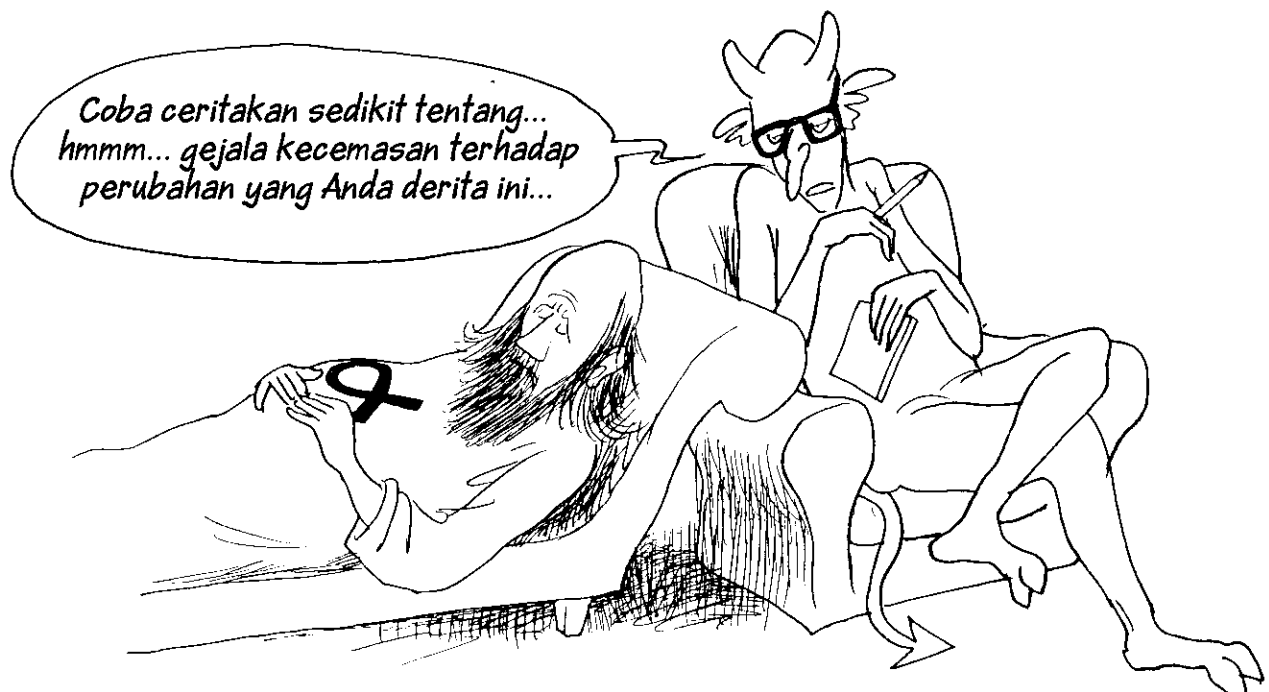


Savoir sans Frontieres


alih bahasa MEILIANA

BIG BANG



JEAN-PIERRE PETIT

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Tahukah Sofia,
terkadang aku bertanya-tanya
darimana segala sesuatu berasal,
bagaimana Alam Semesta
tercipta...

Apa **SEGALA HAL**
memang demikian adanya
sedari awal? Bumi, langit?


Apakah langit selalu biru?

Dan apakah bintang-bintang selalu berkilauan
di kegelapan malam?



Pada **MULA PERTAMA**, Alam Semesta kita berukuran
kecil sekali dan amat panas, seperti neraka kecil

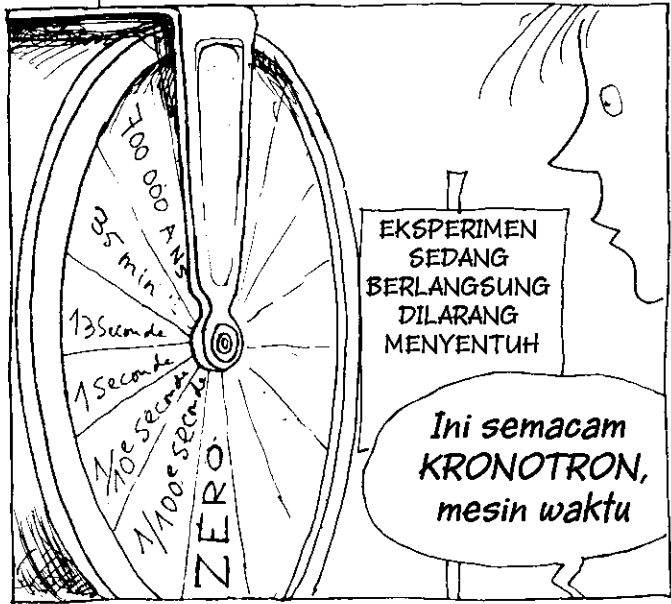
Lalu semua meledak?



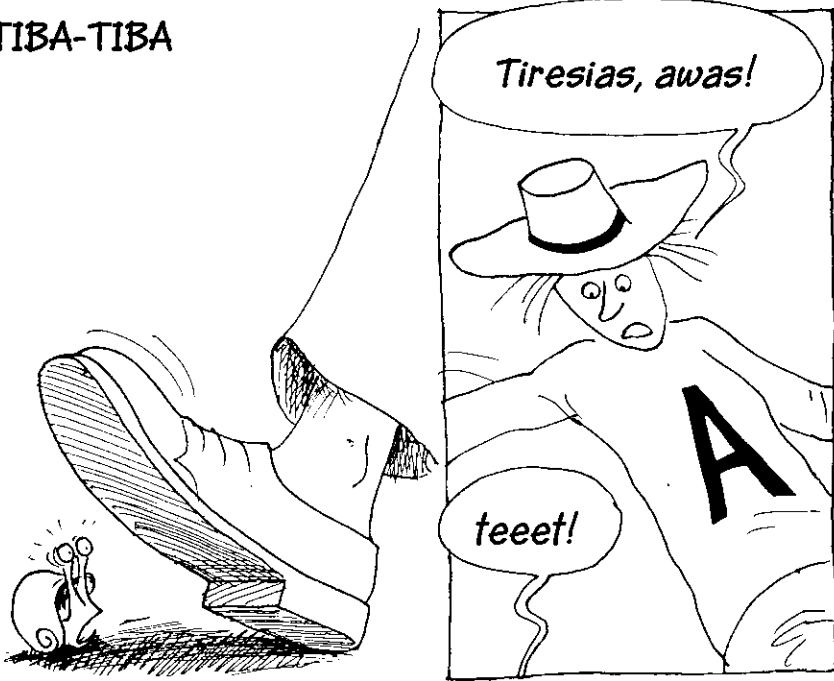
Ya, tapi kisahnya amat panjang.
Untuk menceritakannya aku harus
mulai dari masa yang paling silam



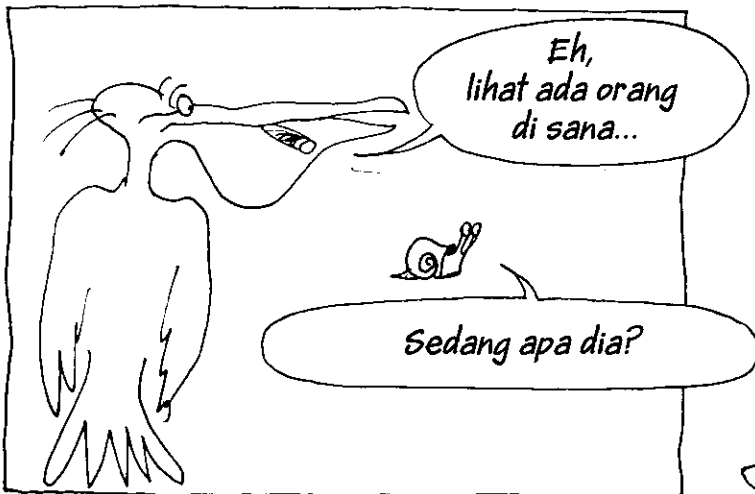
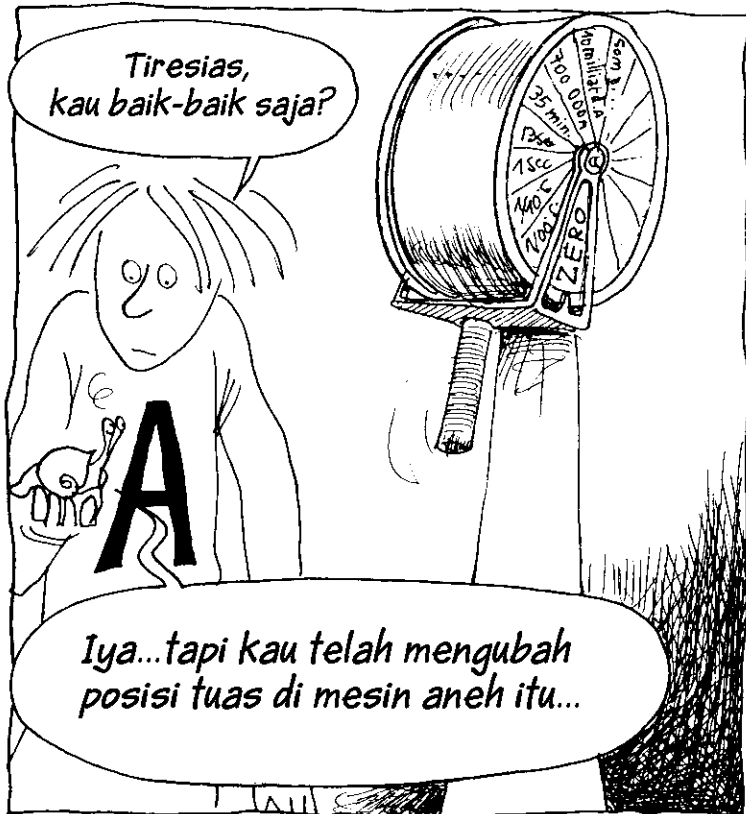
Hei, lihat kemari!



TIBA-TIBA



ASAL MULA SEGALANYA





Lagi-lagi gagal!

Aku tertipu...



Jika itu masalah karpet yang anda pasang, betul anda kelihatan terlalu awam, tak salah lagi!!

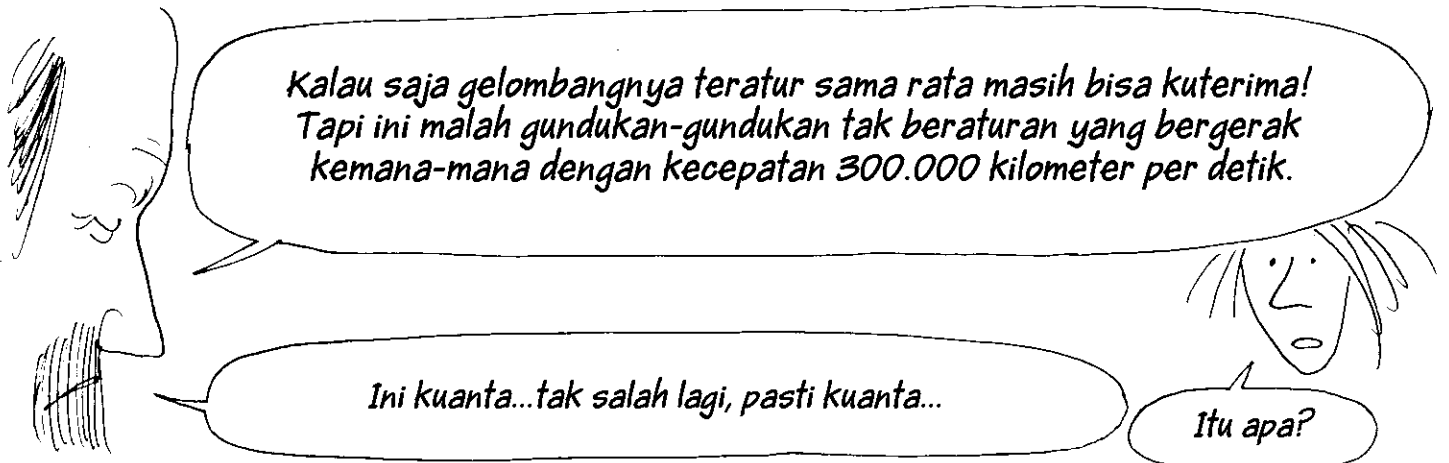
Kurasa bapak itu punya masalah dengan karpetnya!



Berantakan... dimana-mana bergelombang!

Jelas saja bergelombang. Anda memasangnya terlalu rekat. Karpetnya terkompresi...

Ssst...kalau tidak ada kompresi tak kan ada energi: hanya ruang tanpa isi...



Kalau saja gelombangnya teratur sama rata masih bisa kuterima! Tapi ini malah gundukan-gundukan tak beraturan yang bergerak kemana-mana dengan kecepatan 300.000 kilometer per detik.

Ini kuanta...tak salah lagi, pasti kuanta...

Itu apa?

Tak ada HAL istimewa di semesta yang ini!

Siapa bilang tidak ada! Gundukan berjalan itulah HAL istimewa di semesta yang ini

Semesta yang terlihat di sini hanya memiliki dua dimensi, yaitu BENTANG PERMUKAAN yang lekukannya menunjukkan keberadaan partikel, massa, dan radiasi. Jika kau hidup di Semesta dua dimensi, tampilanmu akan seperti itu!

Tidak bagus, sama sekali tidak bagus...

Di semesta tiga dimensi kita partikel-partikel turut jadi pembentuk variasi kurva lokal

Sebelumnya lebih bagus!

Sebelum apa!?

Yah, mau apa lagi... gundukan berjalan ini pantas kunamai FOTON

Masyaallah, ini ada yang lain lagi ...

Apa itu?

Coba lihat itu!
Dimana-mana begitu!!

Bukan sekedar gundukan, tapi juga
puntiran. Hebat betul perbuatan ini

Ini mirip pusaran air kecil
di mana-mana. Seperti kain seprei
yang terpuntir di sana-sini.

Aneh sekali,
ada yang terpuntir searah jarum jam,
ada pula ke arah sebaliknya

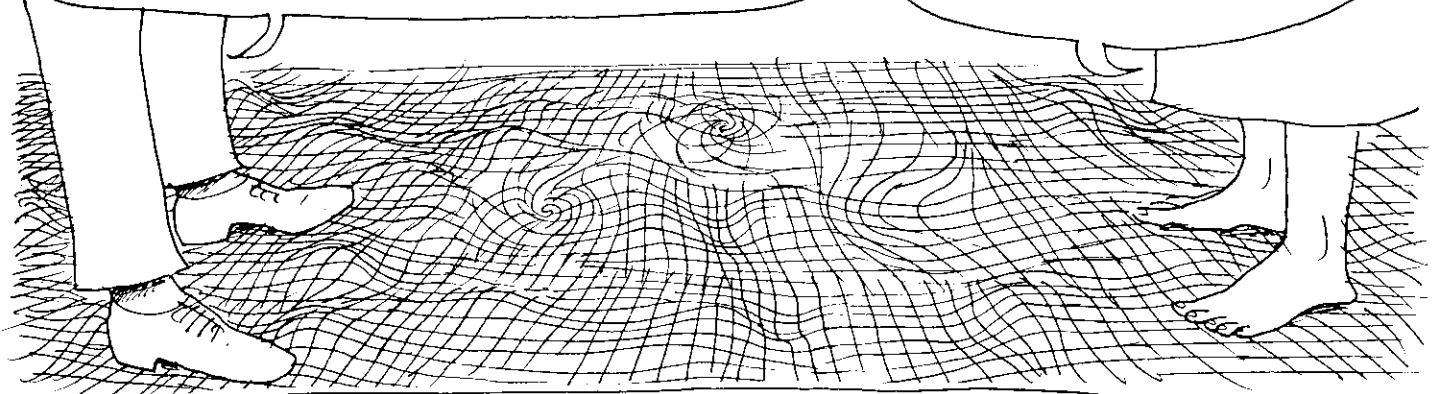
Dan mirip seperti foton, mereka pun bergerak
dengan kecepatan 300.000 km/detik

Pusaran berjalan ini akan kunamai NEUTRINO bila
terpuntir searah ini:

Dan ANTINEUTRINO bila terpuntir ke arah
sebaliknya:

Berantakan sekali karpet anda ini. Tak ada bagian yang rata. Gelombangnya saling silang di mana-mana (*)

Betapa labilnya semesta ini. Bukan hasil karya yang bagus



Tadinya aku berharap ada sedikit keteraturan di tengah semua ini! Tapi ini betul-betul kacau. Semuanya berserak secara acak

Dan aku benci permainan acak, permainan kebetulan!

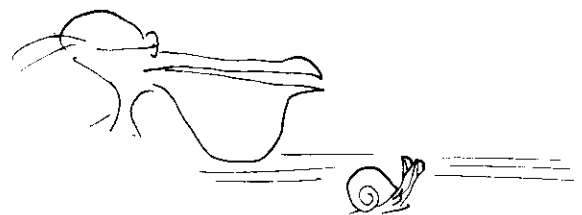
Kebetulan itu banyak mudaratnya, sobat!

Oh ya...

KOSMOSOL
PELAPIS UNIVERSAL

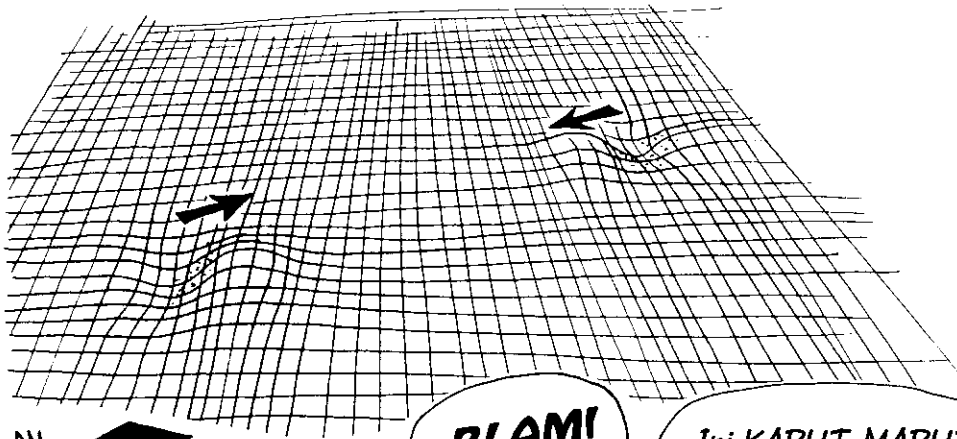
Bermain dadu saja aku tak pernah...

Hei, lihat!
Telah terjadi SESUATU di sana...



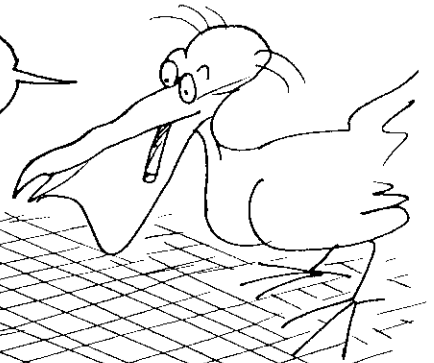
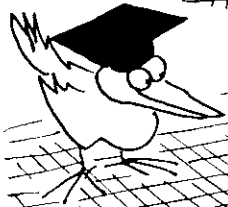
(*) Akibat dari sesuatu yang disebut RADIASI BADAN HITAM (entah apa itu persisnya...)

Itu dua gundukan berjalan yang akan bertumbukan
Keduanya akan saling melindas.

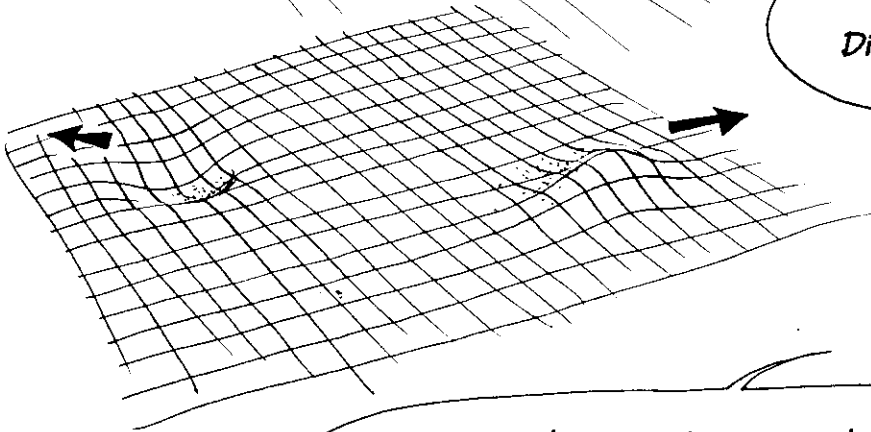


BLAM!

