

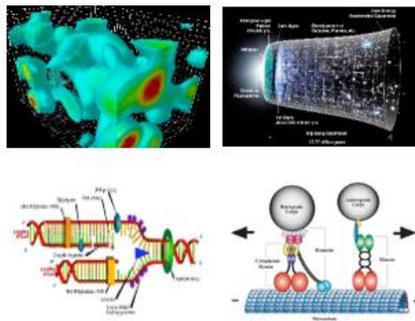


---

# ASAL ILAHI

---

Menjelajahi Penciptaan Melalui Astronomi dan Biologi



Dongchan Kim, Ph. D.



Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Roh Kudus yang telah mengilhami dan membimbing saya selama penulisan buku ini!

# Isi

Pendahuluan.....	6
1. Penciptaan Alam Semesta .....	8
a. Struktur Hirarki Alam Semesta .....	8
i. Tata Surya .....	9
ii. Sistem Bintang .....	10
iii. Galaksi kita (Bima Sakti).....	11
iv. Galaksi, Gugus Galaksi, dan Superkluster .....	12
b. Penciptaan Alam Semesta .....	14
i. Penciptaan Alam Semesta dalam Astronomi .....	14
ii. Nasib Alam Semesta (Big Bang Lagi?) .....	17
iii. Penciptaan Alam Semesta dalam Alkitab .....	21
c. Mana yang Lebih Dulu Diciptakan, Bumi atau Matahari? .....	24
d. Apakah Bumi Berusia 6.000 Tahun? .....	27
i. Hari-hari dalam Kitab Kejadian .....	30
ii. Sang Pencipta Waktu .....	33
e. Alam Semesta yang Disempurnakan .....	35
2. Mahakarya Tuhan, Bumi.....	40
a. Jarak Tepat dari Matahari.....	40
b. Kemiringan Aksial Kanan .....	41
c. Rotasi dan Periode Orbit yang Tepat .....	43
d. Ukuran yang Tepat .....	45
e. Keberadaan Magnetosfer .....	47
f. Keberadaan Bulan yang Sangat Besar .....	48

g. Keberadaan Jupiter, Sang Penjaga Bumi .....	50
h. Keberadaan Lempeng Tektonik.....	53
i. Ukuran Matahari yang Tepat.....	56
j. Jarak yang Tepat dari Pusat Galaksi .....	59
3. Penciptaan atau Evolusi?.....	63
a. Asal Mula Kehidupan.....	63
i. Pembentukan Asam Amino .....	64
ii. Pembentukan RNA.....	67
iii. Pembentukan Protein .....	72
iv. Pembentukan DNA .....	75
v. Pembentukan Sel .....	78
vi. Pembentukan Sel Eukariotik.....	81
vii. Lokalisasi organel .....	84
viii. Diferensiasi Sel .....	89
ix. Pembentukan Jaringan dan Organ Tubuh .....	92
x. Pembentukan Organisme Multiseluler .....	95
b. Dapatkah Evolusi Menjelaskan Asal Usul Kehidupan? .....	96
c. Teori Darwin: Teori Evolusi atau Teori Adaptasi Genetik? ..	101
d. Apakah Kita Berevolusi dari Kera?.....	109
e. Desain Cerdas .....	112
i. Kompleksitas yang Ditentukan .....	113
ii. Kompleksitas yang tidak dapat direduksi .....	115
iii. Buku-buku Penting tentang Desain Cerdas .....	120
f. Fisika Partikel dan Penciptaan.....	122

g. Makhluk Asing dan Penciptaan .....	125
h. Naluri dalam Makhluk Hidup dan Penciptaan.....	131
i. Bangunan Sarang Lebah Mason .....	132
ii. Bangunan Sarang Burung Penenun .....	134
iii. Pembentukan Cangkang Nautilus.....	136
i. Matematika dalam Alam dan Penciptaan .....	138
4. Undangan untuk Injil .....	146
Ucapan Terima Kasih.....	152
Image Credit .....	153
References.....	155
About the Author .....	160

## Pendahuluan

Para ilmuwan yang mendukung teori evolusi sering menganggap kreasionisme tidak memiliki dukungan empiris dan ketelitian ilmiah. Mereka berpendapat bahwa kreasionisme tidak boleh dimasukkan ke dalam kurikulum sains, karena tidak dapat memberikan penjelasan yang dapat dibuktikan secara ilmiah mengenai keragaman dan kompleksitas kehidupan di Bumi.

