ... ahh



**Matt:** Umm, wait, gimana?



**Tika:** Contoh sederhana ni Matt. Awal mula geometri berkembang, manusia ya membangun konsep tentang jarak, panjang, luas, definisi dari bangun-bangun datar. Nah konsep-konsep ini kemudian dieksplorasi, hingga didapatkanlah misal Teorema Pythagoras.

Dulu sih memang konsep yang dibangun ga formal-formal amat. Sekarang lebih jelas gimana matematikawan bikin definisi yang ketat.



**Tika:** Definisi dan aksioma ya sebenarnya juga ga asal dirumuskannya. Ya tadi, harus merujuk ke suatu domain konsep tertentu yang riil. Kayak metafora tadi.

**Matt:** hmm, jadi kayak bahasa gitu ya Tik? Bahasa kan sebenarnya diciptakan manusia, tapi dengannya kita bisa mengungkap banyak gagasan-gagasan.

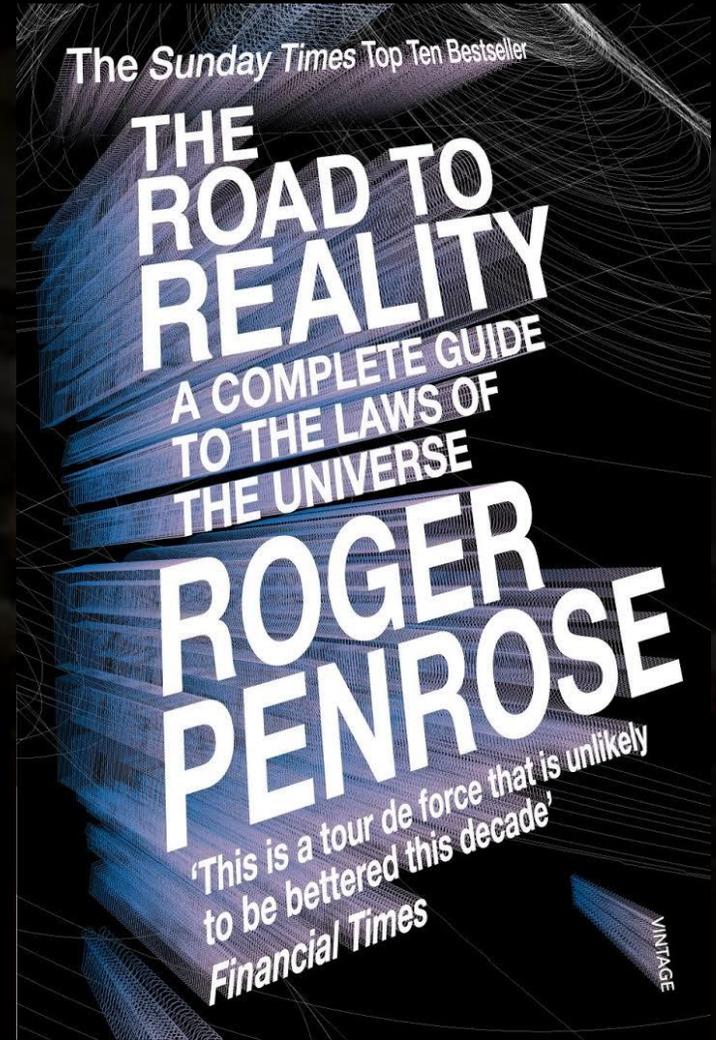
**Tika:** Yoi. Ya matematika kan memang bahasa. Bedanya, bahasanya ketat, patuh pada logika formal