Ini KARUT-MARUT
kawan-kawan!



Sekarang muncul lekukan.
Di sini cembung di sana cekung



Keduanya saling menjauh dengan kecepatan
mendekati 300.000 km/detik

Baiklah. Kini yang menggunduk ini kusebut MATERI, dan yang berceruk itu ANTIMATERI. Keduanya membentuk LENGKUNGAN sehingga timbul MASSA.

Foton adalah antipartikel dari gundukan maupun ceruk

MATERI dan ANTIMATERI yang timbul akibat tumbukan foton, muncul dengan kecepatan yang bersifat relativistik

Ceruk atau gundukan, sama saja

Jika dipikir lebih dalam, apa makna filosofis dari semua itu, Tiresias? Ada yang tampilannya berceruk ada pula yang menggunduk. Ya memang begitu seharusnya menurut pendapatku...

Itu karena kita berdiri di permukaan karpet sebelah atas. Jika kita berdiri terbalik di sebelah bawah, yang menggunduk itu akan menjadi ceruk dan yang ceruk menjadi gundukan.

Tapi...aku hanya melihat satu permukaan saja!!

Tiresias !!!

Wah, tak boleh sedikitpun bercanda ...

?...

Lagi-lagi epistopam (*)

Eh coba lihat sebentar...! Itu, jika gundukan dan ceruk bertumbukan secara perlahan maka yang timbul adalah dua gundukan berjalan. Ini proses terbalik!

Hmm...
itu PEMUSNAHAN partikel dan antipartikel materi.
Jika itu terjadi, akan muncul dua foton

Itulah KARUT-MARUT kosmik

Hmm...

(*) Episto: ilmu; pam: satpam → epistopam: satpam ilmu

Penciptaan dan penghancuran partikel, berawal dari sepasang foton, berlangsung silih berganti dalam ritme yang tak terkendali. Di dalam dunia yang kacau begini, dunia yang selalu berubah, tidak dikenal adanya struktur. Hanya kesimpangsiuran yang dipadati foton, neutrino, antineutrino, serta sejumlah besar partikel dan antipartikel, yang cepat menghilang dan berubah-ubah. Inilah KEKACAUAN (*)

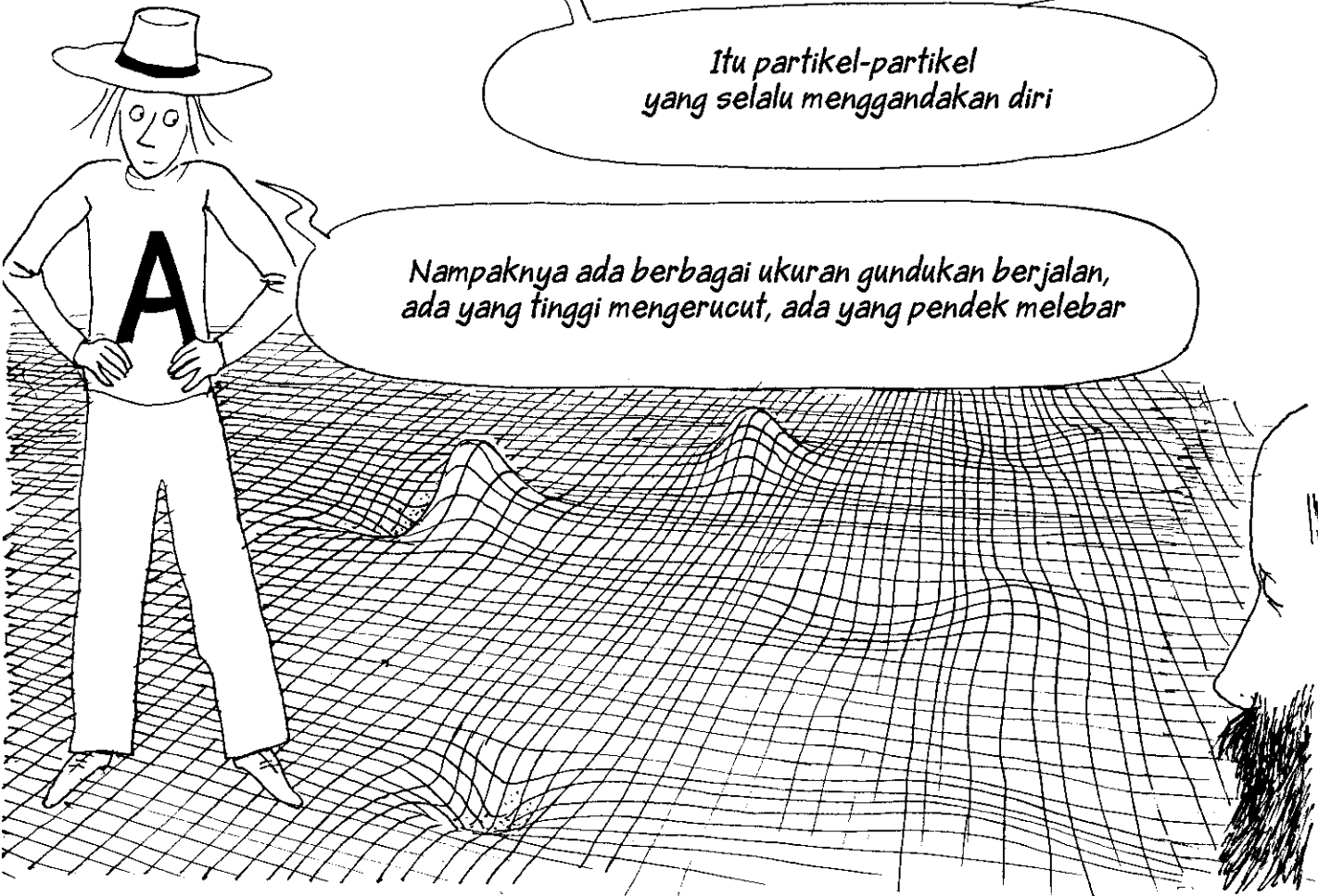


Aku jadi teringat pada
SEXON

Apa itu SEXON?



Itu partikel-partikel
yang selalu menggandakan diri



Nampaknya ada berbagai ukuran gundukan berjalan,
ada yang tinggi mengerucut, ada yang pendek melebar

PANJANG GELOMBANG λ (lambda)
dari gundukan berjalan ini kunamai
FOTON

Misalkan aku membuat gundukan
berjalan dengan menggoyangkan tali ini.
Jika aku menggoyangkannya perlahan
dengan menggunakan sedikit energi,
maka panjang gelombang λ nya
pasti besar

Akan tetapi,
jika aku menggoyangkannya dengan ENERGI lebih kuat,
panjang gelombang λ nya akan semakin pendek

Teet!!

Jadi, semakin besar tenaga
yang merambat, semakin kecil
panjang gelombangnya

Oleh sebab itu bisa dikatakan bahwa energi
yang dibawa oleh FOTON, atau setitik CAHAYA,
BERBANDING TERBALIK dengan
PANJANG GELOMBANG λ ,
atau E sama dengan $1/\lambda$.

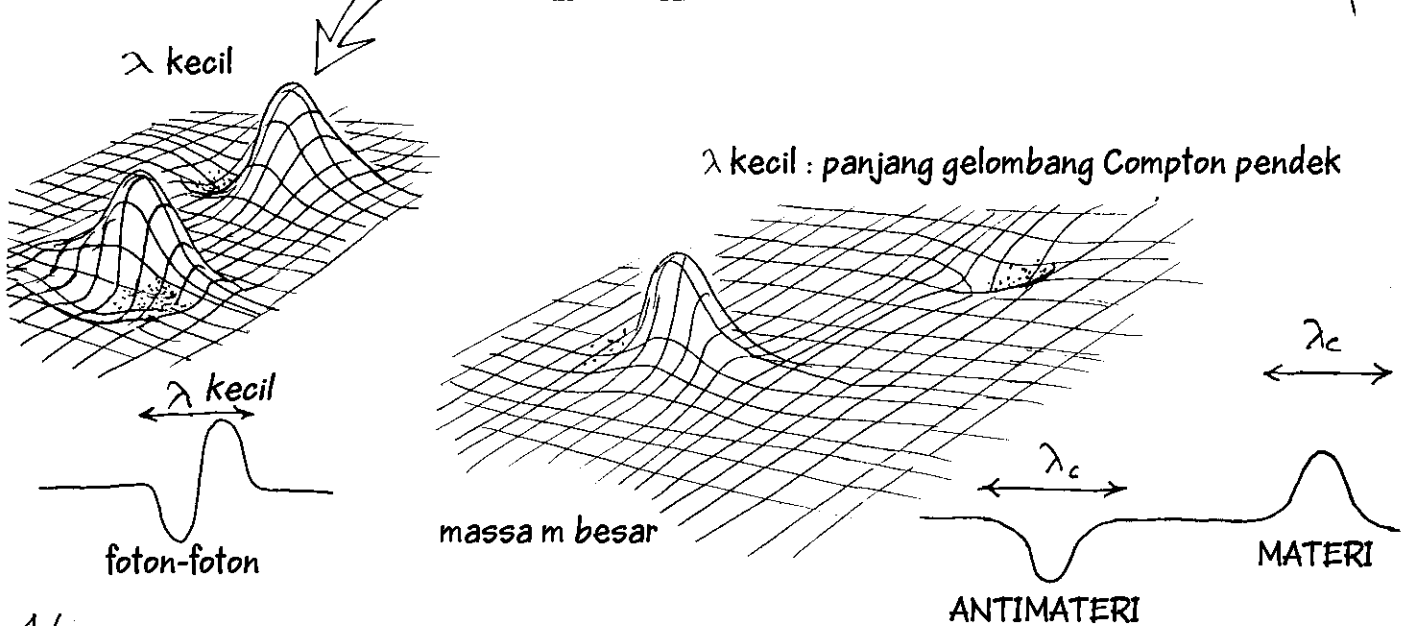
Begitulah tepatnya ...

MAKIN KECIL MAKIN BERAT

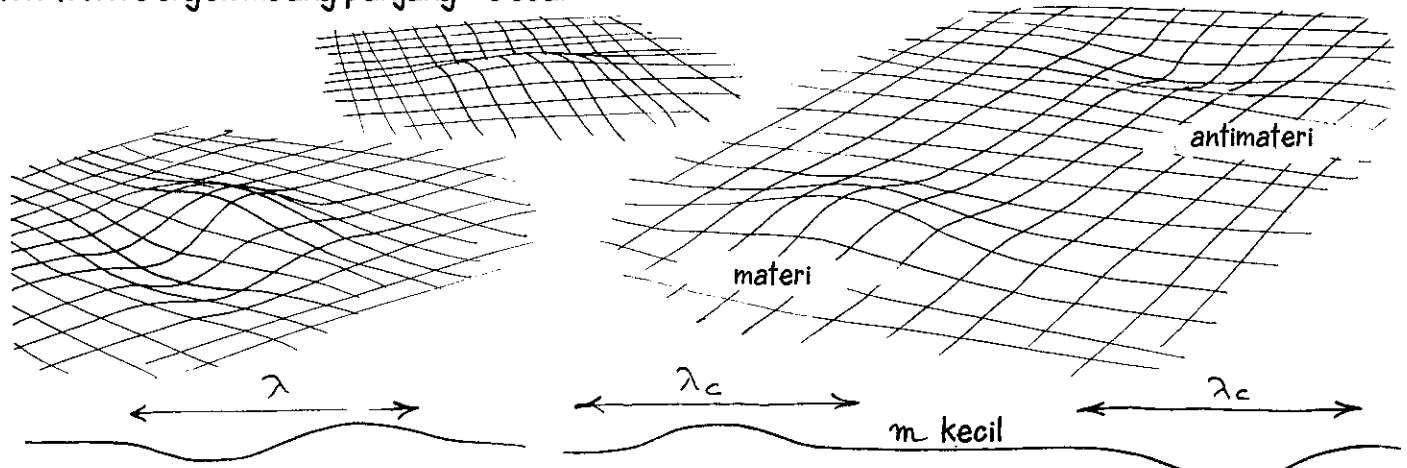
Untuk gundukan berjalan yang anda sebut FOTON itu, okelah.
Tapi apa yang membedakan gundukan yang tinggi mengerucut dengan yang pendek melebar?

Besar gundukan atau ceruk ini bisa kusebut PANJANG
GELOMBANG COMPTON λ_c yang BERBANDING TERBALIK
dengan MASSA m . Jadi, Massa m sama dengan $1/\lambda_c$.

Foton-foton yang ber kandungan energi besar,
dengan panjang gelombang pendek, akan menghasilkan
partikel-partikel (dan antipartikel) yang menjulang tinggi,
ramping, dengan massa m besar



foton-foton bergelombang panjang λ besar



Foton-foton bergelombang panjang besar \rightarrow partikel-partikel bergelombang Compton besar. Sebaliknya, foton-foton yang kandungan energinya relatif kecil akan menghasilkan pasangan partikel-antipartikel berpanjang gelombang besar, bermassa kecil.

λc besar, m kecil

Memang ini lebih mudah dipahami. Menurut hematku, $\lambda = \lambda c$ (*) itu berarti partikel (dan antipartikel) memiliki « ukuran » yang sama dengan foton penimbulnya

Itu berarti apabila MASSA dari sembarang partikel telah diketahui, maka panjang gelombang gerakan yang menimbulkannya dapat segera diketahui

(*) Ingat bahwa E (energi) = m (massa). Lihat di album SEGALANYA RELATIF

Hai, tunggu! Ada sesuatu yang janggal dari semua ceritamu itu! Tidak cocok sama sekali...

OH, MAAF!

PROTON dan NEUTRON memiliki massa yang hampir sama. Oleh karenanya ukurannya pun hampir sama. Tetapi elektron jauh lebih ringan. Secara logika, seharusnya elektron lebih besar, bukan?!

Tepat sekali. PROTON dan NEUTRON berbobot 1.66×10^{-27} kg. Elektron berbobot 9.1×10^{-31} kg. Jadi bobotnya 1850 kali lebih ringan, dan ukurannya 1850 kali « lebih besar »

Aku... ehm...
iya...hmm

Apa kau sudah pernah melihat proton?

Ya,
belum...

pantas..

Hmm, betapa indahnya proses penciptaan di zaman ini!

Apa yang kau kerjakan, Sofia?

Aku membuat contoh ATOM HIDROGEN yang lebih sesuai kenyataan. Ada elektron besar dan PROTON kecil yang menjadi INTI ATOM

Masyaallah, masyaallah!...
Betapa kacaunya ini semua... Ya sudah...
Anak-anak, kalian bisa membantu aku menata kesemrawutan ini

TEMPERATUR RADIASI

T_R



Buset..

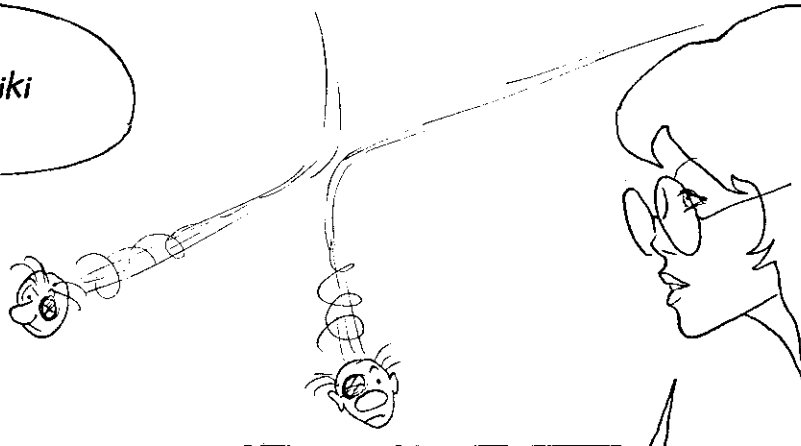
Semua foton itu memiliki panjang gelombang dan energi yang berbeda-beda. Namun aku akan menentukan panjang gelombang dan energi reratanya.

TEMPERATUR RADIASI T_R akan menjadi ukuran rerata energi dari foton-foton ini.

betul-betul rumit...

KESETIMBANGAN

Kalau begitu, suatu campuran partikel bisa memiliki suhu berbeda-beda?!?

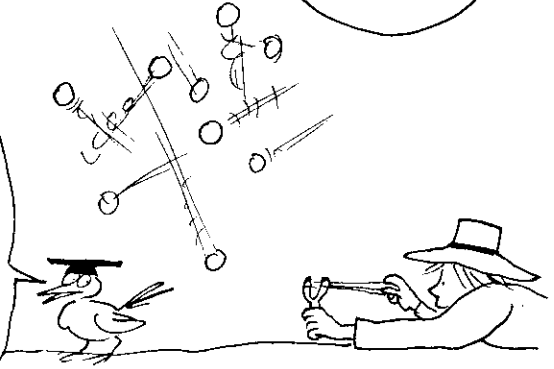


Ya, tetapi itu akan kita bahas di halaman 46. Sampai di sini yang penting diketahui, partikel itu saling bertukar energi dengan partikel lain, atau dengan foton, ketika terjadi tumbukan. Mekanisme ini akan meratakan suhu, membuatnya SEIMBANG, sehingga sistem menemukan KESETIMBANGAN TERMODINAMIKA

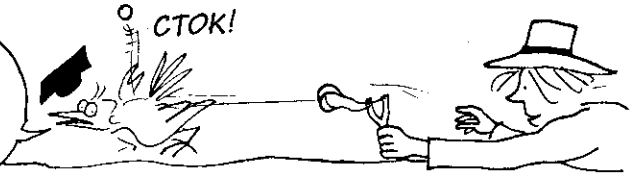
TEMPERATUR MATERI

T_m

Semua partikel MATERI atau zat memiliki massa M dan kecepatan V yang berbeda-beda. Besaran ENERGI KINETIK sebuah partikel materi adalah $\frac{1}{2} MV^2$. Bertolak dari sini aku bisa menentukan besaran rerata lontaran energi (THERMAL) dari semua partikel materi



Dan yang dipakai mengukur BESARAN RERATA LONTARAN ENERGI THERMAL ini adalah suhu zat atau TEMPERATUR MATERI T_m .



TERMODINAMIKA

Jika sebuah partikel berkelebihan energi, berkelebihan kecepatan, berkelebihan « panas », maka tumbukan dengan partikel lain akan mengurangi hal itu. Begitu juga sebaliknya, jika kecepatannya terlalu lambat. Apabila fenomena penyatuan energi melalui tumbukan ini berlangsung cukup intens, bukan saja suhunya menjadi rata, tetapi gabungan energinya pun akan terus menetap meski terjadi pemuaian atau pemampatan



Luar biasa kesibukan mereka!
partikel dan antipartikel bisa lahir per pasangan
lalu lenyap dalam sekejap!

Bagaimana pasangan
partikel-antipartikel itu
bisa lahir?

TEMPERATUR AMBANG

Untuk melahirkan **SEPASANG**
partikel-antipartikel, dengan massa kolektif m ,
diperlukan 2 energi mc^2 , yang berasal
dari sepasang foton berenergi
lebih besar atau sama

Jika rerata energi foton lebih kecil
daripada energi awal mc^2 , artinya temperatur radiasi TR
terlalu rendah (di bawah temperatur ambang), maka
partikel-partikel materi tak mungkin lahir

Tentu saja...

EVOLUSI SPESIES

KELANGSUNGAN HIDUP spesies selalu menjadi masalah utama. Yang bisa menjamin itu hanya laju reproduksi yang tinggi



Itu berarti bahwa temperatur radiasi TR harus lebih tinggi daripada temperatur ambang setiap spesies

Nah, itulah sexon!

Jika temperatur TR lebih rendah daripada temperatur ambang, ada sejumlah partikel yang kemungkinan musnah

Yang paling mencelakakan adalah pemusnahan partikel dan antipartikelnya...

PLOP

Berikutnya adalah tumbukan fatal dengan aneka spesies lain...

Kosmos laksana tikus berlarian dikejar kucing

Selain itu, setiap partikel punya MASA HIDUP (*). Bilamana itu terlewati, partikel serentak akan terurai menjadi partikel-partikel yang lebih kecil lalu terpencar ke mana-mana.

Masalahnya adalah bagaimana bertahan hidup...