Di sisi lain, teori evolusi mengandung kesenjangan dan pertanyaan yang belum terjawab, terutama mengenai asal usul kehidupan dan kompleksitas sistem biologis. Seleksi alam dan mutasi tidak cukup untuk menjelaskan struktur dan fungsi yang rumit yang diamati pada organisme hidup. Selain itu, teori evolusi hanya berlaku untuk organisme hidup yang sudah ada dan tidak membahas asal-usul kehidupan. Selain itu, teori ini sangat bergantung pada asumsi dan rekonstruksi spekulatif, sehingga menantang validitasnya sebagai penjelasan yang komprehensif untuk keanekaragaman kehidupan.

Buku ini ditulis untuk mengeksplorasi perdebatan antara penciptaan dan evolusi dengan membahas penciptaan alam semesta, keunikan Bumi, dan asal-usul kehidupan.

Pada bagian pertama, kami akan memperkenalkan struktur hirarki alam semesta dan mendiskusikan penciptaan alam semesta seperti yang diungkapkan oleh pengamatan astronomi. Kemudian, kita akan menguji apakah penciptaan alam semesta yang digambarkan dalam Alkitab selaras dengan temuan astronomi, apakah usia Bumi adalah 6.000 tahun, dan melihat lebih dekat pada sifat alam semesta yang sangat halus.

Bagian kedua menyajikan sepuluh fakta menakjubkan tentang Bumi, yang menekankan kesesuaiannya yang unik untuk mendukung kehidupan dan menunjukkan bukti-bukti desain yang disengaja.

Pada bagian ketiga, asal usul kehidupan dieksplorasi, menantang teori evolusi konvensional dan menyoroti kompleksitas sistem biologis sebagai bukti penciptaan ilahi. Kecukupan istilah 'teori evolusi Darwin' dikaji, diikuti dengan penyelidikan apakah manusia berevolusi dari

keras. Selain itu, konsep desain cerdas diperkenalkan, dan kreasionisme dieksplorasi melalui diskusi tentang fisika partikel, keberadaan kehidupan di luar bumi, naluri hewan, dan matematika yang ditemukan di alam.

Buku ini diakhiri dengan ajakan yang menyentuh hati untuk beriman, mendorong para pembaca untuk merenungkan perjalanan spiritual mereka dan mempertimbangkan kekuatan transformatif dari iman. Buku ini memperkenalkan Injil dan memberikan panduan praktis tentang bagaimana memeluk iman, termasuk langkah-langkah untuk memahami dan menerima kehidupan kekal, menawarkan harapan dan jaminan bagi mereka yang mencari hubungan yang lebih dalam dengan Tuhan.

Saya berharap buku ini memberikan pengetahuan baru tentang penciptaan, memperdalam pemahaman Anda tentang desain dan tujuan yang rumit yang terjalin di alam semesta, dan menawarkan kesempatan untuk merenungkan kasih karunia, kebijaksanaan, dan kuasa Allah yang tak terbatas, sang Pencipta ilahi, yang menopang segala sesuatu dan mengundang kita untuk mengagumi hasil karyanya.

Dongchan Kim (cyberspacedckim@gmail.com)

## 1. Penciptaan Alam Semesta

Sebagai seorang anak, Anda mungkin ingat malam-malam yang dihabiskan dengan berkemah di pedesaan atau di pegunungan, menatap bintang-bintang yang tak terhitung jumlahnya yang berkelauan di hamparan luas di atas, atau mengagumi bintang jatuh yang melesat dengan anggun di langit yang gelap. Pengalaman seperti itu sering kali membuat kita merasa kagum dan takjub, apresiasi yang mendalam akan keindahan dan skala alam semesta yang luar biasa. Pada saat-saat itu, Anda mungkin telah merasakan hubungan yang mendalam dengan alam semesta, disertai dengan rasa kerendahan hati tentang tempat Anda di dalamnya. Pertanyaan-pertanyaan mungkin muncul di benak Anda: Berapa banyak bintang yang memenuhi langit? Mungkinkah ada kehidupan di luar dunia kita? Bagaimana alam semesta bermula, dan bagaimana alam semesta akan berakhir? Siapa yang menciptakan semuanya? Keindahan yang menakjubkan dan sifat misterius dari langit malam memicu rasa ingin tahu, mengundang refleksi tentang asal-usul alam semesta dan tujuan kita di dalamnya. Momen-momen yang memukau ini meninggalkan jejak yang tak lekang oleh waktu, yang menginspirasi kita untuk mencari jawaban atas misteri-misteri terbesar dalam kehidupan.