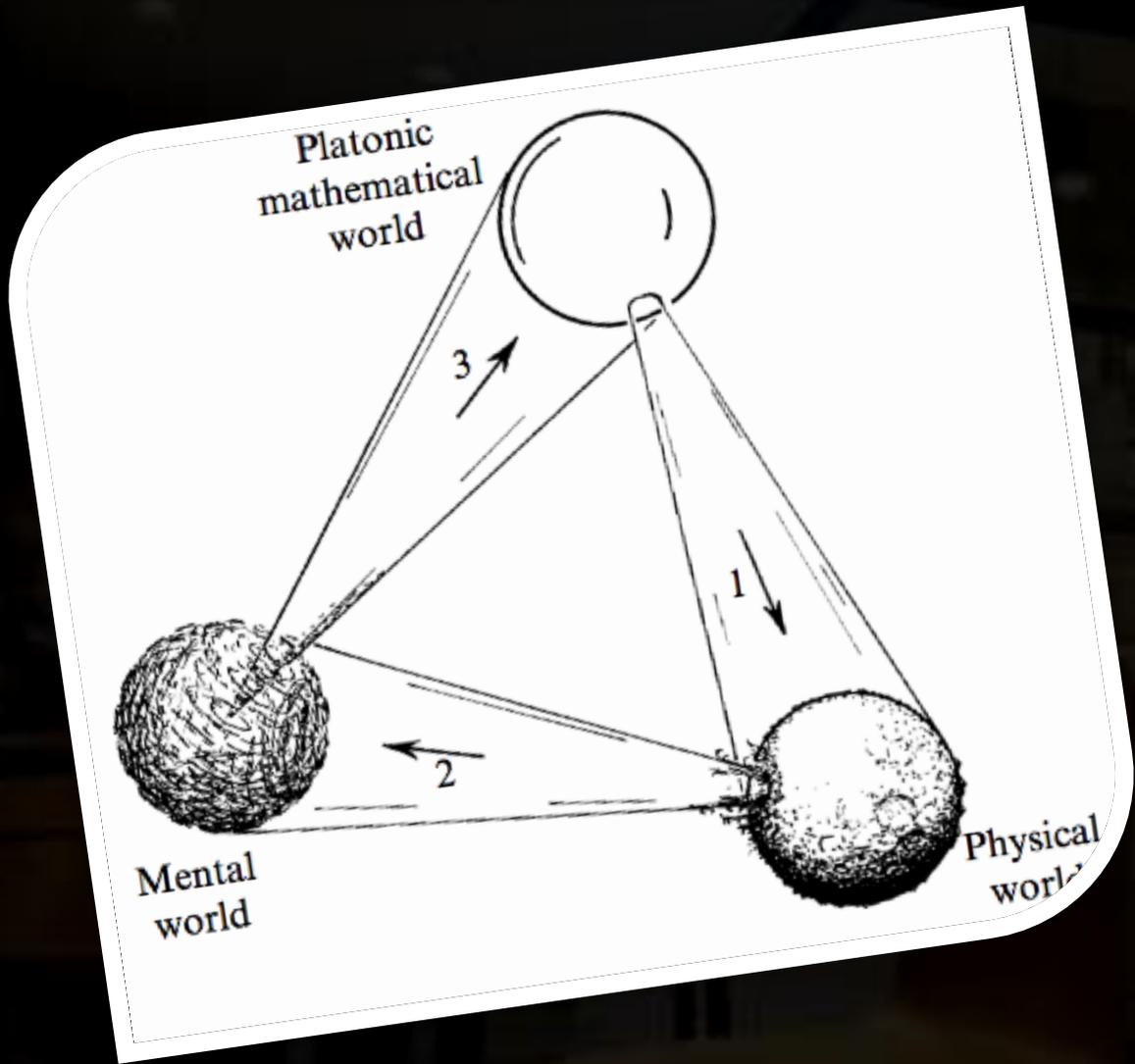
**Ema:** Nah sekarang jelas. Keren ya. Jadi matematika semacam cara yang dikembangkan manusia untuk berkomunikasi dengan semesta. Kayak kita kalau mau memahami anak kecil gitu.

**Matt:** Ih kok anak kecil. Emang kamu pengalaman?

**Ema:** Eh jangan salah ya, aku udah biasa ngurus keponakanku yang masih bayi. Yaa, intinya kita semacam menerjemahkan semesta dengan bahasa yang kita develop sendiri, terus dengan bahasa itu, kita bisa jadi lebih memahami isi semesta. Dan ya semestanya ga harus yang terlihat. Kayak bilangan Pi, itu kan abstrak, tapi ada di semesta.