(*) ...tergantung pada persediaan CHRONOL. Lihat SEGALANYA RELATIF

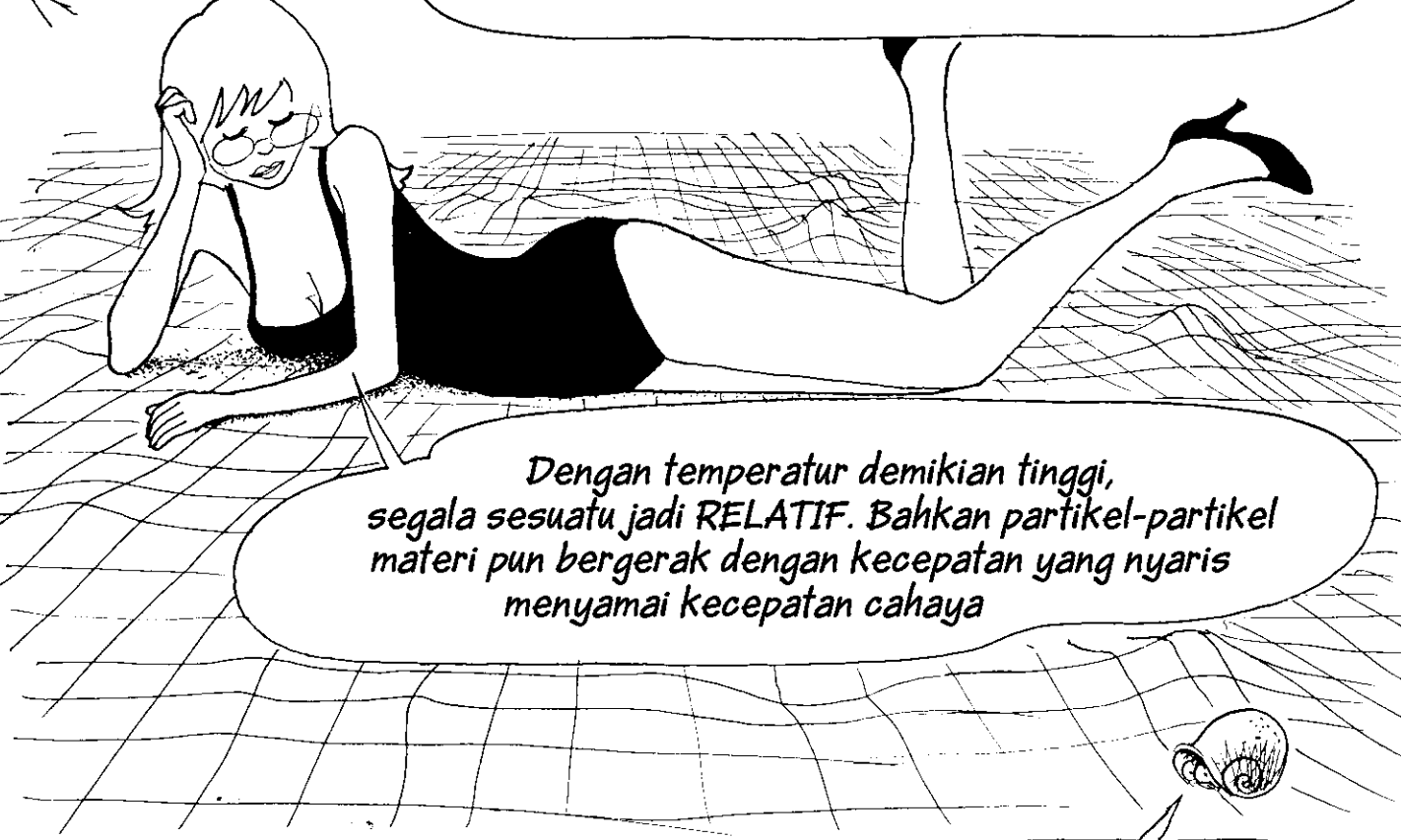


Berapa temperatur saat ini?

Ambil sebuah foton lalu ukurlah panjang gelombang λ nya!

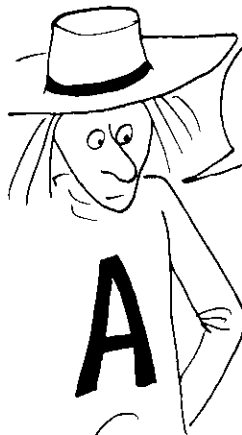
Astaga, suhunya dua puluh ribu milyar derajat (2×10^{13} K)

Jumlah foton, neutrino, proton, neutron, dan elektron (serta antipartikelnya) pun kira-kira sama dengan itu



Dengan temperatur demikian tinggi, segala sesuatu jadi RELATIF. Bahkan partikel-partikel materi pun bergerak dengan kecepatan yang nyaris menyamai kecepatan cahaya

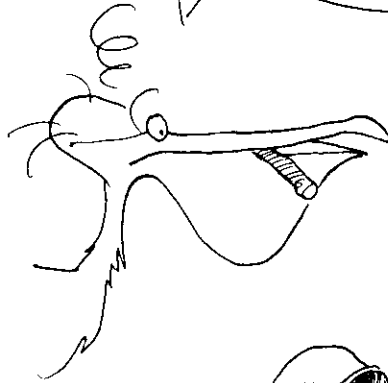
Di album **SEGALANYA RELATIF**, kita ketahui bahwa jika kecepatan suatu partikel mendekati kecepatan cahaya, maka aliran **WAKTU AKTUAL**-nya jadi merambat bagai siput



Itulah yang menimbulkan persoalan pelik... Bayangkan saja jika segala sesuatu bergerak mengikuti kecepatan cahaya, maka WAKTU (*) jadi berhenti, begitu 'kan?! Tak ada yang bisa menghidupkan lagi...

A

Tak ada yang mau bergerak lambat agar waktu bergulir secara bermakna



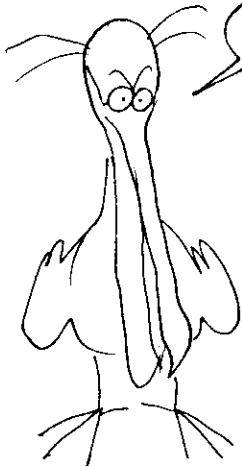
Oh!

Dunia yang betul-betul AKRONIK pasti kehilangan MAKNA



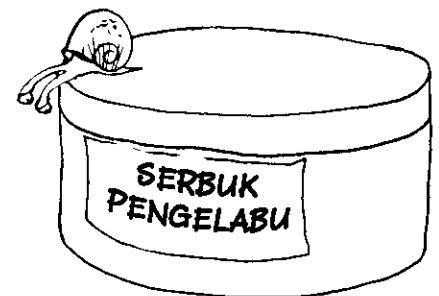
Mungkinkah waktu jadi barang langka yang hanya bisa ditemukan di semesta tertentu saja?

Mengerikan!



Yah, menurut apa yang kulihat dan kudengar... RUANG, WAKTU, ALAM SEMESTA, semua itu hanya serbuk pengelabu mata saja


Apakah itu yang jadi elemen universal dari segala sesuatu?



(*) waktu kosmik yang bisa jadi rerata WAKTU AKTUAL.

PARTIKEL-PARTIKEL ELEMENTER

Eh, daripada berpangku tangan begitu, lebih baik bantu aku mengelompokkan PARTIKEL-PARTIKEL ELEMENTER yang tidak beraturan ini.



Yang ini memiliki panjang gelombang Compton λ_c amat kecil!

Tapi bermassa amat besar. Partikel ini bernama HYPERON (*)

Selanjutnya adalah HADRON. Anggotanya termasuk PROTON dan NEUTRON (berikut antiproton dan antineutron). Kedua partikel ini bergabung membentuk INTI. Untuk melahirkan partikel ini, harus ada suhu radiasi lebih dari 10^{15} K, atau sepuluh trilyun derajat

Itu temperatur ambang mereka

Panjang gelombang Compton pada proton dan neutron adalah $1,35 \times 10^{-12}$ cm atau seper satu trilyun cm.

DILARANG MENGENDUS NEUTRON

(*) Partikel hipotetis menurut perkembangan ilmu terkini

HADRON berasal dari bahasa Yunani, HADROS, yang berarti «berlimpah»

Tiresias, sejak kapan kau bisa berbahasa Yunani?

Memang HADRON itu banyak sekali, dan tentu jumlah ANTI HADRON sama banyaknya

Nah, yang ini LEPTON (*)

LEPTON

ANTILEPTON

Untuk melahirkan partikel-partikel ini, perlu temperatur radiasi (temperatur ambang) 6 milyar derajat Celcius

LEPTON yang paling terkenal adalah elektron, dan pasangan antielektronnya, POSITRON. Menurut catatan kami, suhu ambang kelahiran elektron 1850 kali lebih rendah ketimbang suhu ambang proton dan neutron.

Wajar saja, karena untuk melahirkan elektron butuh energi 1850 kali lebih sedikit dibanding proton

* berasal dari bahasa Yunani, LEPTOS, artinya kurus

SEMUA BERANJAK MENINGGALKAN TEMPAT



Ini situasi kronogen paling menakutkan (waktu siap beranjak). Kronotron mulai bergerak, dan inilah KEJADIAN pertama, DETIK ke satu.



Anda mau kemana?
Apa yang terjadi?

Ini EKSPANSI... semuanya ambruk ...
jejaring semesta mengendur. Maafkan aku...

Lebih baik
aku pergi ke
jagat lain

Aku tak kuat
menghadapi perubahan!

Eh !?

Sebentar lagi pasti reda.
Lihat saja!

Sumpah!
Dia amat mengecewakan kita!

Hmm..

Selamat tinggal. Selamat
menyambung hidup

Gagal lagi
kali ini!

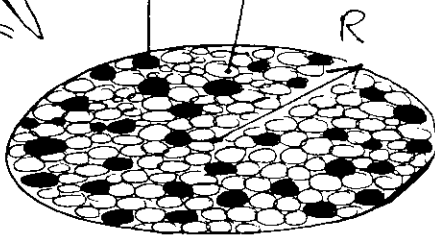
Dia jalan lewat mana?

Seperti lubang got yang ada tutupnya.
Apa itu kuburan alam semesta?

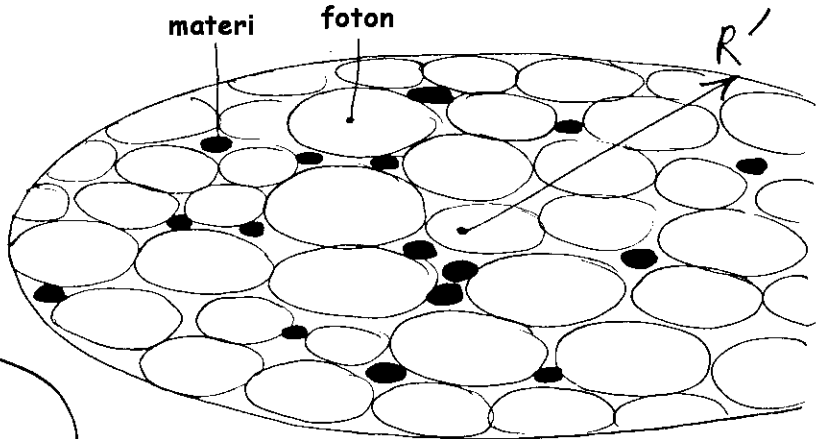
KONSERVASI MASSA

Perhatikan apa yang terjadi tadi, foton-foton ini membengkak, sementara ukuran partikel materi tetap

materi foton

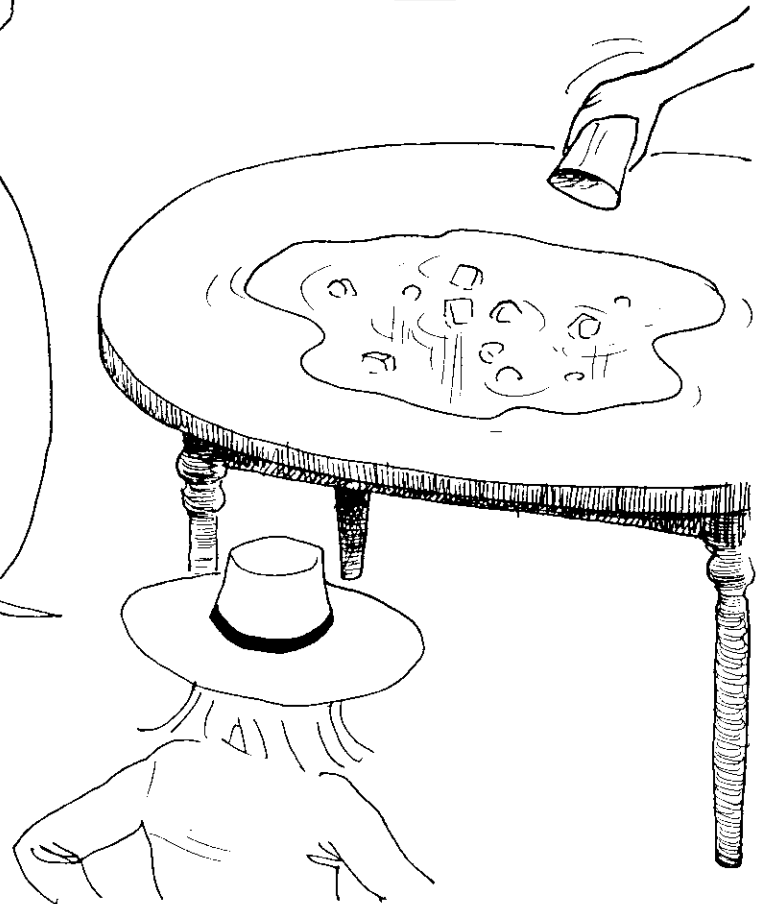


materi foton



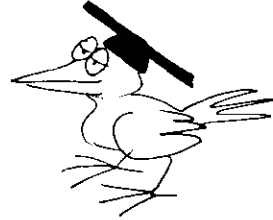
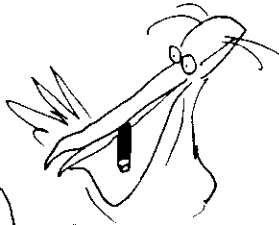
Materi atau zat itu laksana ruang yang beku

Kejadian ini mirip dengan peristiwa yang terjadi jika kita menuang air dan es batu ke atas meja. Massa air akan melar, membesar. Es batu juga akan bergerak mengikuti pemelaran itu, namun besar ukurannya tetap

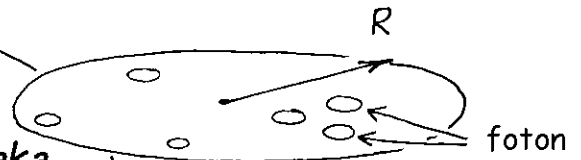


Karena ukuran partikel materi berkaitan dengan massa,
maka bisa disimpulkan bahwa MASSA itu TETAP

Sebaliknya, gugusan foton yang melar melebar
akan kehilangan ENERGI



Jika R merupakan jari-jari semesta,
dan jika panjang gelombang λ foton mengalami
penambahan (λ berubah seiring perubahan R), maka
bisa disimpulkan pula bahwa temperatur radiasi,
yang berubah sebesar $1/\lambda$,
juga berkurang sebesar $1/R$



Semuanya berlangsung seolah-olah
semesta membangun ruangnya sendiri,
atau KOSMOTOPE (*), dengan
mensekresi...bidang hampa...

Materi atau zat dan cahaya adalah dua bentuk berbeda
dari satu entitas yang sama, yaitu ZAT-ENERGI. Jadi, foton
bisa mempertahankan kecepatannya pada 300.000 km/dtk,
tetapi kehilangan sebagian energinya

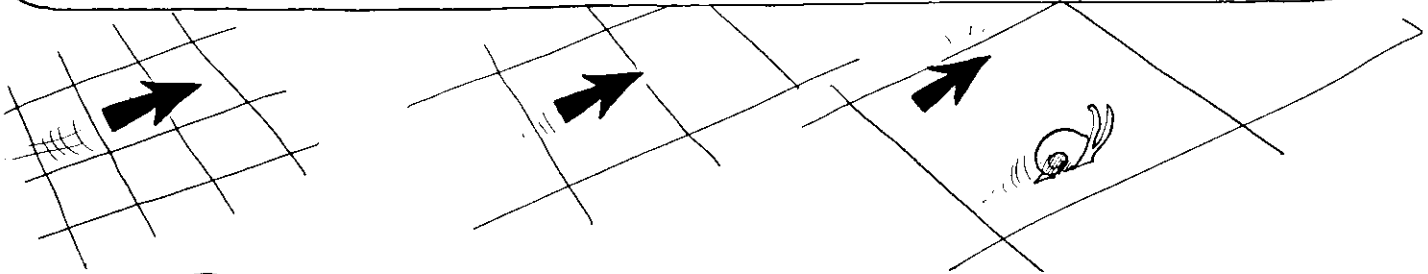
(*) dari istilah kosmos: alam semesta dan topos : tempat;
--> tempat alam semesta berada.

Inilah gambaran rinci tentang pemelaran foton dan energi yang hilang karena itu



Tetapi apa yang dialami zat selama ekspansi ini?

Alam semesta mensekresi ruang seperti hewan yang membangun cangkangnya. Seiring berlalunya waktu, semakin panjang rentang ruang yang harus dilalui partikel. Ketika ruang membesar dua kali lipat, kecepatan gerak partikel materi pun turun separuhnya. Dengan demikian, energi kinetiknya terbagi 4: perubahan kecepatan gerak berbanding terbalik dengan jari-jari R semesta, sedangkan perubahan temperatur T_m sama dengan $1/R^2$



Tapi baru saja kita lihat bahwa temperatur radiasi TR berubah sebesar $1/R$. Berarti zat atau materi cenderung lebih cepat menjadi dingin?



Capek aku...

Memang betul. Tapi tumbukan foton-zat akan membuat suhunya naik lagi. Karena tumbukan terjadi berulang kali maka zat mampu mempertahankan kesetimbangan termodinamika ($TR=T_m$), selama kurun waktu tertentu.



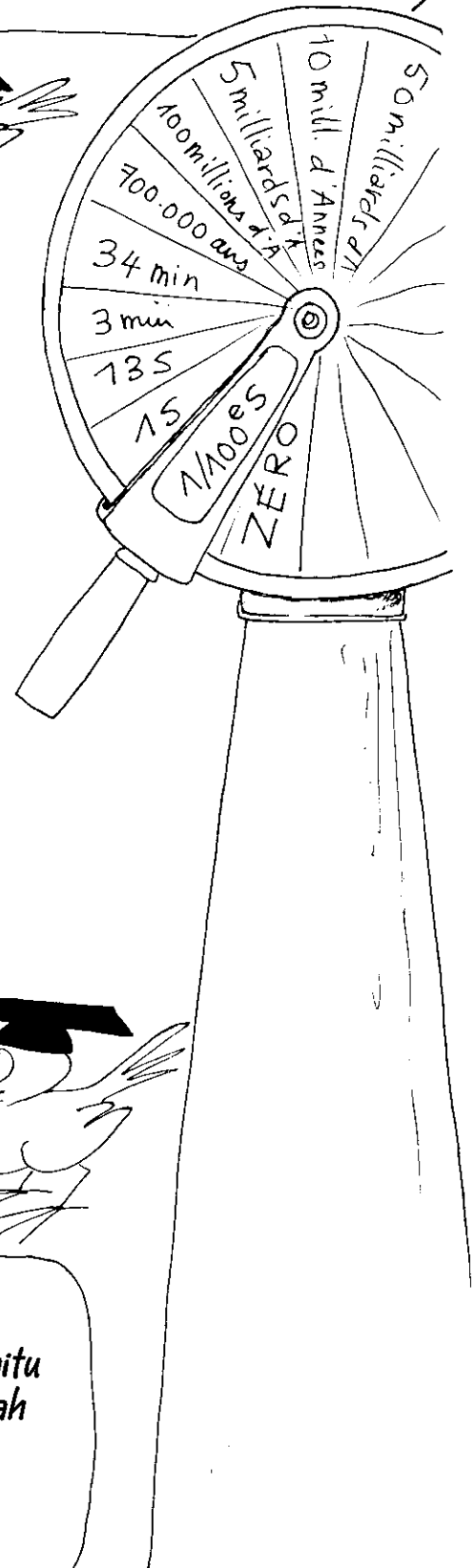
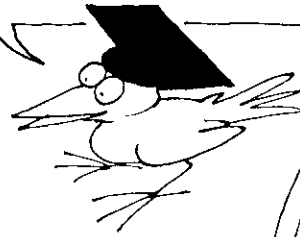
Terima kasih,
kawan-kawan

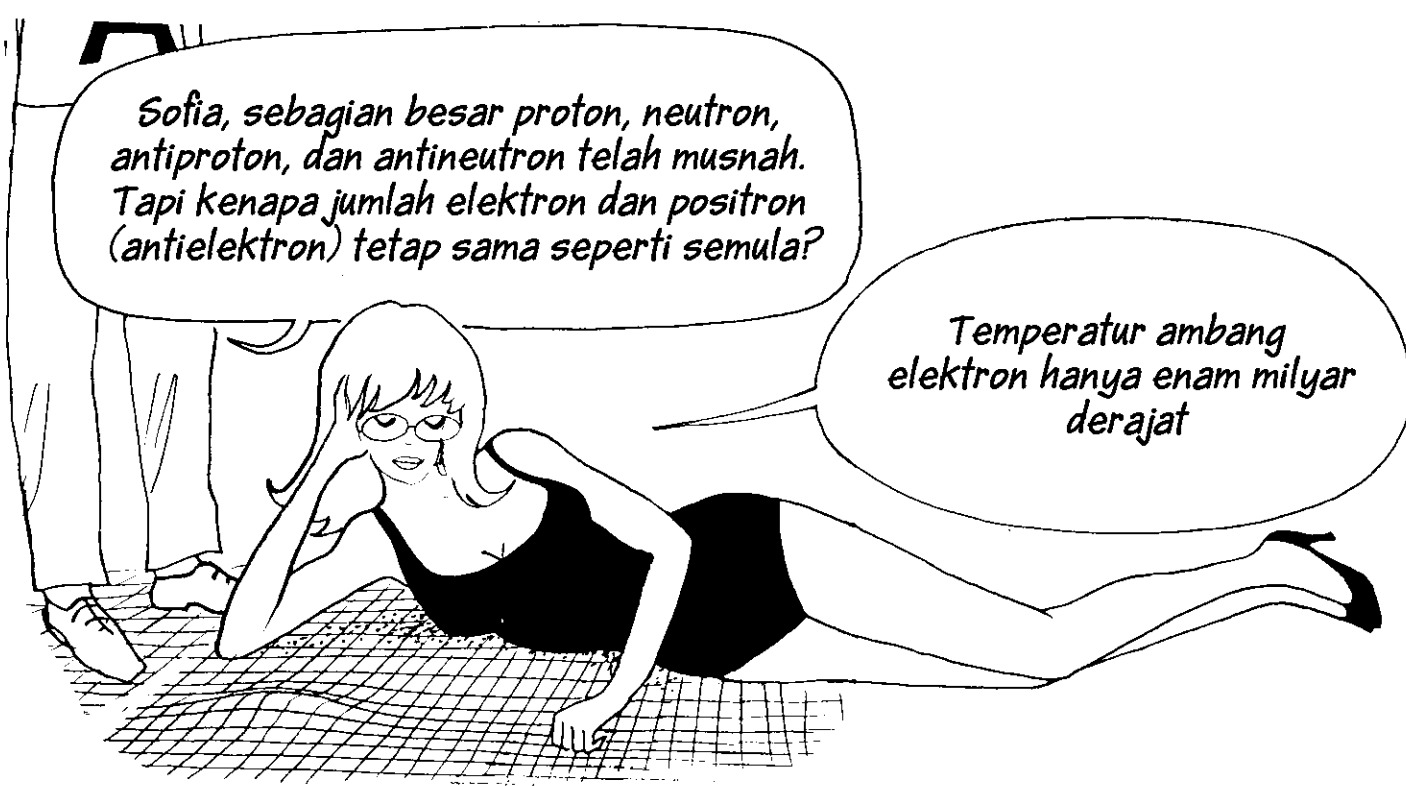
Satu per seratus detik

Kecepatan proton, neutron, antiproton,
dan antineutron tinggal sepersepuluh kali
kecepatan cahaya c .