Dalam bab ini, kita akan mengeksplorasi asal mula alam semesta dari sudut pandang astronomi dan Alkitab. Kami akan memberikan dukungan ilmiah untuk catatan penciptaan dalam kitab Kejadian dengan membandingkan kedua sudut pandang ini. Selain itu, kita akan membahas mana yang lebih dahulu diciptakan, Bumi atau Matahari, apakah Bumi berusia 6.000 tahun, dan konsep alam semesta yang telah disetel dengan baik.

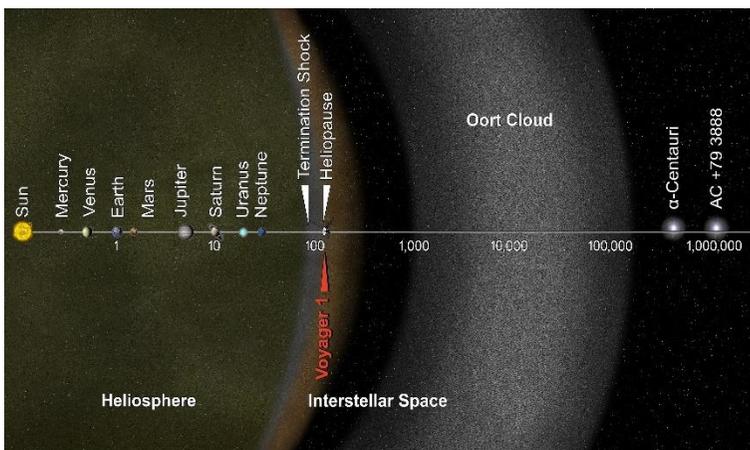
### a. Struktur Hirarki Alam Semesta

Untuk membahas asal mula alam semesta, pertama-tama mari kita telusuri struktur hirarkinya. Kita akan mulai dari tata surya kita dan beralih ke galaksi, galaksi luar, gugus galaksi, superkluster, dan kompleks superkluster.

### i. Tata Surya

Tata surya terdiri dari sebuah bintang yang disebut Matahari, delapan planet yang mengorbitnya, sabuk asteroid antara Mars dan Jupiter, Sabuk Kuiper, dan anggota terluar, Awan Oort. Bintang didefinisikan sebagai benda langit bercahaya sendiri yang ditenagai oleh fusi nuklir, sedangkan planet adalah benda langit yang memantulkan cahaya dari bintang.

Bumi adalah planet ketiga dari Matahari. Jarak dari Bumi ke Bulan adalah 384.000 km, membutuhkan waktu 16 hari dengan pesawat terbang berkecepatan 1.000 km/jam. Jarak dari Bumi ke Matahari adalah sekitar 150 juta kilometer, atau satu unit astronomi (AU), yang membutuhkan waktu 17 tahun dengan pesawat terbang. Jarak ke Neptunus adalah 30 AU, Sabuk Kuiper 30 hingga 50 AU, dan Awan Oort 2.000 hingga 200.000 AU. Dengan kecepatan cahaya, dibutuhkan waktu 8,3 menit untuk melakukan perjalanan dari Bumi ke Matahari, 4 jam ke Neptunus, dan 9,5 bulan (0,79 tahun cahaya) untuk mencapai tepi bagian dalam Awan Oort. Dengan pesawat terbang, dibutuhkan waktu sekitar 850.000 tahun.



Gbr. 1.1. Tata surya termasuk Sabuk Kuiper dan Awan Oort

Komet dapat diklasifikasikan sebagai komet periode pendek dan

periode panjang. Sabuk Kuiper adalah sumber komet periode pendek, dan Awan Oort adalah sumber komet periode panjang. Karena asal-usulnya, komet memiliki orbit yang sangat elips dengan eksentrisitas yang besar. Matahari berukuran 109 kali lebih besar dari Bumi, 333.000 kali massanya, dan memiliki periode rotasi sekitar 25 hari.