**Ema:** Ah iya juga. Pantès tadi aku merasa pernah baca yang terkait di suatu tempat. Sekarang jadi ingat (mengambil buku yang tadi dibacanya)





**Ema:**

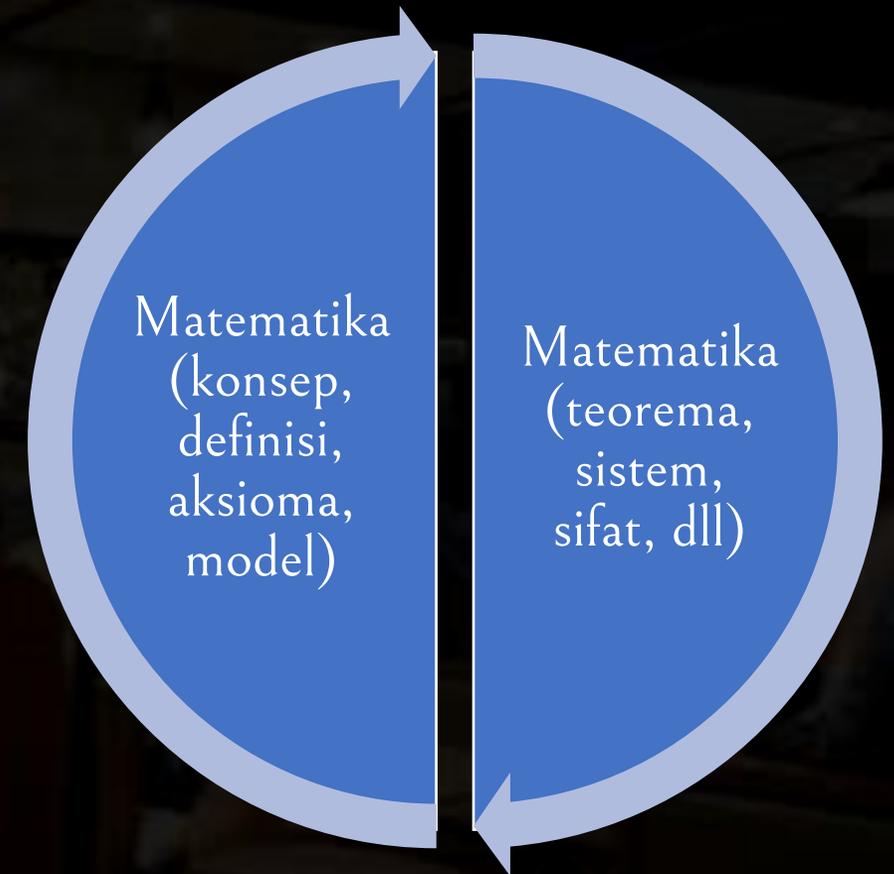
Ni, sama Penrose digambar kayak gini. Dari realitas fisik, kita bisa membangun konsep-konsep dalam pikiran. Dari konsep yang terbangun, matematika bisa terungkap. Tapi memang hanya sebagian dari matematika itu yang punya representasi nyata di dunia fisik

Tika & Matt:



**Tika:** Ya masalah realitas benerannya gimana sebenarnya sulit juga dibuktikan. Tapi ini bagan yang bagus.

**Ema:** He em. Yang penting lebih jelas sekarang bahwa matematika itu self-develop. (Kembali menunjuk diagram di tab Tika). Manusia menciptakan konsep-konsep matematis, yang darinya bisa memberi insight untuk pemahaman baru matematika



**Matt:** Urgh (menggeliat)



Duh ada-ada aja kalian sore-sore gini bahasannya. Udah sekarang sekalian makan aja yuk. Sekalian bahas hal lain yang lebih bikin kepala dingin.

**Emma:** Oke deh ide bagus. Tika lagi santai juga kan ya

**Tika:** Yep. Ambilin menu Matt, hehe.

Matt, Ema, dan Tika pun akhirnya memesan makan dan bercakap-cakap sampai agak malam.



Tamat.

$$\frac{d}{dx} e^x = e^x$$