Temperatur ($TR=T_m$) mereka menurun drastis hingga
100 milyar derajat, jauh di bawah temperatur ambang yaitu
10 ribu milyar derajat. Partikel-partikel tersebut musnah
sepasang demi sepasang dengan laju begitu pesat
dan hanya satu per satu milyar
yang mampu bertahan hidup





Sofia, sebagian besar proton, neutron, antiproton, dan antineutron telah musnah. Tapi kenapa jumlah elektron dan positron (antielektron) tetap sama seperti semula?

Temperatur ambang elektron hanya enam milyar derajat

Enam milyar derajat, kau dengar itu?

Wah, makin dingin!

Ini yang aneh: temperatur mereka 100 milyar derajat, tapi proton, neutron, beserta antipartikelnya, bergerak dengan kecepatan sepersepuluh kali kecepatan cahaya. Padahal elektron selalu relatif.

Ya, lalu kenapa?

Mengingat sistem selalu dalam KESETIMBANGAN TERMODINAMIKA, maka penyatuan bermacam pasangan partikel selalu kencang lajunya. Energi kinetik partikel-partikel materi rata-rata sama:

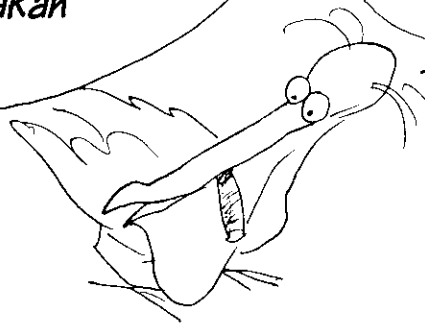
$$\frac{1}{2} M_{\text{proton}} (V_{\text{proton}})^2 = \frac{1}{2} M_{\text{elektron}} (V_{\text{elektron}})^2$$



Tunggu dulu... berhubung massa elektron 1850 kali lebih kecil ketimbang proton, maka untuk mengimbangnya di suhu milieu yang sama, kecepatan gerak elektron harus jauh lebih tinggi daripada proton

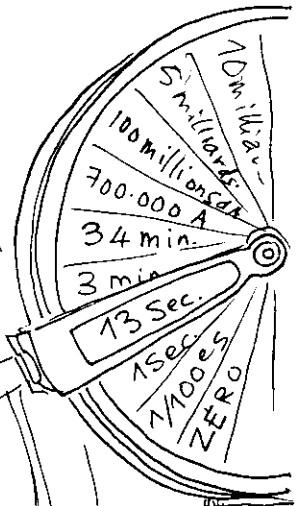
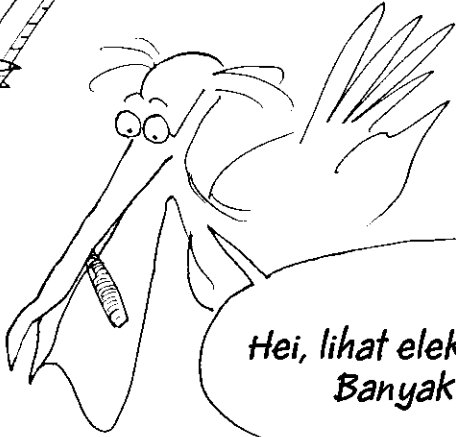
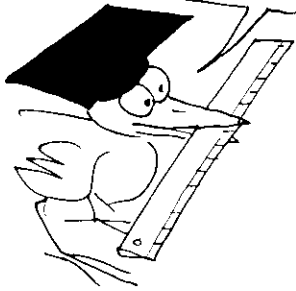
Memang betul, mengingat energi ambang kelahiran partikel dengan massa m adalah mc^2 , maka apabila kecepatan gerak V berada jauh di bawah c , kelahiran partikel-partikel ini akan terhenti dan selanjutnya akan terjadi depopulasi

Dengan kata lain, jika populasi partikel materi tidak relasional lagi, ia pasti binasa!



Tiga belas detik

Temperaturnya menurun tajam
hingga tiga milyar derajat



Hei, lihat elektron dan antielektronnya!
Banyak sekali yang musnah!

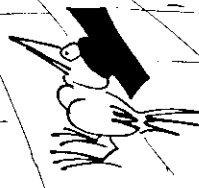
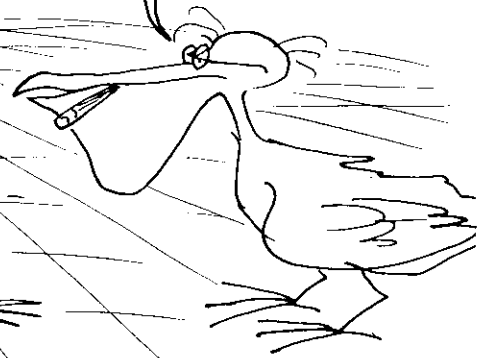


Celaka, temperatur mereka
di bawah ambang batas

Ini laksana medan pembantaian !

Lagi-lagi yang
bertahan hidup hanya
satu per satu
MILYAR!

Korban sia-sia...



Untuk sementara yang bisa bertahan tinggal... foton. Syukurlah...

Apa mungkin ada jagat lain yang seburuk ini di luar sana...

Salah satu misteri kosmologi terbesar yang belum terjawab ialah mengapa materi dan antimateri tidak saling membinasakan

Ceritanya selalu sama... pertanyaan tentang ANTIMATERI tiba-tiba hilang dari peredaran Pffff! Antimateri... hilang!!

Tiresias, ingat konvensi kita. Hanya boleh mengungkap FAKTA! Dilarang menyampaikan spekulasi (*)

Muak aku pada epistopam ini

Ssst...

(*) akan terbit album khusus yang membahas pikiran-pikiran spekulatif "KARNAVAL ILMU PENGETAHUAN : Antologi gagasan-gagasan jauh ke depan".

ERA RADIASI

Partikel sudah tak punya MASSA lagi

Sekarang tak ada hal istimewa lagi di semesta ini selain cahaya

ENERGI-ZAT atau materi, yang semula terbagi rata dalam bentuk zat, antizat, foton, dan neutrino, kini nyaris hanya berbentuk foton dan neutrino, atau radiasi. Setiap kali jari-jari atau radius semesta R bertambah, kerapatan materi akan berkurang. Ini melulu soal dilusi...

Di hamparan karpet dua dimensi, bila R membesar dua kali lipat, kerapatannya terbagi menjadi 4 (2×2). Sedangkan di alam tiga dimensi, kerapatannya terbagi menjadi 8 ($2 \times 2 \times 2$)

Kerapatan zat berbanding terbalik dengan « besaran » kubus (kubik), atau « jari-jari » R semestanya

Tapi nasib kami para foton lebih dramatis lagi. Ekspansi meluluhkan energi kami sedikit demi sedikit. Jumlah energi-zat yang kami angkut menyusut, dan besarnya berbanding terbalik dengan jari-jari R semesta

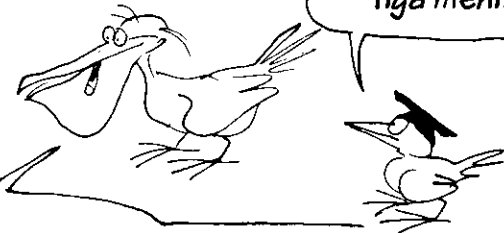
Itulah sebabnya kerapatan energi-zat dalam bentuk foton besarnya berbanding terbalik dengan R pangkat empat

Selama zat atau materi tetap berpasangan dengan foton, maka materi akan selalu dipanasi. Itu berlangsung hingga suhu keduanya ($T_R = T_m$) turun ke 3000 derajat, atau selama kurun waktu 700.000 tahun.



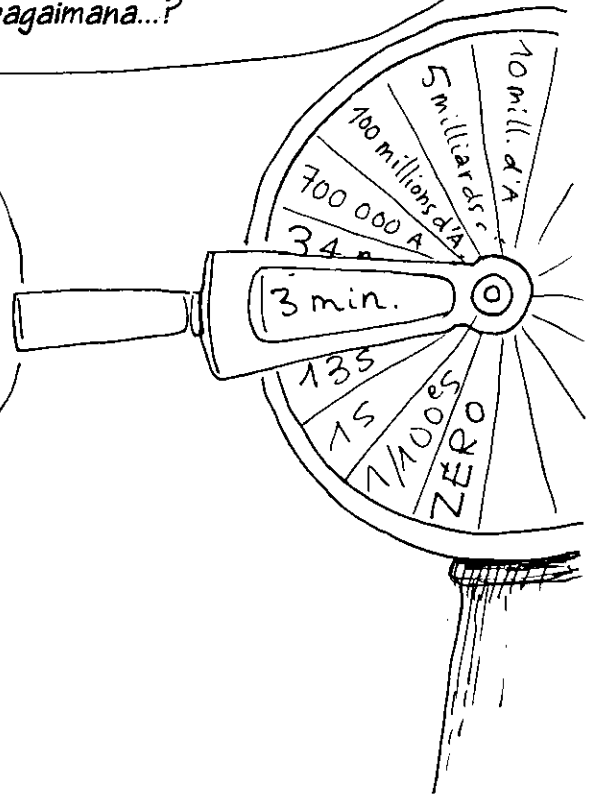
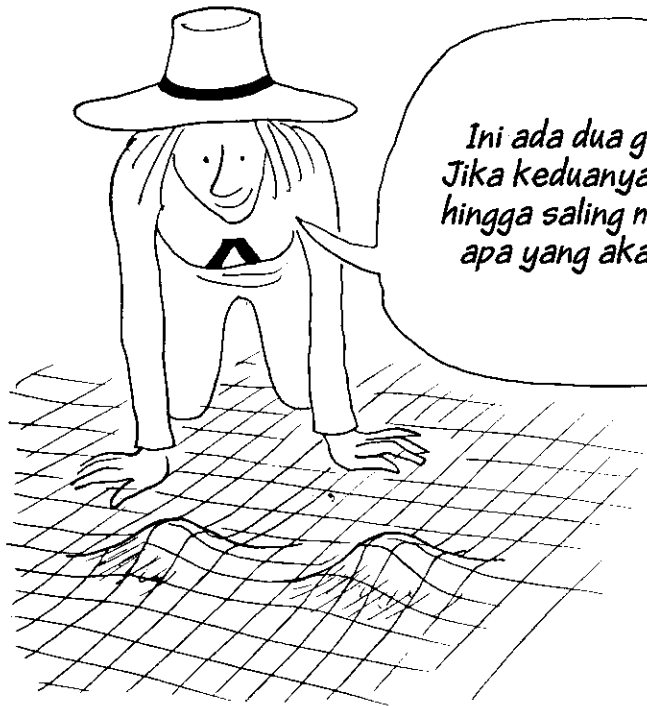
NUKLEOSINTESIS

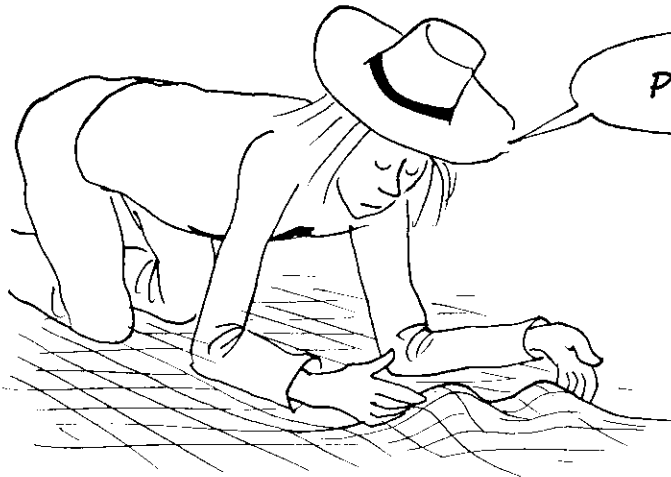
tiga menit



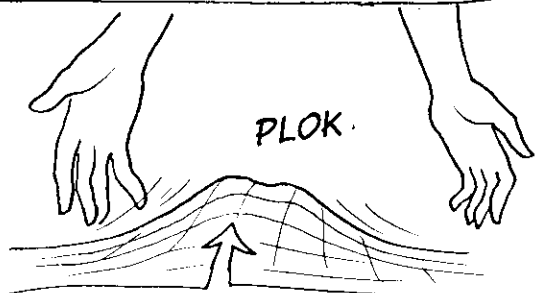
Nah...jika dibandingkan dengan keadaan di halaman 31, pada seperseratus detik pertama, jari-jari R semesta meningkat seratus kali lipat, dan suhu ($T_R = T_m$) menurun tajam hingga satu milyar derajat. Dan tak ada lagi yang tersisa. Seterusnya bagaimana...?

Ini ada dua gundukan.
Jika keduanya ku dorong
hingga saling membentur,
apa yang akan terjadi?



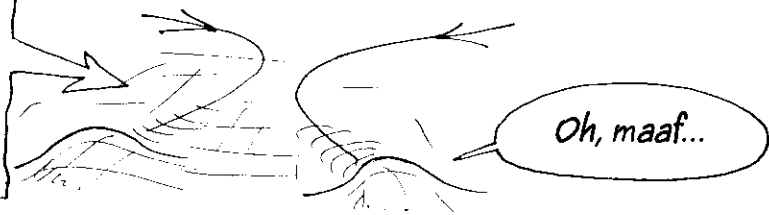


Pertama-tama mereka akan saling menolak



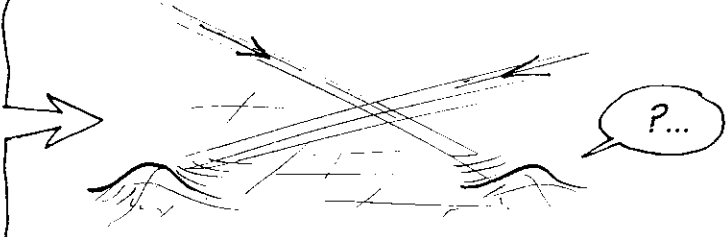
Lalu saling tarik menarik untuk membentuk gundukan tunggal

Jika dua gundukan saling bertumbukan, maka ada tiga kemungkinan... bila gerakannya lambat, keduanya akan terpental dan saling menjauh ...



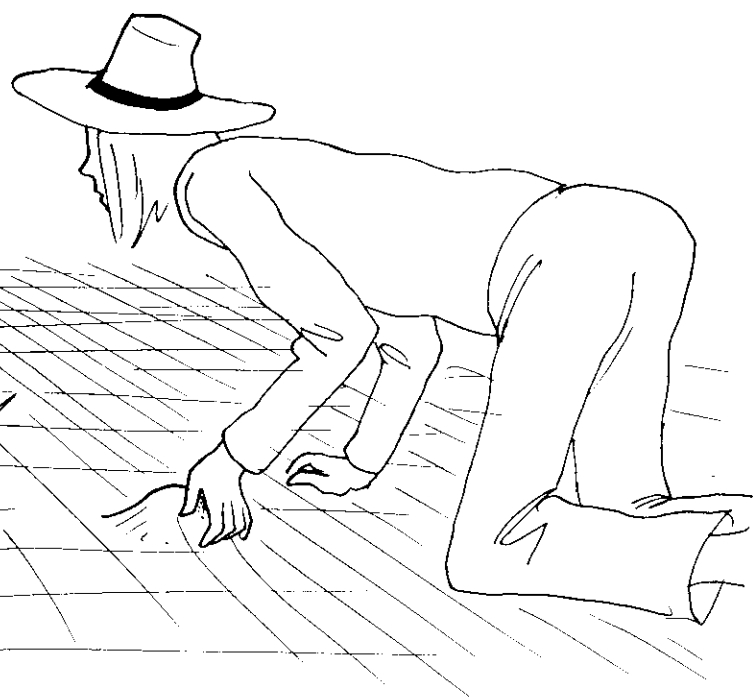
Oh, maaf...

Bila gerakannya melaju cepat, keduanya akan bersilangan tanpa sempat berinteraksi



?...

Jadi keduanya hanya bisa menyatu bila kecepatan gerak dan temperaturnya berada di titik tertentu



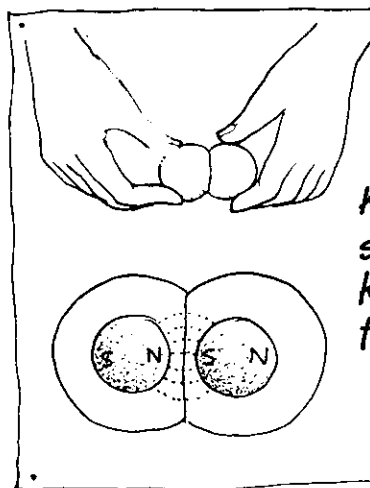
Dan tumbukan keras dengan pihak ketiga akan membuyarkan struktur yang baru terbentuk itu



Reaksi FUSI tersebut melahirkan INTI ATOM yang paling mula. Proses MORFOGENESIS ini memunculkan BENTUK-BENTUK yang paling purba, yaitu STRUKTUR mula pertama Alam Semesta

Soal itu menarik sekali. Harus ada daya tarik dan daya tolak. Bila jarak terlalu jauh, daya tolak yang lebih kuat. Bila jarak dekat, daya tarikhlah yang unggul

Akan kucoba membuat bola-bola magnet yang dibungkus dengan karet busa



Karet busa mudah ditekan, sehingga jika kutubnya, mereka akan tetap saling menempel

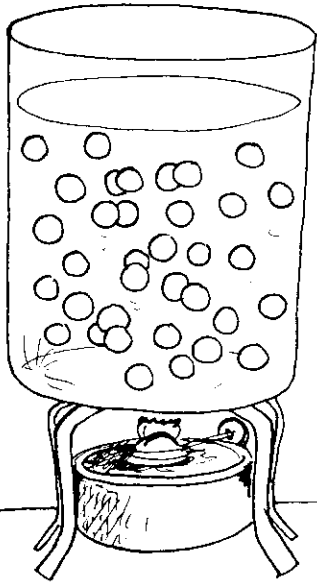
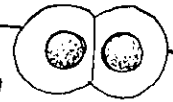
Lalu bola-bola ini ku tuang ke dalam wadah air...