## ii. Sistem Bintang

Setelah meninggalkan Awan Oort, Anda memasuki dunia bintang. Bintang yang paling dekat dengan Bumi adalah Proxima Centauri, yang berukuran 14% ukuran Matahari, 12% massanya, dan berjarak sekitar 4,2 tahun cahaya. Perjalanan ke sana dengan pesawat terbang akan memakan waktu sekitar 4,6 juta tahun.

Jika Anda mengamati secara dekat kerlap-kerlip bintang di langit malam, Anda akan melihat bahwa bintang-bintang tersebut memiliki warna yang beragam. Warna bintang bergantung pada temperatur permukaannya: bintang yang lebih dingin tampak kemerahan, sedangkan bintang yang lebih panas berwarna keputihan. Sebagai contoh, Betelgeuse ( $\alpha$  Ori) berwarna merah, Matahari berwarna kuning, dan Sirius ( $\alpha$  CMa), bintang paling terang di langit malam, berwarna putih kebiruan.



Gbr. 1.2. Bintang-bintang menunjukkan variasi warna

Massa sebuah bintang menentukan laju fusi nuklirnya, yang pada

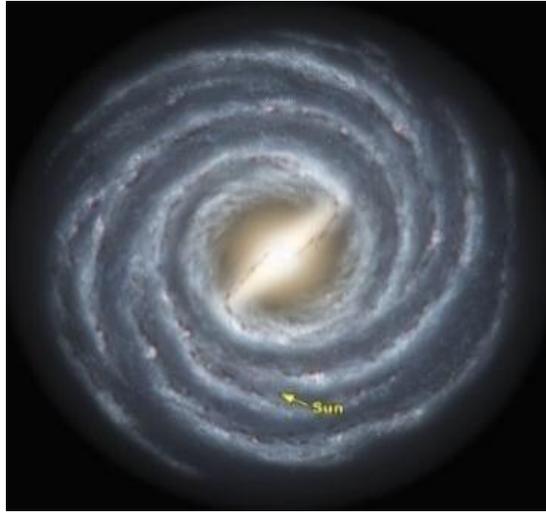
gilirannya menentukan luminositas dan umurnya. Bintang yang lebih masif akan menghabiskan bahan bakarnya lebih cepat daripada bintang yang kurang masif. Bintang-bintang mengakhiri hidupnya sebagai katai putih, bintang neutron, atau lubang hitam. Bintang dengan massa inti kurang dari 1,4 massa matahari akan menjadi katai putih, bintang dengan massa inti antara 1,4 hingga 3 massa matahari akan menjadi bintang neutron dan meledak sebagai supernova, dan bintang dengan massa inti lebih besar dari 3 massa matahari akan menjadi lubang hitam setelah melewati tahap bintang neutron. Sisa-sisa ledakan supernova dapat didaur ulang untuk membentuk bintang baru.

Biasanya, kurang dari seratus bintang dapat dilihat dengan mata telanjang di kota, dan sekitar seribu bintang di pedesaan dalam kondisi yang ideal. Sebagian besar bintang-bintang ini berada dalam jarak 50 tahun cahaya dari Bumi.

### iii. Galaksi kita (Bima Sakti)

Bimasakti adalah galaksi spiral berpaling yang terdiri dari 200 hingga 400 miliar bintang, serta sejumlah besar gas, debu, dan materi gelap. Diameternya sekitar 100.000 tahun cahaya, sementara ketebalannya sekitar 1.000 tahun cahaya, menjadikannya struktur yang relatif datar dan seperti cakram dengan tonjolan di tengahnya.

Matahari terletak sekitar 26.000 tahun cahaya dari pusat galaksi, mengorbitnya sekali setiap 220 juta tahun, periode yang dikenal sebagai tahun galaksi. Tata surya kita berada di dekat Orion Spur, lengan kecil yang terletak di antara lengan spiral Sagittarius dan Perseus. Berada sekitar 60 tahun cahaya di atas bidang galaksi, lokasi ini memberikan perspektif yang menguntungkan untuk mengamati alam semesta dari berbagai arah dengan hambatan minimal dari debu dan gas yang padat di dalam piringan galaksi.



Gbr. 1.3. Galaksi kita (Bima Sakti)

#### iv. Galaksi, Gugus Galaksi, dan Superkluster

Galaksi Andromeda (M31) adalah galaksi terdekat dari Bimasakti, terletak sekitar 2,5 juta tahun cahaya dari Bumi. Galaksi ini dapat dilihat dengan mata telanjang dari Belahan Bumi Utara (magnitudo visual = 3,4) dan memiliki bentuk yang mirip dengan Bimasakti. Galaksi Andromeda mendekati Bimasakti dengan kecepatan sekitar 110 km/detik dan diperkirakan akan bertabrakan dengan Bimasakti dalam waktu sekitar 4 milyar tahun.

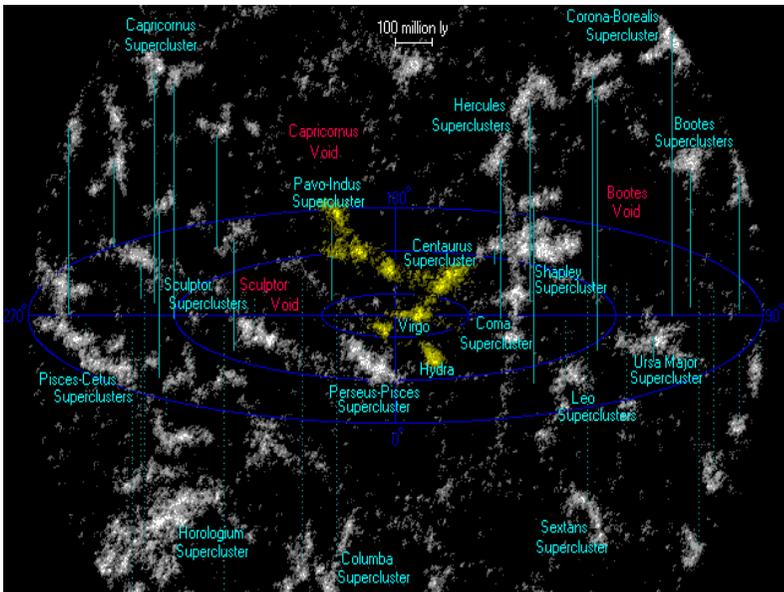
Galaksi dapat dikategorikan secara umum ke dalam tiga kelas morfologi utama: spiral, elips, dan tidak beraturan. Ketika dua galaksi spiral bertabrakan, interaksi gravitasi mereka dapat menyebabkan transformasi dramatis, yang sering kali menghasilkan pembentukan galaksi elips. Proses ini biasanya berlangsung melalui tahapan-tahapan yang melibatkan galaksi-galaksi yang saling berinteraksi, diikuti oleh fase galaksi inframerah bercahaya (LIRG) atau galaksi inframerah ultra terang (ULIRG).



Gbr. 1.4. Galaksi spiral, galaksi elips, dan galaksi tak beraturan

Jika kurang dari 50 galaksi yang terikat secara gravitasi, mereka disebut 'kelompok galaksi', dan jika ratusan atau ribuan galaksi terikat, mereka disebut 'gugus galaksi'. Lebih dari 40 galaksi terdekat, termasuk Bimasakti dan Andromeda, termasuk dalam Grup Lokal. Gugus Lokal dan Gugus Virgo merupakan bagian dari Gugus Super Virgo, yang pada gilirannya merupakan bagian dari Gugus Super Laniakea.

Kompleks supergugus, juga dikenal sebagai filamen galaksi atau rantai supergugus, adalah struktur berskala besar yang sangat besar di alam semesta, yang terdiri dari sejumlah besar supergugus galaksi yang saling terhubung oleh jaringan galaksi, gas, dan materi gelap yang sangat luas. Wilayah yang saling terhubung ini membentuk pola seperti jaring dan merupakan struktur terbesar yang diketahui ada di alam semesta. Mereka membentang pada jarak yang luar biasa, mulai dari ratusan juta hingga miliaran tahun cahaya, mengerdikan struktur kosmik yang lebih kecil. Di antaranya, Tembok Besar Hercules-Corona Borealis merupakan kompleks supergugus terbesar yang pernah diketahui, sebuah bukti yang mengagumkan tentang skala alam semesta. Di alam semesta yang bisa diamati, diperkirakan ada 200 miliar galaksi, tersebar pada jarak yang sangat jauh, yaitu sekitar 93 miliar tahun cahaya, dan masing-masing berkontribusi pada permadani struktur kosmik yang rumit.