...agar bisa bergerak bebas

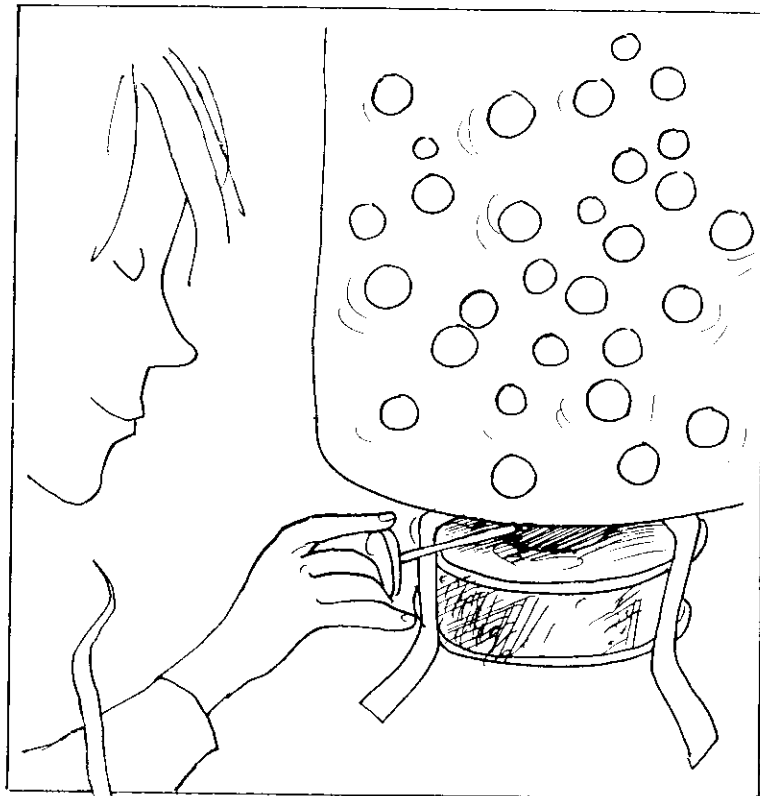
Ada dua daya yang akan beraksi, daya tarik: pada magnet, serta daya tolak: elastisitas pada karet busa ketika ditekan. Begitu bola-bola bersinggungan, daya elastis beraksi. Kekuatan daya magnetis bisa beraksi jika tekanan pada karet busa cukup kencang. Dengan demikian ada posisi tertentu atau titik konfigurasi yang tepat agar kedua daya ini bisa berimbang



Karet busa membuat kerapatan bola setara dengan kerapatan air. Kini air akan kupanaskan agar timbul lontaran gerak ...




Apabila suhu panasnya terlalu rendah, bola-bola hanya saling terpental pelan, dan tak ada akibatnya apa-apa. Saat terjadi tumbukan pelan, besaran energi yang dilepas tidak cukup kuat untuk menekan karet busa agar memungkinkan daya elektromagnetis bekerja. Padahal daya ini hanya efektif pada jarak pendek



Sekarang kinaikkan suhunya agar lebih panas





Nah, berhasil! Inilah suhu yang tepat
(lebih tinggi daripada temperatur ambang).
untuk menimbulkan agitasi

Tak salah lagi, bola-bola itu
menyatu saling berpasangan!

Tapi jika panasnya kutambah lagi,
STRUKTUR itu akan buyar
oleh agitasi thermal

Jika panasnya kau kurangi?

Anselmo membiarkan air mendingin
kembali. **TURBULENSI** mereda.
Untuk beberapa saat, beberapa bola
masih menyatu dengan pasangannya.
Namun ketika suhu semakin turun,
NUKLEOSINTESIS pun terhenti.

Sekarang tak ada lagi yang bisa dilakukan.
Suhu terlalu dingin. Bola-bola terlalu lemah
agitasinya untuk bisa menyatu dengan
pasangan masing-masing

Kita berada di bawah
temperatur **AMBANG**

Hal yang sama terjadi kala temperatur semesta turun di bawah satu milyar derajat, atau pada rentang waktu beberapa MENIT. Setelah itu akan terbentuk struktur-struktur beranggota dua, tiga, atau empat « bola ».

PROTON



NEUTRON



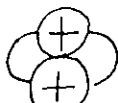
1 PROTON

DEUTERIUM



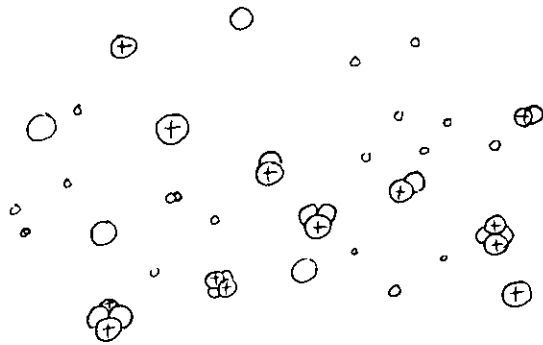
1 PROTON

TRITIUM

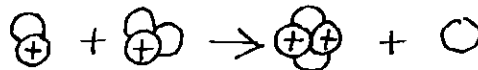


2 PROTON

HELIUM



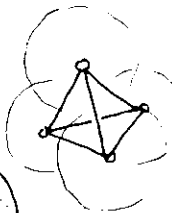
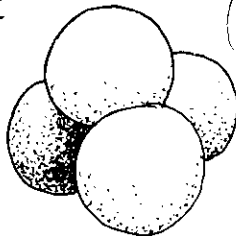
Namun DEUTERIUM dan TRITIUM yang terbentuk saat itu akan saling bergabung melalui REAKSI NUKLIR :



Deuterium + tritium jadi helium + neutron
Pada tahap ini, Alam Semesta menyerupai bom hidrogen

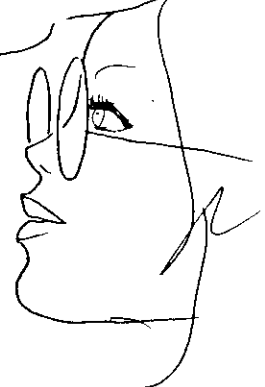


Jadi, semuanya berubah menjadi helium?



Inti helium sangat simetris, padat, dan kokoh. Jika suhu konstan, semua zat dapat berubah menjadi helium. Namun setelah 34 menit, suhu turun drastis hingga 300 juta derajat dan nukleosintesis pun terhenti. Nukleon (proton dan neutron) ini tak lagi memiliki kecepatan

memadai untuk mengatasi daya tolak elektrostatis (+ menolak +). Begitulah, segala hal turut berperan

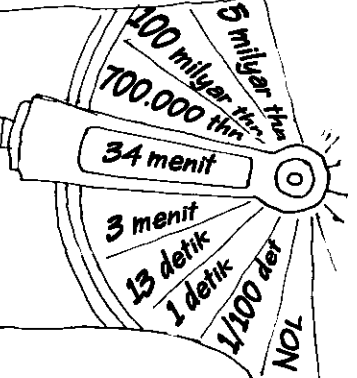


Neutron bebas yang tersisa semuanya terurai. Neutron memang tidak stabil dan hanya dalam waktu 10⁹ detik langsung berubah menjadi pasangan proton-eletron



Sudah 34 menit dari titik permulaan

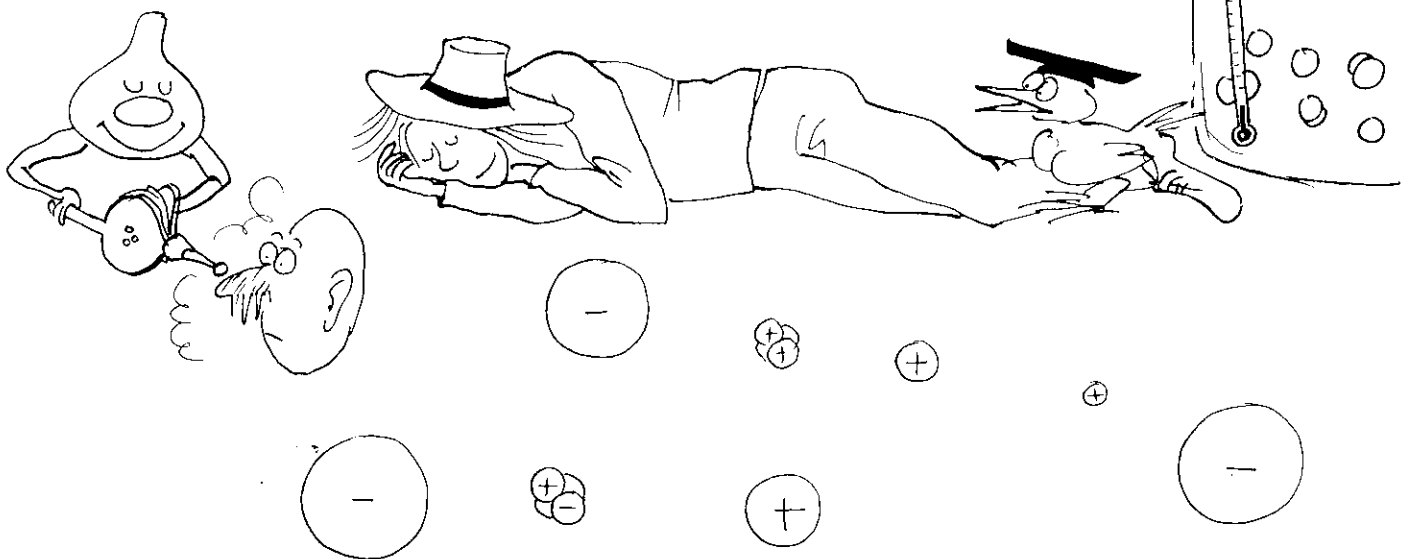
Lalu apa ya?



Di akhir fase ini, alam semesta ibarat mangkuk sop berisi FOTON, NEUTRINO, PROTON, ELEKTRON, serta INTI HELIUM. Berdasarkan ukuran beratnya, materi ini terbagi menjadi 25% helium dan 75% hidrogen (proton bebas)

HIKS!

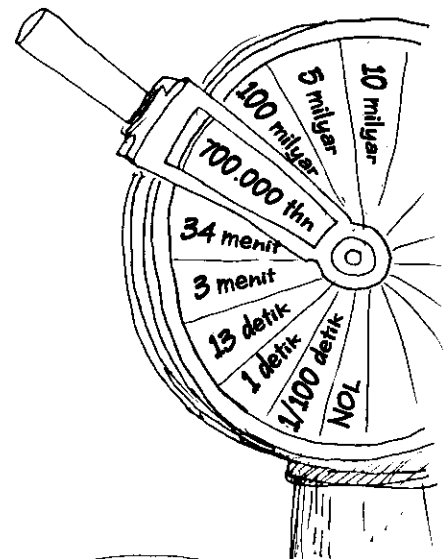
Selama 700.000 tahun TIDAK TERJADI APA-APA. Alam Semesta terus memelar, diikuti oleh foton. Gas foton terus memanasi materi sehingga temperatur T_R dan T_M tetap terjaga sama (kesetimbangan termodinamika)



Dan temperatur pun turun hingga 3000 derajat Kelvin

SEMESTA TEMBUS PANDANG

Mekanisme MORFOGENETIK yang lain lagi mulai turut berperan. Daya listrik cenderung mengikat elektron ke intinya untuk membentuk atom. Agitasi thermal menurun cukup rendah sehingga struktur-struktur yang baru terbentuk tidak langsung buyar saat bertumbukan dengan atom atau komponen lain yang ada di situ



Satu demi satu, semua elektron bebas tertangkap oleh inti

Dengan elektron gendutnya, atom-atom ini tampak aneh!

Dan semesta pun jadi TEMBUS PANDANG

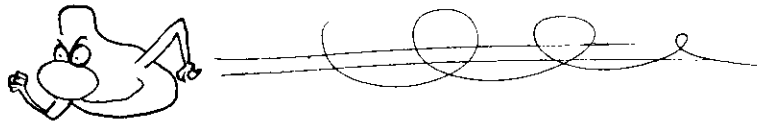
Apa maksudnya tembus pandang?
Apa sebelumnya buram?!

Sebelum ini, foton-foton terus berinteraksi dengan materi. Tapi, tak ada satu foton pun yang sanggup menerobos kerumunan materi di sekitarnya.

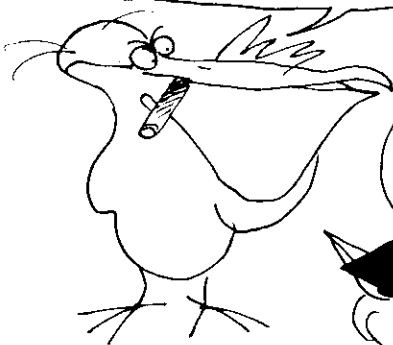
Huuh!

DEKOPULASI

Kini semuanya berakhir, para foton bisa mengembara ke seluruh penjuru semesta tanpa menghiraukan keberadaan materi: itulah yang disebut DEKOPULASI. Ada dua alasan untuk itu: pertama, ruang alam semesta semakin terbuka lebar; kedua, foton tak kerap lagi berinteraksi dengan materi netral (atom).



Tapi kawan, teleskop selalu mengirim citra yang terkadang seperti «liputan langsung dari zaman purba...», betul 'kan?



Ya tapi dengan teleskop berkemampuan fantastis pun, kita tak mungkin bisa mengamati fenomena yang terjadi ketika usia alam semesta baru 700.000 tahun.



Jadi...masa purba alam semesta akan tetap samar-sama, penuh dengan nebula

Ya, tak mungkin mengungkapnya dengan metode psikoanalisis



Ketika materi dan foton berhenti berinteraksi dan tak lagi bertukar energi, KESETIMBANGAN TERMODINAMIKA pun BUYAR. Temperatur materi T_M turun lebih cepat (berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari R semesta) dibanding temperatur foton, atau temperatur radiasi T_R , yang hanya berbanding terbalik dengan jari-jari R semesta.

Hai!

Hidup untuk diri sendiri sekarang ini

Eh, apa yang terjadi? Seperti malam melanda tiba-tiba? Kenapa mendadak dingin sekali..?

Semesta memasuki masa senja kala. Dingin terus berlangsung. Langit ungu berubah merah tua, malam pun tiba bagai selimut beku. Masih ada satu milyar foton asli bagi setiap atom helium atau hidrogen. Tapi foton-foton ini, setelah menempuh perjalanan ekspansi yang begitu panjang, menderita semacam penyakit lesu darah.

BIG BANG itu telah berakhir. Untuk sementara, tak ada yang tersisa (satu diantara semilyar partikel!). Semuanya gelap gulita seperti berada dalam terowongan

Brrr...dingin luar biasa!!

Panjang gelombang foton $0,15 \text{ mm}$, sesuai dengan temperatur radiasi $T_R = -173^\circ\text{C}$.

Sekarang atom bergerak dengan kecepatan 150 m/dtk , sehingga temperatur materi $T_M = -267^\circ\text{C}$

Ya, kurasa aku mulai mengerti cara bekerjanya semesta alam

Tapi masih ada satu pertanyaan penting: untuk apa semua ini?

Ya Anselmo benar, apa gunanya semua ini?

Apa memang ada manfaatnya?

Untuk memulai cerita,
pada mula pertama **APA SAJA ADA**
dalam keadaan berantakan tiada tara

KARUT-MARUT

Kemudian alam semesta mulai
membuat **STRUKTUR** yang makin lama
makin **RUMIT**, inti, atom...

Aku telah menemukan
prinsip dasar kosmologi

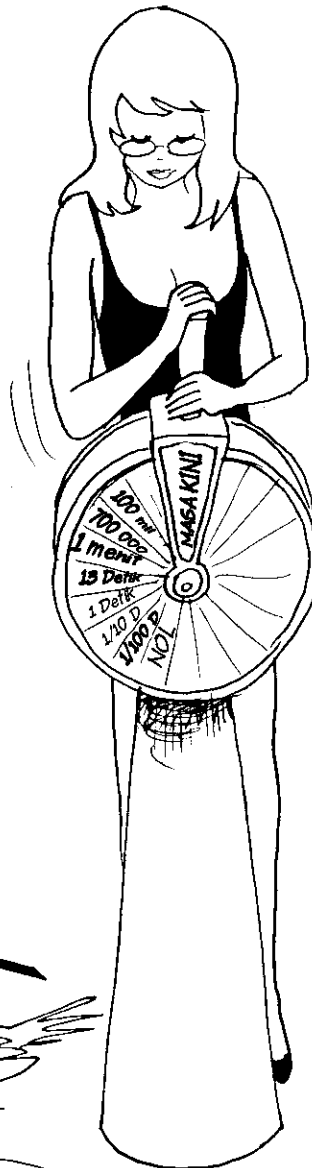
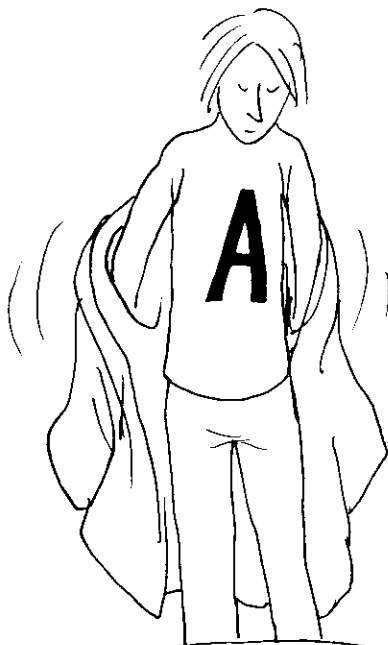
Oh ya...
apa itu?

**KALAU BISA RUMIT KENAPA
BIKIN YANG MUDAH?**

Tidak buruk cerita kalian itu.
Tapi itu merupakan spekulasi,
fantasi para ahli teori.
Siapa yang menjamin bahwa
itu benar-benar terjadi?



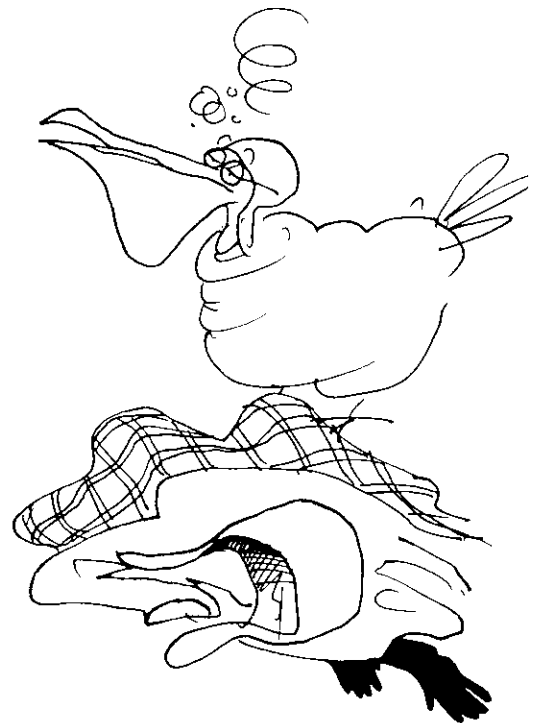
Untuk menjawab pertanyaan Leo, mari kita tinggalkan
alam karpet ini dan kembali ke masa kini.