Gbr. 1.5. Superkluster terdekat (warna kuning: superkluster Laniakea)

## b. Penciptaan Alam Semesta

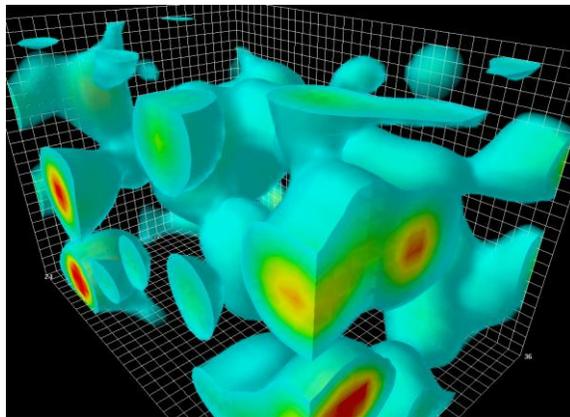
Bagaimana alam semesta bermula? Apakah alam semesta selalu ada, atau diciptakan oleh Tuhan? Untuk mengeksplorasi topik ini, kita akan mempelajari asal mula alam semesta sebagaimana diamati dalam astronomi dan seperti yang dijelaskan dalam Kitab Kejadian di Alkitab.

### i. Penciptaan Alam Semesta dalam Astronomi

Teori yang paling banyak didukung mengenai asal mula alam semesta adalah Teori Big Bang, yang menyatakan bahwa alam semesta bermula sekitar 13,8 miliar tahun yang lalu sebagai sebuah titik yang sangat panas dan padat, yang kemudian mengembang dengan cepat. Hal ini tentu saja menimbulkan pertanyaan yang menarik: "Apa yang ada sebelum Big Bang? Salah satu hipotesis terkemuka menyatakan dengan dukungan yang terus bertambah bahwa sebelum Big Bang, alam semesta berada dalam keadaan fluktuasi kuantum dalam ruang hampa udara, sebuah fondasi yang dinamis dan probabilistik yang

darinya alam semesta kita muncul.

Sebelum Paul Dirac, ruang hampa dianggap sebagai ruang kosong tanpa isi. Pada tahun 1928, Dirac menggabungkan mekanika kuantum dan relativitas khusus untuk menggambarkan perilaku elektron pada kecepatan relativistik. Menariknya, persamaan tersebut menyarankan dua solusi untuk elektron: satu untuk elektron dengan energi positif, dan satu untuk elektron dengan energi negatif. Dirac mengusulkan bahwa ruang hampa bukanlah ruang kosong, melainkan diisi dengan sejumlah elektron berenergi negatif (positron) yang tak terbatas. Karena itu, ruang hampa udara terkadang disebut Laut Dirac.



Gbr. 1.6. Model 3-D fluktuasi kuantum dalam ruang hampa udara

Meskipun Laut Dirac tampak statis, ia tidak pernah statis karena prinsip ketidakpastian Heisenberg. Pasangan partikel dan antipartikel secara spontan muncul (produksi-pasangan) dan menghilang (pemusnahan-pasangan) secara acak. Skala waktunya adalah  $10^{-21}$  detik dan tidak terlihat oleh mata manusia, tetapi jika ada kamera yang dapat menangkapnya, maka akan seperti melihat laut yang berfluktuasi. Inilah yang disebut dengan 'fluktuasi kuantum'. Big Bang muncul dari lautan fluktuasi kuantum pada satu titik. Big Bang itu sendiri adalah awal dari alam semesta.

Segera setelah Big Bang, alam semesta mengalami perubahan yang

cepat karena suhu dan kepadatannya yang sangat tinggi. Dari  $10^{-43}$  detik (waktu Planck) hingga  $10^{-36}$  detik, alam semesta diatur oleh Teori Penyatuan Besar di mana tiga gaya (gaya kuat, lemah, elektromagnetik) dalam Model Standar disatukan. Kemudian memasuki masa inflasi dari  $10^{-36}$  detik menjadi  $10^{-32}$  detik, masa electroweak dari  $10^{-32}$  detik menjadi  $10^{-12}$  detik, masa quark dari  $10^{-12}$  detik menjadi  $10^{-6}$  detik, masa hadron dari  $10^{-6}$  detik menjadi 1 detik, dan masa lepton dari 1 detik menjadi 10 detik.