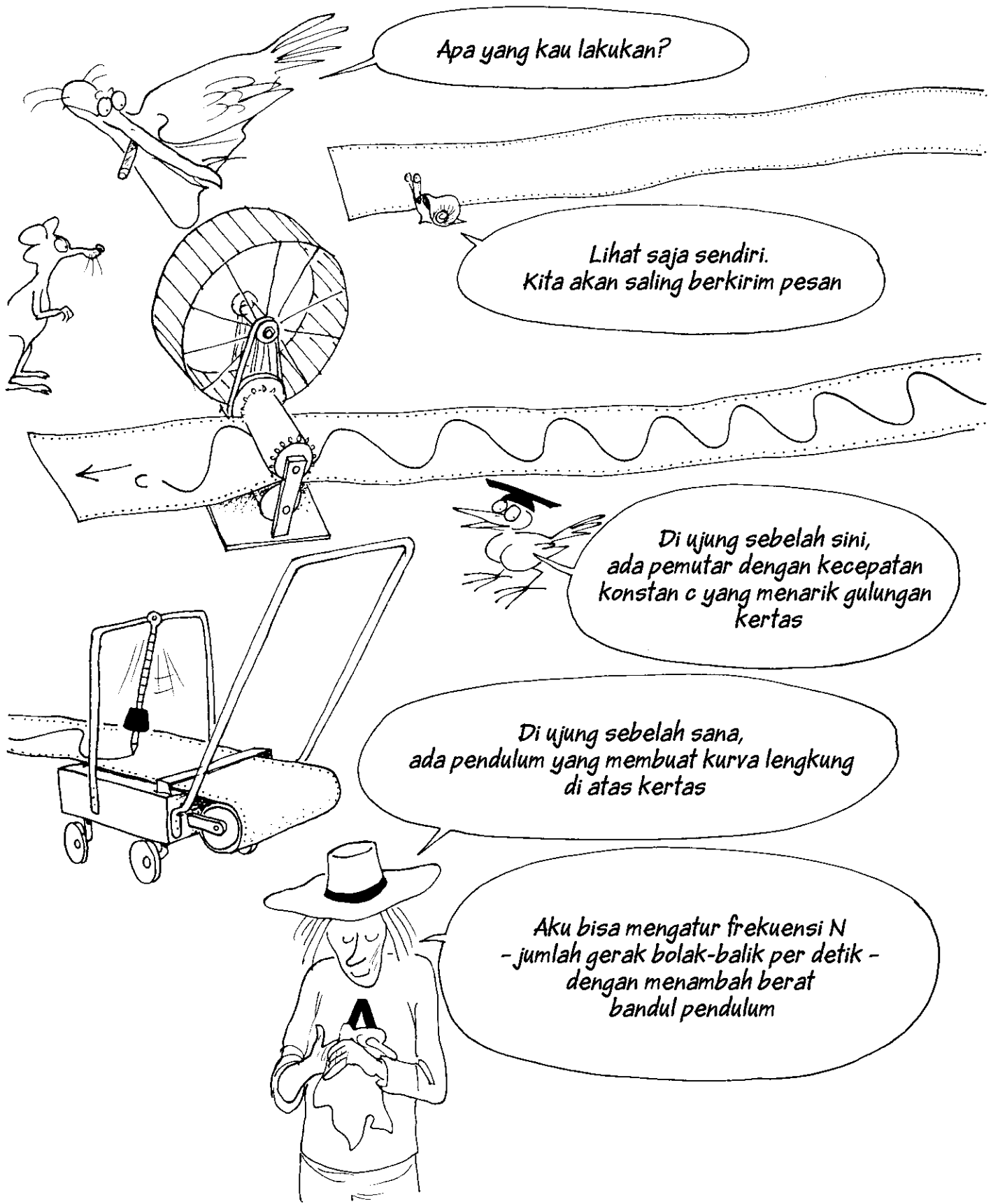
Dan segala kejadian di situ?
Pembentukan galaksi,
bintang-bintang?... tak usah
dihiraukan lagi?...



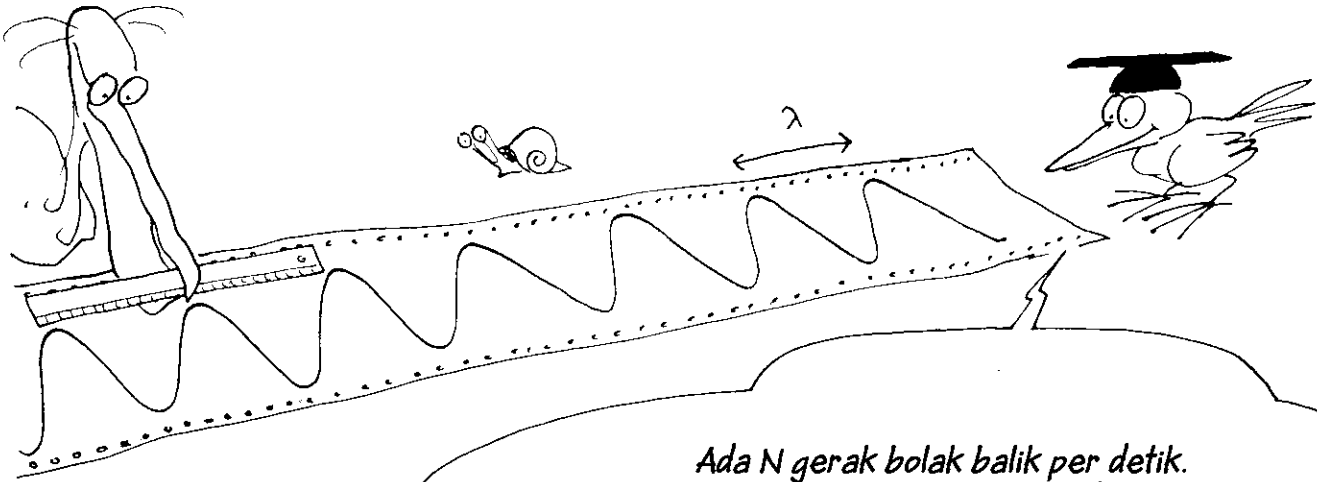
Itu nanti, Tiresias, kelanjutannya
ada di album MILLE SOLEILS
(SERIBU MATAHARI)



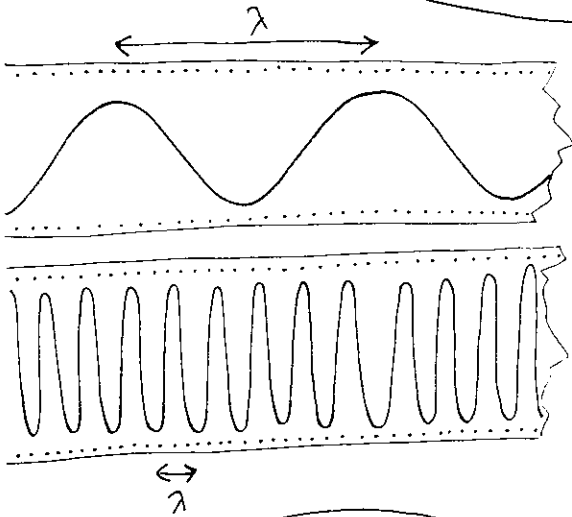
EFEK DOPPLER



Ah, baiklah! Dan aku bisa mengukur panjang gelombang yang diterima



Ada N gerak bolak balik per detik.
Artinya, setiap gerak bolak-balik pendulum berlangsung selama N detik: itulah yang disebut PERIODE gelombang.
Selama kurun waktu itu, pita bergerak sepanjang $\lambda = c / N$ (panjang gelombang)



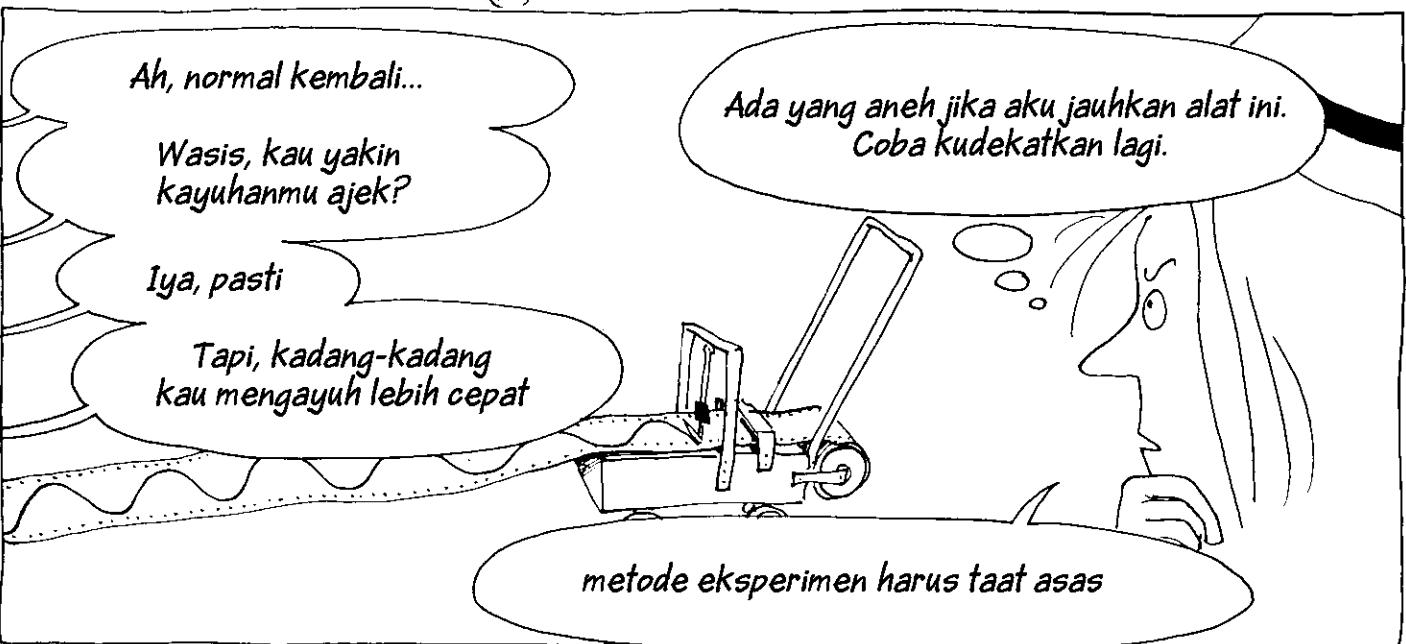
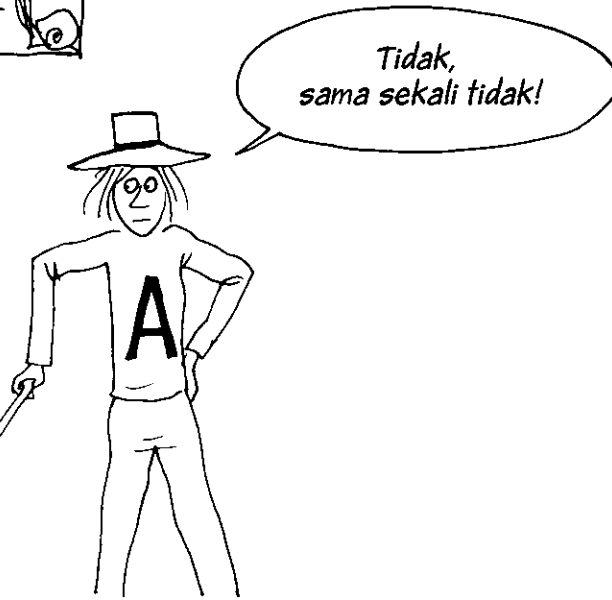
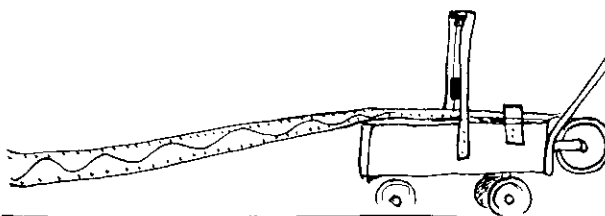
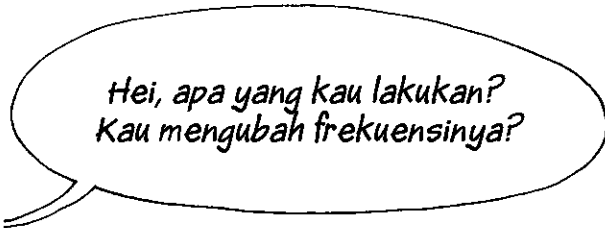
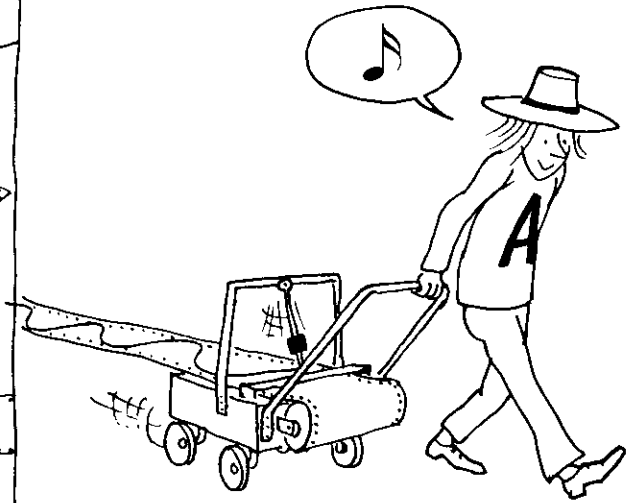
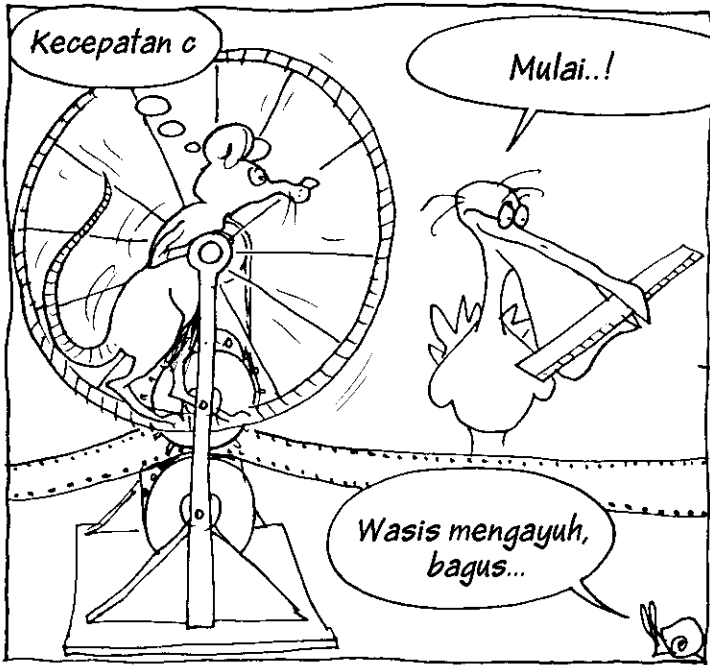
Frekuensi rendah, periode panjang, gelombang lebar.
Frekuensi tinggi, periode pendek, gelombang sempit.

Ini dapat dipakai berkomunikasi

Komunikasi memang penting

Baiklah, aku akan membuat uji coba transmisi jarak jauh

Siap?

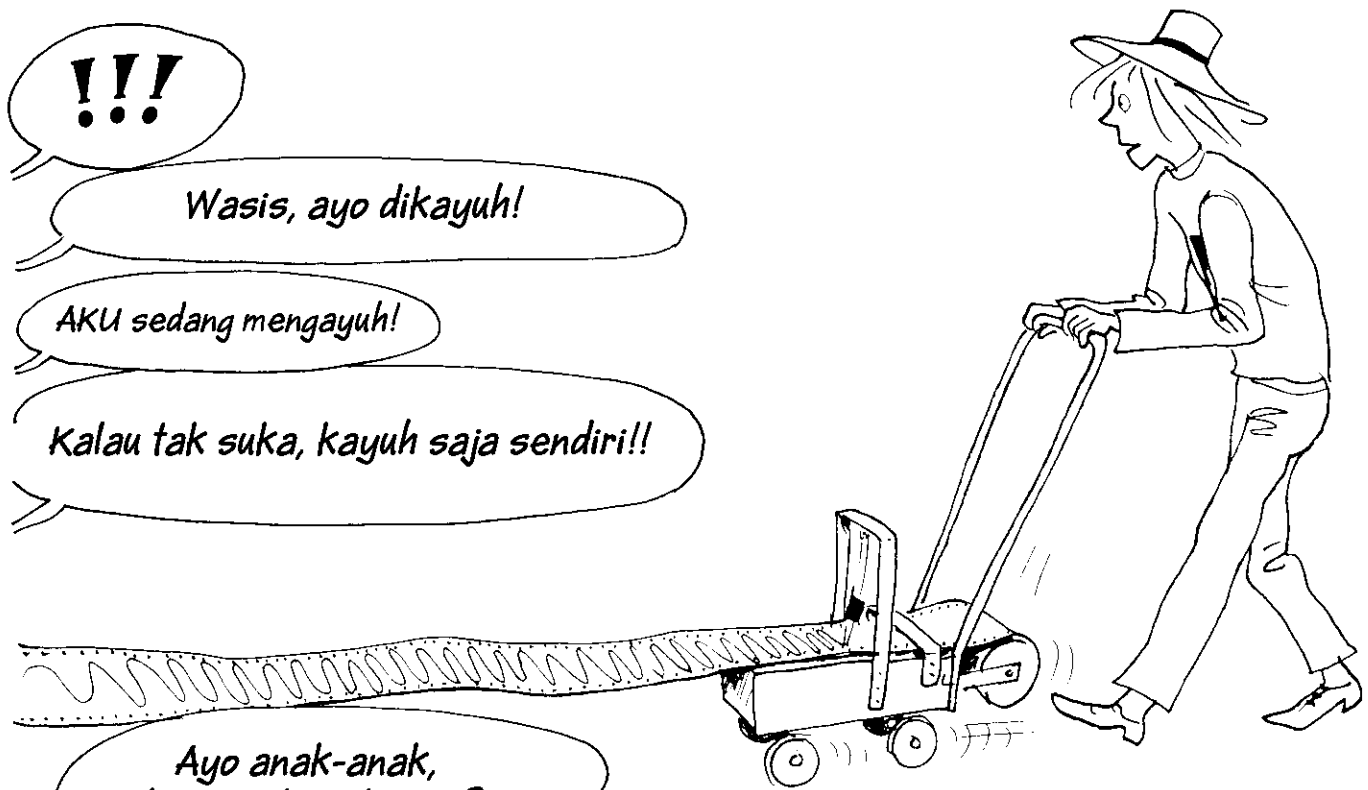


!!!

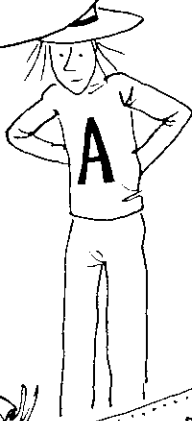
Wasis, ayo dikayuh!

AKU sedang mengayuh!

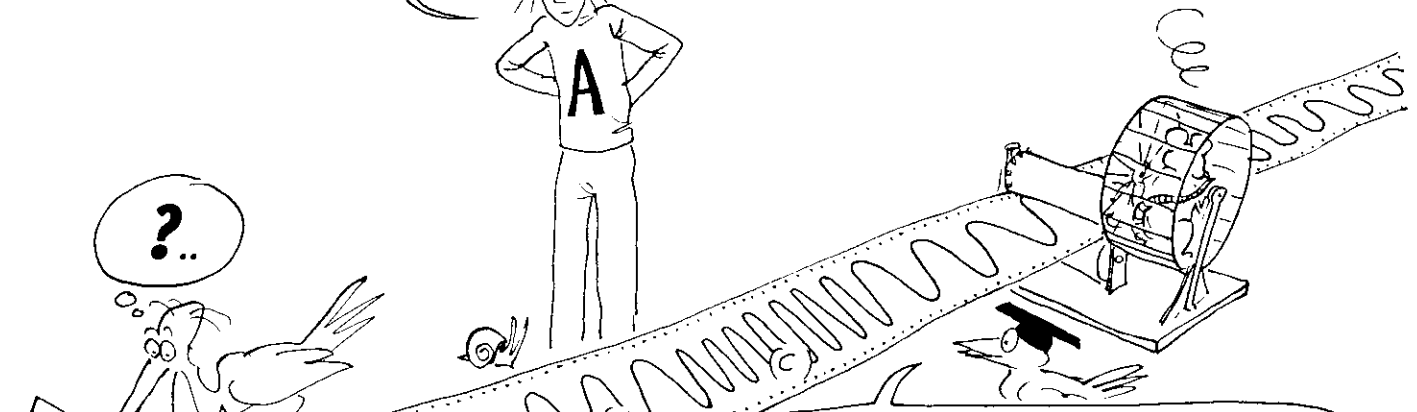
Kalau tak suka, kayuh saja sendiri!!



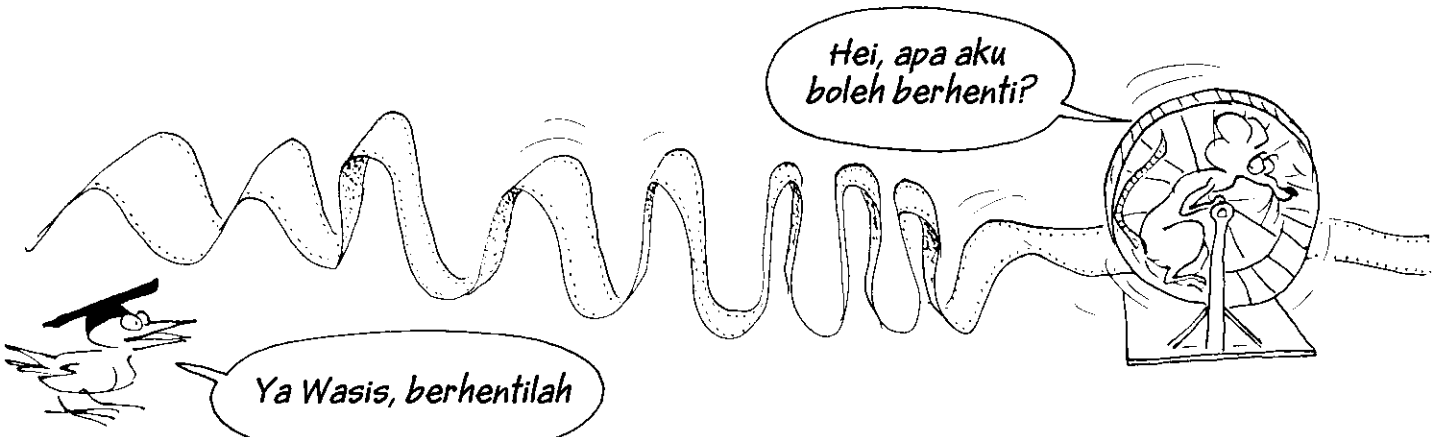
Ayo anak-anak, kenapa bisa begini?



?..



Sekarang sudah kembali normal. Tapi, tadi panjang gelombangnya melebar (A), artinya frekuensinya menurun di titik penerimaan. Setelah interval kembali normal (B), frekuensi di titik penerimaan pun naik (C), ...artinya panjang gelombang λ menyempit lagi



Hei, apa aku boleh berhenti?

Ya Wasis, berhentilah



Kata Wasis kayuhannya selalu ajek

Mungkin kertasnya yang melar atau mengerut?

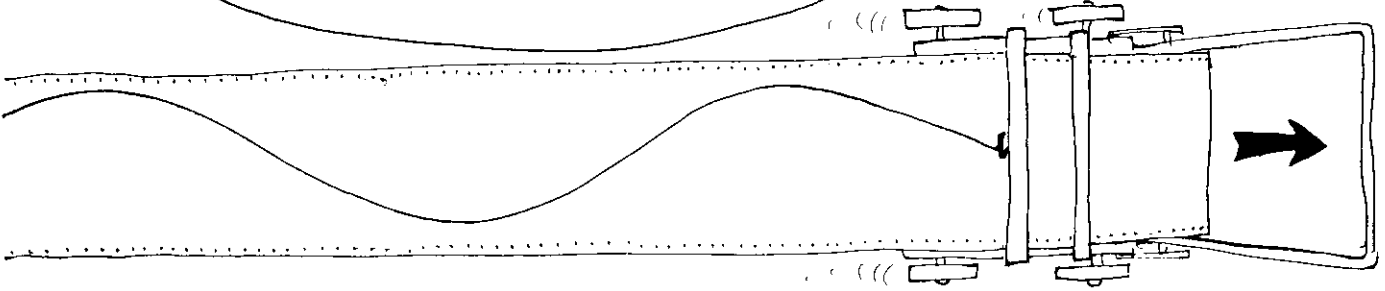
Bukan, Anselmo, itu efek Doppler-Fizeau

Efek apa?!?

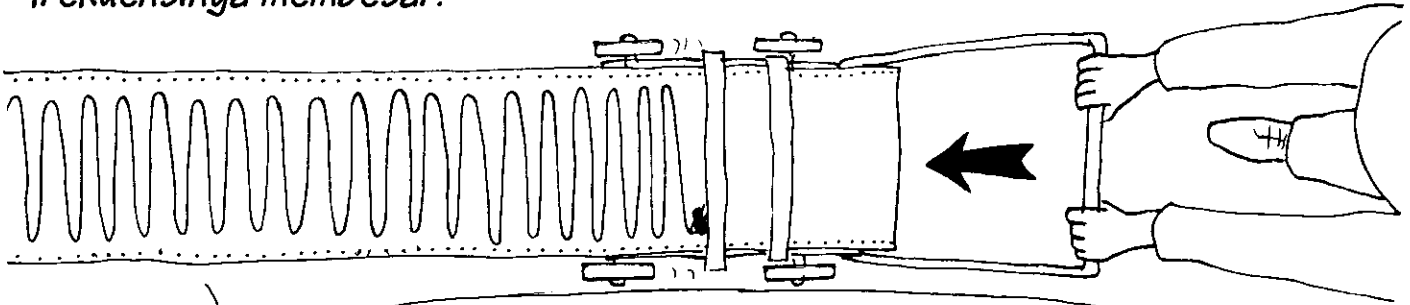
Ketika kau menggeser troli, frekuensinya jadi berubah



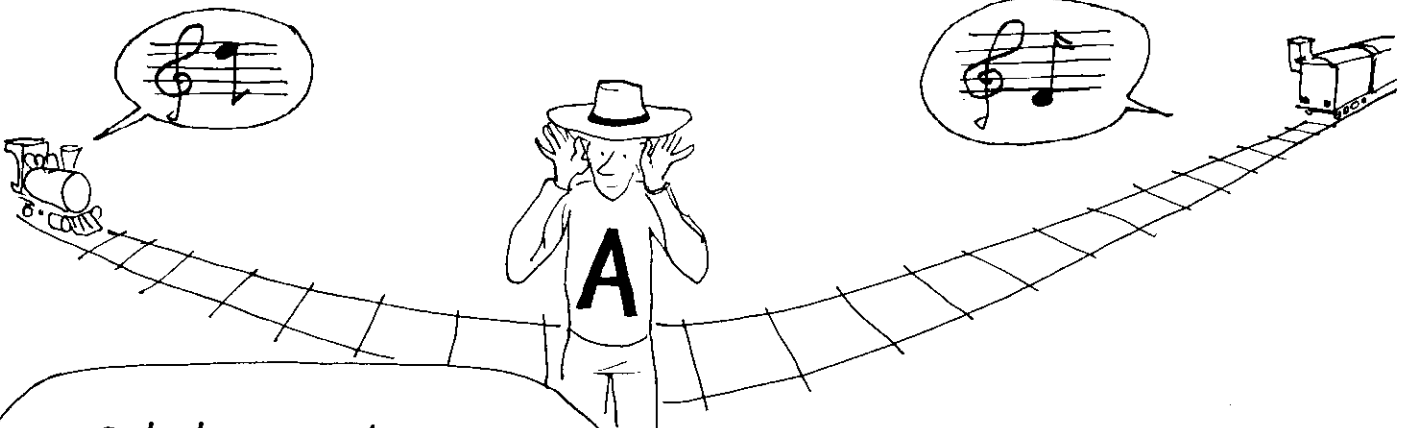
Saat troli menjauh, kurva lengkungnya melebar dan frekuensinya tampak mengecil



Saat troli mendekat, maju ke arah gulungan pita, lengkung kurvanya jadi menyempit dan frekuensinya membesar.



Itu persis seperti bunyi peluit kereta api yang melintas kencang. Ketika mendekat nada suaranya meninggi, dan ketika menjauh nada suaranya merendah.



Jadi, dengan sistem serupa, jika kuketahui lebih dulu panjang gelombang sinyal yang dipancarkan oleh pemancar tak bergerak, maka bisa kuhitung kecepatan pemancar itu ketika maju mendekat atau mundur menjauh

Asas yang berlaku untuk suara juga berlaku untuk cahaya. Objek yang menjauh terlihat lebih merah, dan yang mendekat tampak lebih biru.



Baiklah, mari kita ulangi lagi eksperimen tentang transmisi tadi

Wasis,
siap di tempatmu

Apa dia mengubah frekuensinya!?

Atau mungkin dia menjauh...

Kejadian tadi terulang lagi.

Betul, sama seperti tadi!
Dia pasti menjauh lagi.

Ah tidak,
kalian ini bodoh sekali.
Aku masih **DI SINI**,
mana mungkin menjauh..!

Dan alat pendulumnya
masih tetap di situ!

GALAKSI BERANJAK



Itulah yang diungkapkan oleh Edwin Hubble kala menemukan EKSPANSI ALAM SEMESTA pada tahun 1930, setelah mengamati bahwa galaksi-galaksi di luar jagat raya kita bergerak kian menjauh. Berdasarkan efek DOPPLER-FIZEAU, warna mereka makin memerah seiring menjauhnya jarak.

Atom-atom hidrogen secara teretis memancarkan cahaya dengan panjang gelombang 21 cm. Dengan Efek Doppler bisa dihitung kecepatan menjauhnya mencapai 2000, 4000, dan 6000 km/dtk

Hubble bisa mengukur jarak antara kita dengan galaksi yang dipantau berdasarkan kekuatan sinar yang terpancar. Dari situ ia menyimpulkan bahwa kecepatan menjauh suatu galaksi berbanding lurus dengan besarnya jarak yang memisahkan kita dengan galaksi itu



Tunggu dulu, apa maksudnya itu?
Apakah objek-objek mengalami percepatan
ketika bergerak menjauhi kita?

Bukan begitu persisnya. Ketika karpet
memelar semua sisinya ikut melebar.
Tentukan misalnya satu titik A, dengan
waktu $t = 0$, berjarak satu meter dari dirimu.
Setelah satu detik, jaraknya dengan dirimu
menjadi 1,2 m. Itu berarti kecepatan
menjauhnya 20 cm/dtk

Pada kurun waktu yang sama,
titik B yang semula berjarak 2 meter darimu,
lalu beranjak menjadi 2,4 m (titik B').
Dengan demikian, kecepatan tolaknya
DALAM RELASI DENGAN DIRIMU
adalah 40cm/dtk.

Efek DOPPLER mengungkap
kecepatan relatif; artinya, relasional
dengan unsur lain.

Tak akan ada variasi panjang gelombang
jika pemancar dan penerima bergerak sejajar
dengan kecepatan yang sama.




Jadi, seluruh jagat raya kita berekspansi?

Tunggu, aku punya ide lain. Bagaimana jika waktu...dipercepat?


Tapi itu... tak ada efeknya apa-apa!

Misalkan gerak kembang-kempis atom, contohnya atom hidrogen, merupakan « denyut nadi » jagat raya. Bayangkan apa yang terjadi dengan jagat raya jika denyut nadinya mengalami percepatan. Semakin tua usia, semakin kencang denyutnya. Kalau begitu, citra visual masa silam akan terlihat seperti film gerak lambat. Dan efek Doppler tinggal ilusi belaka.



Tentu kita boleh berangan-angan tentang apa saja, Tiresias. Apa yang kau sampaikan itu sama dengan mengatakan bahwa hukum fisika berubah seiring dengan waktu, persis seperti pernyataan Fred Hoyle.

DASAR LANGIT ITU DINGIN



Tapi ada argumen lain tentang ekspansi, dan segala yang terkait dengan itu. Sebutannya dentuman besar atau **BIG BANG**.

teet!

Tadi sudah kita saksikan bahwa hanya satu di antara semilyar foton yang bisa bertransformasi menjadi zat atau materi.



Dan menjadi antizat!



Jadi setidaknya masih tersisa banyak sekali foton purba, sekitar 500 per cm kubik (sama banyaknya dengan neutrino yang lebih sulit dilacak)

Panjang gelombang foton-foton itu diperkirakan 5 mm, sebanding dengan temperatur radiasi T_R sebesar 3 derajat absolut (-270°C).

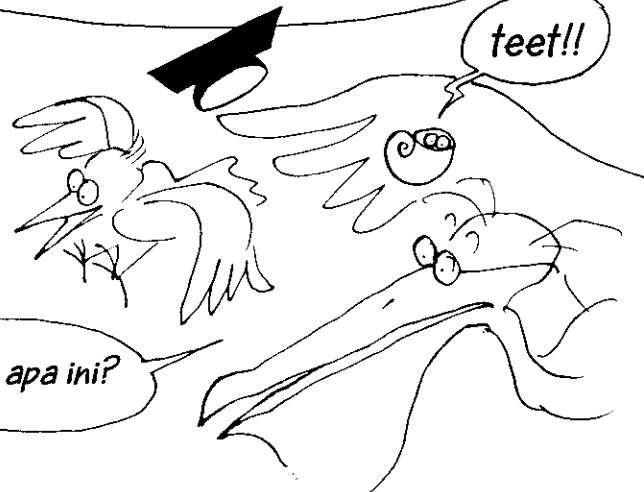


Foton-foton yang energinya amat kecil ini terlacak oleh Penzias dan Wilson pada tahun 1964. Itulah percikan nyata debu BIG BANG, sebagai bukti kongkrit pergelaran mahakarya sendratari kosmik.



teet!!

He, apa ini?



CAKRAWALA KOSMOLOGI

Sofia, menurut HUKUM HUBBLE, kecepatan bertolak suatu objek kian meningkat seiring dengan jarak...



Jadi berdasarkan logika mestinya ada objek yang mampu bertolak menjauhi kita dengan kecepatan setara atau lebih dari kecepatan cahaya?!

Tapi... kita tak bisa lagi menangkap cahaya mereka!



Kenapa tidak? Jika ada pesawat supersonik melintas, aku bisa mendengar suaranya.



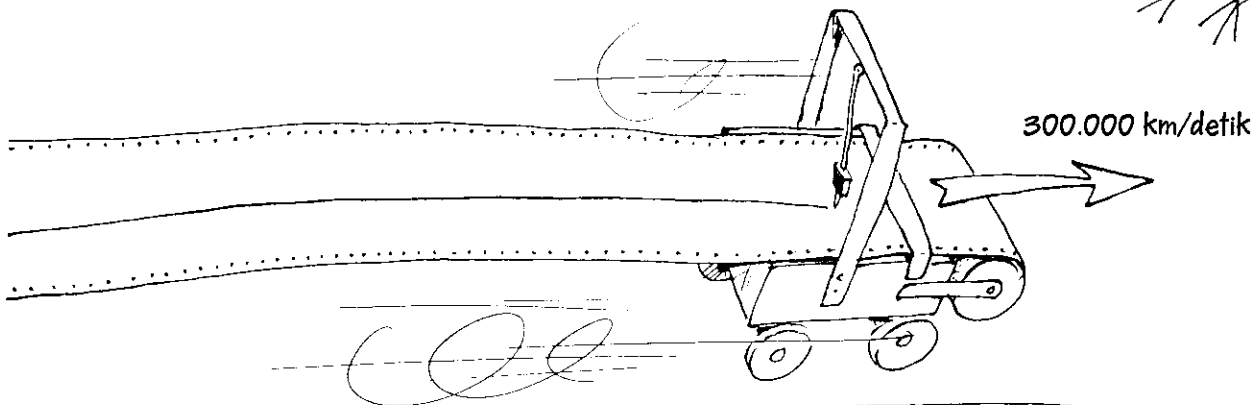
Sobat-sobatku, bukan begitu caranya memandang hal itu.



Fenomena perpindahan pasti ada kaitannya dengan WAKTU (*). Objek yang berpindah dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya, 300.000 km/dtk, beredar pada « gelembung waktu » yang berbeda dengan kita sebagai pengamat. Kita menginderai pesan yang mereka pancarkan persis seperti melihat filem dalam gerak lambat



Dan jika objek yang berelasi dengan kita itu bergerak secepat kecepatan cahaya, maka gelembung waktunya akan bersinggungan total dengan gelembung waktu kita. Aliran waktu pun jadi seolah diam bak genangan air



Karena ada penumpukan, atau persinggungan relatif dua aliran waktu, maka frekuensi gelombang saat penerimaan jadi turun. Dan inilah yang dikenal dengan efek relativistik, suatu fenomena tambahan di samping efek Doppler.

Apabila kecepatan bertolak si pengirim sinyal, dalam relasinya dengan kita, mencapai C , maka frekuensi gelombang pasti anjlok ke titik nol. Akibatnya pupuslah energi, pupus pula gelombang sekaligus pesan atau sinyalnya.



Gelombang berfrekuensi nol, sama dengan gelombang nihil!

Untuk objek-objek di sekitar kita, kecepatan relatif setara dengan 300.000 km/dtk dicapai di garis semesta yang disebut CAKRAWALA. Ini bukan batas SEGALA SESUATU YANG ADA tetapi batas SEGALA SESUATU YANG BISA KITA KENALI. Semesta yang bisa dijangkau boleh jadi hanya sebagian kecil dari semesta raya yang maha luas. Cakrawala ini terletak di kisaran sepuluh milyar tahun cahaya. Daya tangkap teleskop bumi yang paling canggih saat ini, PALOMAR, berkisar satu milyar tahun cahaya.

Dewan Pengurus

Lalu, apa artinya jari-jari R semesta yang kita bicarakan tadi?

Kisahannya dimulai ketika semesta raya berusia seperseratus detik. Pada titik waktu itu kita bayangkan ada satu lingkaran, atau bulatan bola dengan jari-jari R , yang selanjutnya terus berekspansi seiring perjalanan waktu. Ya, begitulah...

Dengan begitu, kita tak punya praduga apakah alam semesta ini terbatas atau tak terbatas (*)

Oh, matanya begitu indah...

Hei, kenapa kalian berdua?

Cergam ini belum tamat!

Hihihhi...

Kalian masih dibutuhkan di sini

(*) Untuk topik ini, lihat album GEOMETRIKON dari penulis yang sama

MODEL SIMULASI FRIEDMANN



Kalau begitu,
Alam Semesta kita bisa juga
mengalami implosi bukan
eksplosi

Kalau Bergeraknya
ke satu arah saja,
ada kemungkinan...

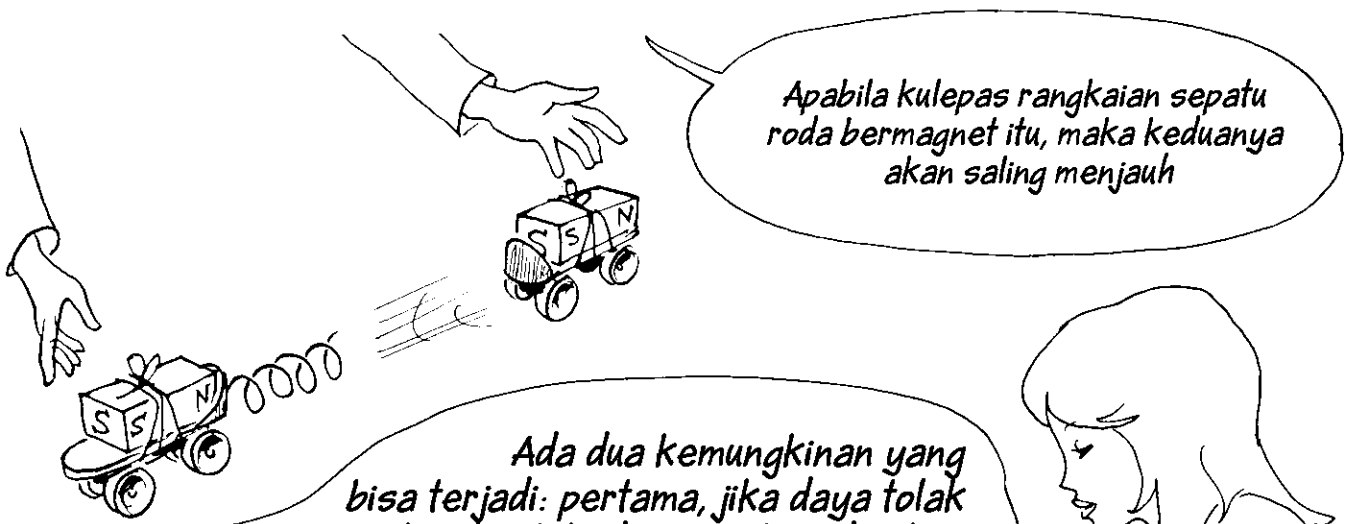
Apa maksudmu?
Kau mau mengatakan bahwa waktu
tak mungkin bergerak...
mundur...

Tsss!..

Apa yang kau buat,
Anselmo?

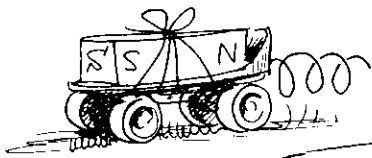
Anselmo memasang dua batang magnet di sepatu roda,
dan keduanya saling tarik-menarik. Namun di tengah
sepatu roda diletakkan sebuah pegas yang membuat
keduanya saling bertolakan.

Kalian lihat, 'kan,
magnet-magnet ini ibarat gaya
gravitasi yang atraktif dan kohesif,
sedangkan pegas ibarat
daya tekan keluar.



Apabila kulepas rangkaian sepatu roda bermagnet itu, maka keduanya akan saling menjauh

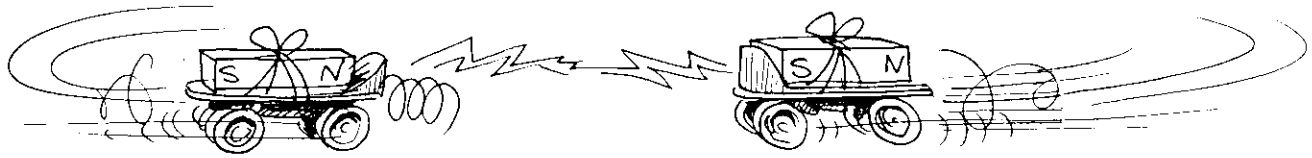
Ada dua kemungkinan yang bisa terjadi: pertama, jika daya tolak pegas cukup kuat, kedua sepatu roda akan saling menjauh hingga jarak tak terhingga. Logikanya, semakin jauh jaraknya, semakin kecil pula daya tariknya. Besaran daya tarik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak



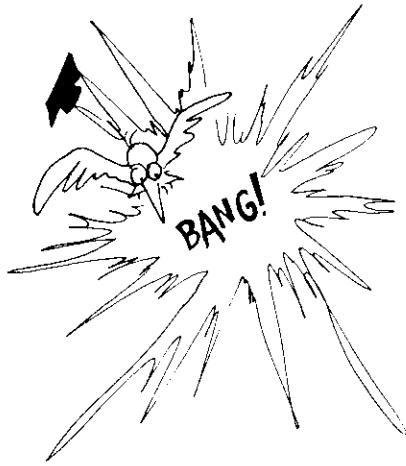
Jika tak ada gesekan dengan objek lain, sepatu roda akan sampai pada KECEPATAN KONSTAN



Jika daya tolak pegas lemah, atau medan magnetnya lebih kuat, kedua sepatu roda akan saling mendekat lagi, dengan kecepatan makin lama makin besar



Hal itu memberi dua kemungkinan pada alam semesta:
Skenario pertama: ekspansi akan terus berlangsung sampai tak terhingga. Saat bintang terakhir padam, kegelapan akan datang selamanya, kebekuan absolut pun terjadi. Itulah KEMATIAN THERMAL.



Skenario kedua: gaya gravitasi lebih kuat. Setelah ekspansi maksimal, semesta akan "balik menekan ke dalam dirinya sendiri ...". Semua struktur, galaksi, bintang, akan musnah. Atom-atom terurai. Dan Big Bang pun meletus ke arah sebaliknya, menghancurkan apa saja sembari menyiapkan lahan bagi semesta baru, dengan fase ekspansi yang baru.

FRIEDMANN, seorang ahli matematika Rusia, adalah orang pertama yang menemukan model-model simulasi semesta non statis pada tahun 1930.

Andai saja aku tahu kalau semesta itu nonstasioner, pasti aku lebih dulu menemukannya daripada Friedmann (*).



Tuan Albert pernah mengajukan model stasioner pada tahun 1917 dengan memakai segala macam tambal-sulam akrobatis matematika. Tapi pendapatnya lantas tergusur oleh Friedmann yang dianggap lebih meyakinkan. Setelah itu, bertahun-tahun lamanya Albert menentang generalisasi asas relativitas

Berdasarkan model Friedmann, semesta akan berekspansi sampai tak terhingga jika kerapatan zat (saat ini) kurang dari 5×10^{-30} gram per cm kubik. Dengan demikian semesta akan memiliki volume atau ekstensi spasial yang tak terhingga.



(*) Menurut catatan asli dari Einstein

GEOMETRI ALAM SEMESTA, SATU SAJA ATAU BEBERAPA?

Bagi kita, semesta alam merupakan bentang permukaan empat dimensi di mana ruang dan waktu saling bertautan. Gagasan-gagasan yang disajikan di halaman sebelumnya adalah beberapa cara pandang berbeda tentang ENTITAS ALAM SEMESTA sebagai satuan RUANG-WAKTU

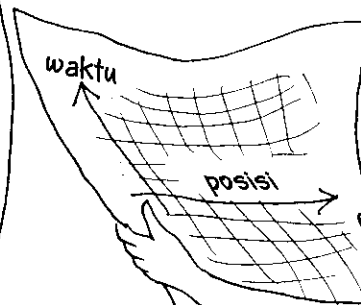
Alam semesta itu...
bagaimana BENTUK
sebenarnya?

misteri...

Ingat bahwa jumlah dimensi ruang
adalah besaran kuantita untuk menentukan
posisi suatu titik

Acara pertemuan ¹ pada hari Selasa, jam 11 di pojok selatan
jalan ² Merapi Raya 10 di gedung ³ nomor sembilan
di ⁴ lantai empat belas : empat besaran kuantita

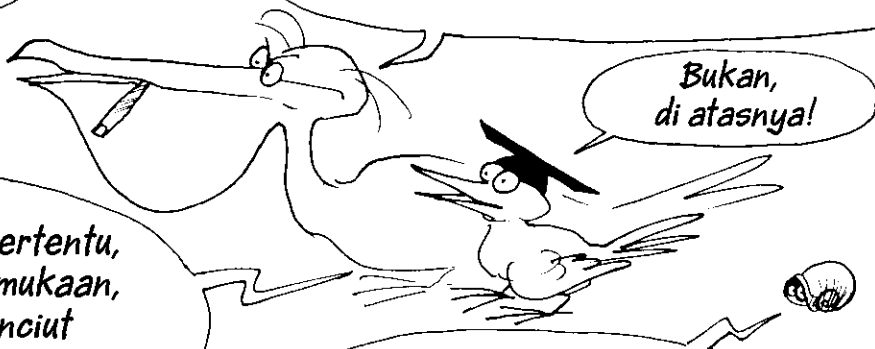
Dengan gambar, kita hanya bisa
menyajikan DUA dimensi ruang,
yaitu BENTANG PERMUKAAN.
Kini kita akan mempelajari tentang
bentang-bentang ruang-waktu yang
memiliki dimensi ganda, yaitu
dimensi posisi dan
dimensi waktu.



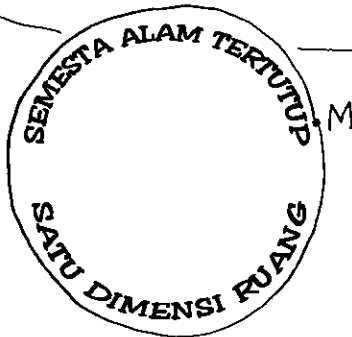


Inilah model semesta tertutup pertama, model statis temuan Einstein yang kira-kira bisa digambarkan dalam bentuk silinder

Kalau begitu... kita berada di dalam silinder ini?



Pada suatu titik waktu tertentu, ada satu objek M di permukaan, dan semesta pun menciut jadi lingkaran itu.

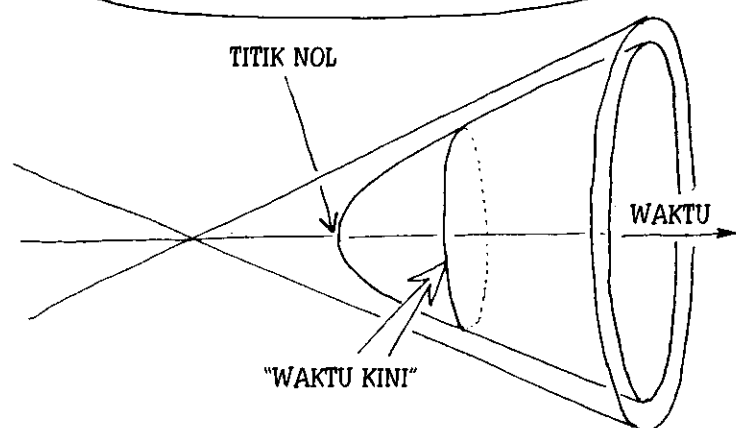


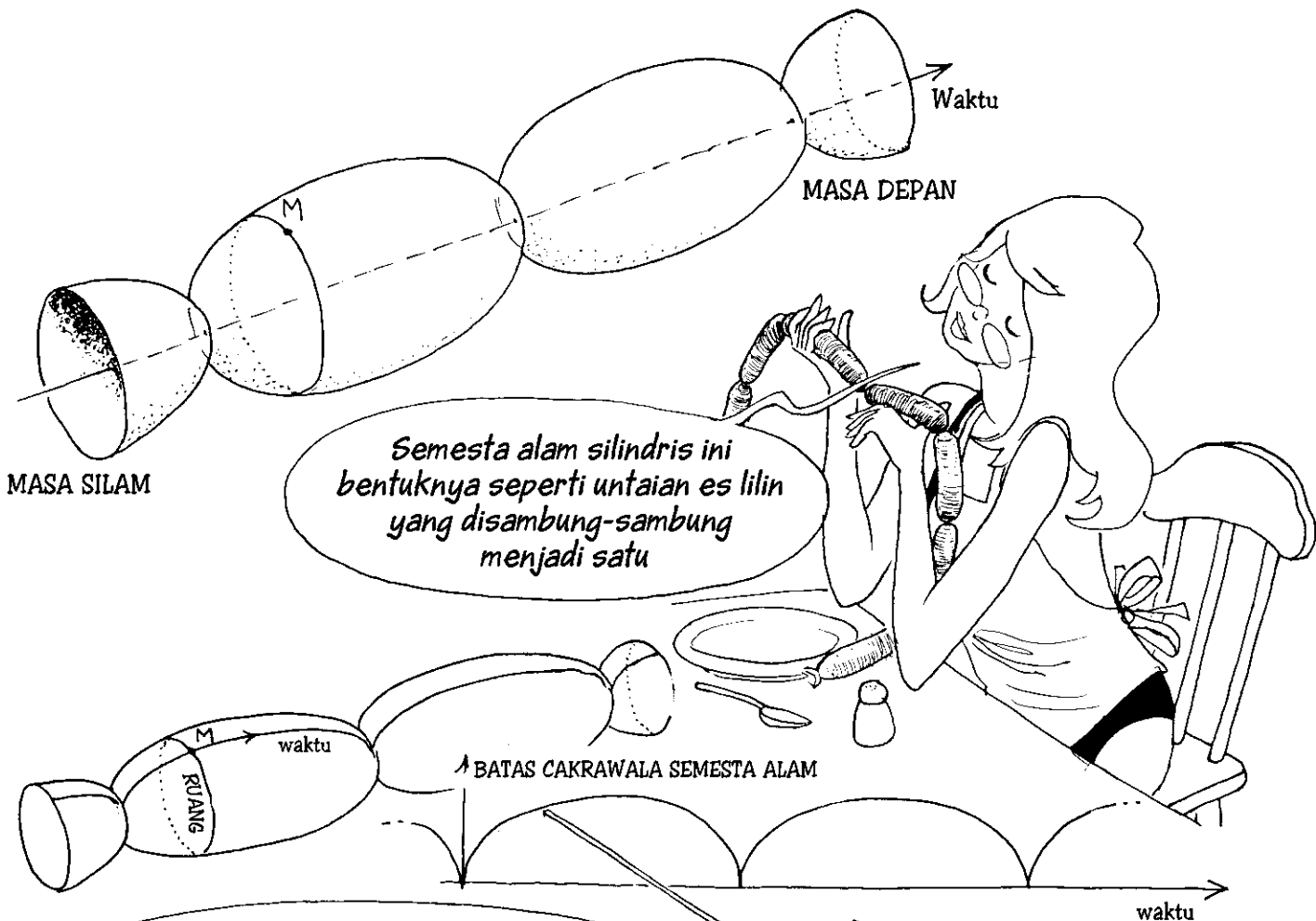
Selama tidak bergerak, objek itu akan membentuk garis lengkung silinder sepanjang waktu bergulir



Mudah sekali menggambarkan ekspansi semesta tertutup berdasarkan fungsi waktu, dengan menggunakan model semesta non-stasioner ini

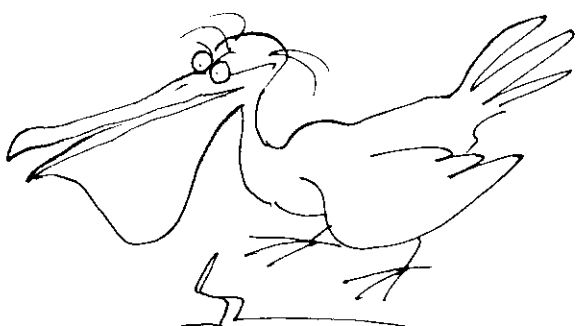
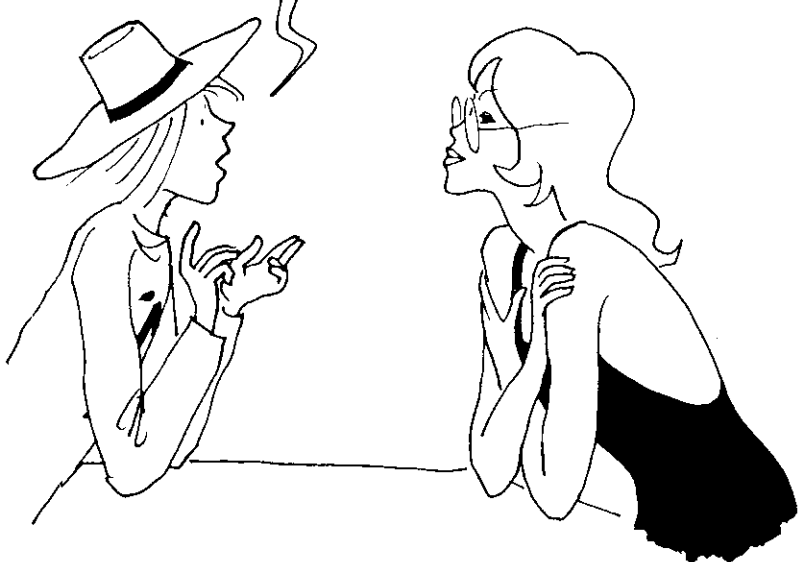
Inilah contoh gambar 2 dimensi tentang ekspansi ruang-waktu yang tak terhingga





Tapi kenapa waktu tampak selalu « TERBUKA » tak terhingga ke arah masa depan maupun masa silam?

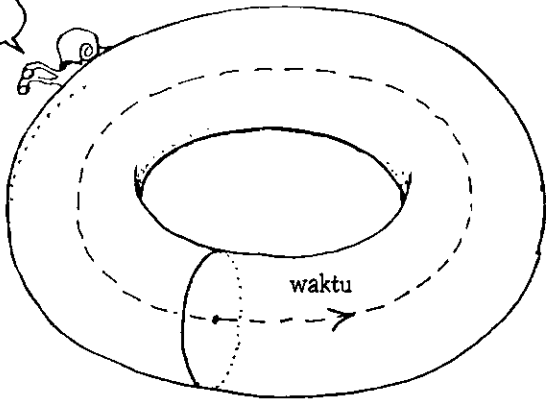
Jadi, kita mestinya ada di sini!



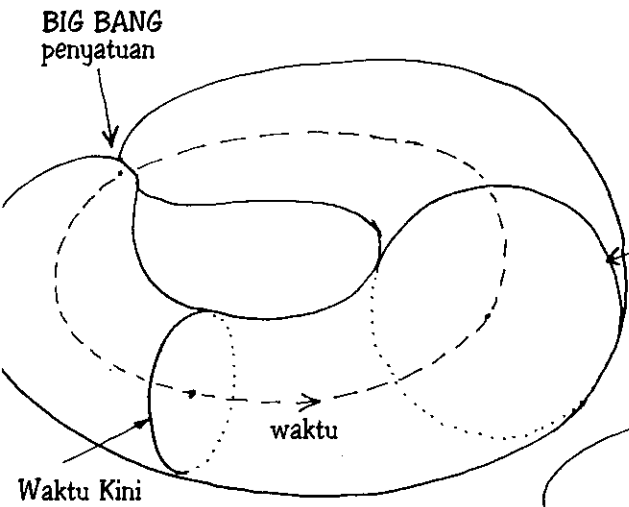
Maksudmu, waktu seharusnya...tertutup dalam satu lingkaran

Tak masalah...
jika waktu pada model Einstein
dibuat tertutup, akan timbul
TORUS

Balik lagi
ke sini!



Pada RUANG-WAKTU yang tertutup, peristiwa yang
sama akan terulang kembali setelah melalui rentang waktu τ
yang merupakan PERIODE semesta aneh ini.

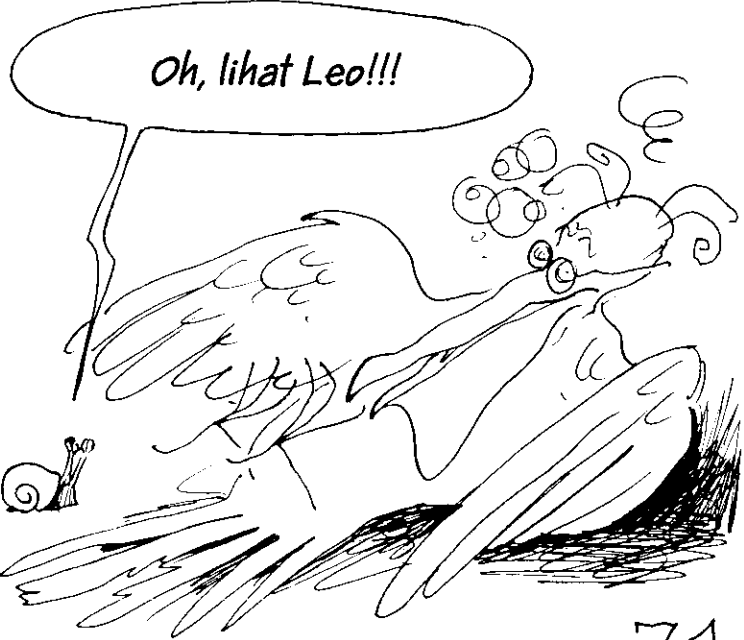


Lingkar semesta ini pun bisa
menjebol batas cakrawalanya sehingga
menjadi satu bulatan



Itu sama dengan rangkaian es lilin
yang ikatan pemisahannya membuka dan
membentuk satu lingkaran!

Pembatasnya jebol
sesuai dugaan...



Oh, lihat Leo!!!

EPILOG

Itulah pengetahuan kita
tentang asal mula
Semesta Alam...



Tepatnya, apa yang
DIKIRA PENGETAHUAN,
karena sudah berubah sekian
kali sejak 5000 tahun
yang lalu

"...Namun keinginan bersama untuk
memahami Semesta Alam adalah salah satu
dari sedikit upaya manusia yang mampu mengangkat
nilai kehidupan manusia sedikit lebih berharga
dari komedi putar, karena memberi
nuansa agung tragedi"

Steven Weinberg





Baca kelanjutan **BIG BANG**
(pembentukan galaksi, bintang, dlsb...)
di album **SERIBU MATAHARI**

TAMAT



DRAMA PERISTIWA KOSMIK



WAKTU	SUHU	KERAPATAN	FENOMENA
PRAMASA...	$T \geq 10^{12}$ derajat		?
1/1000 detik	300 milyar derajat		Sop campuran berbagai foton, neutrino, antineutrino (foton punya antipartikel sendiri), proton, antiproton, neutron, antineutron, serta elektron dan antielektron (positron)
1/100 detik	100 milyar derajat	4 milyar gr/cm^3	Pemusnahan hadron-hadron (proton, antiproton, neutron, antineutron). Yang mampu bertahan hanya satu per satu milyar. Sisanya akan dihancurkan oleh antipartikelnya sendiri dan menghasilkan proton-proton.
1/10 detik	30 milyar derajat		Tidak ada kejadian mencolok. Inti atom tak bisa terbentuk karena suhu terlalu panas.
1 detik	10 milyar derajat	380 000 gr/cm^3	Neutrino « hidup mandiri » dan berhenti berinteraksi dengan zat.
13 detik	3 milyar derajat		Elektron dan antielektron saling menghancurkan. Lagi-lagi yang tersisa hanya satu per satu milyar.
3 menit	1 milyar derajat		Nukleosintesis: pembentukan inti helium. Lenyapnya neutron bebas (masa hidup: 109 detik).
35 menit	300 juta derajat	1 gr/cm^3	Nukleosintesis selesai: terbentuk 25% helium, 75% hidrogen
700.000 tahun	3000 derajat		Setelah hampir semua zat dan antizad binasa, semesta alam memasuki « era radiatif » dimana energi-materi berada dalam radiasi. Saat suhu turun hingga 3000°, terbentuk atom-atom netral dan interaksi foton dengan materi terhenti; semesta alam pun berubah jadi «transparan».
100 juta tahun	TR = -173°C TM = -267°C		Tidak ada lagi pemanasan foton, atom-atom netral hidrogen dan helium mendingin amat cepat. Terbentuklah galaksi dan bintang-bintang pertama
5 milyar tahun			Pembentukan Bumi
10 milyar tahun	TR = -27°C (3 derajat Kelvin)	10^{-30} gr/cm^3	Pertumbuhan kehidupan
SEKARANG			Penemuan bom atom...