Pada akhir zaman lepton, sebuah peristiwa dramatis dan penting terjadi. Pasangan lepton dan antilepton, yang terutama terdiri dari elektron dan positron, mengalami pemusnahan bersama. Proses ini melepaskan sejumlah besar foton (partikel cahaya), yang secara efektif membanjiri alam semesta dengan cahaya. Foton-foton ini menjadi bentuk energi yang dominan di alam semesta, menandai dimulainya apa yang dikenal sebagai zaman foton. Era ini, yang berlangsung dari sekitar 10 detik hingga 380.000 tahun setelah Big Bang, ditandai dengan plasma panas yang padat dari elektron bebas, inti, dan foton. Selama masa ini, foton dihamburkan oleh elektron dan proton bebas, mencegah mereka bergerak bebas dan membuat alam semesta menjadi buram.

Zaman rekombinasi diikuti pada akhir zaman foton, di mana peristiwa penting lainnya terjadi. Elektron bergabung dengan proton untuk membentuk hidrogen dan helium netral. Inilah awal dari era yang didominasi materi. Ketika ini terjadi, alam semesta yang dipenuhi plasma berangsur-angsur menjadi transparan dan bertransformasi menjadi ruang angkasa yang kita sebut langit. Ketika hal ini terjadi, foton yang dihasilkan selama zaman foton tapi sebelumnya terkurung oleh plasma, kini bisa bergerak bebas di alam semesta yang transparan. Foton yang bergerak bebas ini diamati sebagai cahaya yang sangat terang dan membentuk radiasi latar belakang gelombang mikro kosmik.

Bintang-bintang dan galaksi yang kita lihat saat ini terbentuk dari atom-atom yang tercipta pada masa rekombinasi. Sejak saat itu, alam semesta terus mengembang setelah Big Bang. Ketika alam semesta

berusia 9,8 miliar tahun, energi gelap mulai mendominasi, menandai dimulainya era yang didominasi oleh energi gelap. Pada era ini, alam semesta terus memuai dengan laju yang semakin cepat. Ekspansi yang dipercepat ini merupakan kondisi alam semesta saat ini.

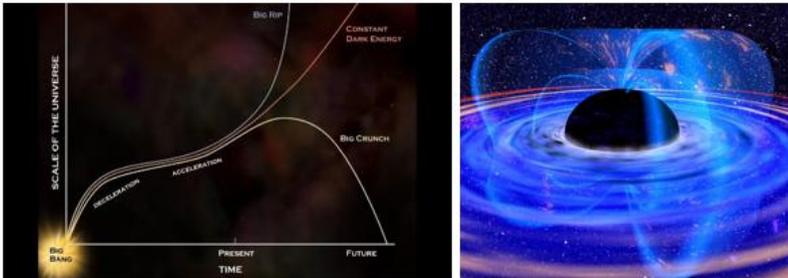
## ii. Nasib Alam Semesta (Big Bang Lagi?)

Nasib alam semesta bergantung pada kerapatannya secara keseluruhan. Menurut pengukuran dari WMAP, kerapatan alam semesta saat ini kurang lebih sama dengan kerapatan kritis (sekitar  $10^{-29} \text{g cm}^{-3}$ ) dengan margin kesalahan 0,5%. Namun, ketidakpastian ini berarti kita belum bisa menentukan nasib akhir alam semesta secara pasti sampai pengukuran yang lebih tepat diperoleh. Jika massa jenis alam semesta lebih besar dari massa jenis kritis, maka gaya gravitasi pada akhirnya akan mengatasi pemuaian, menyebabkan alam semesta runtuh kembali ke dalam dirinya sendiri dalam sebuah peristiwa dahsyat yang dikenal dengan nama Big Crunch, yang merupakan ciri khas alam semesta yang tertutup.

Sebaliknya, jika massa jenis kurang dari massa jenis kritis, alam semesta akan terus memuai dengan laju yang semakin cepat, yang mengarah pada skenario yang dikenal dengan nama Sobekan Besar (Big Rip), yang merupakan ciri khas alam semesta terbuka. Dalam kasus ini, temperatur alam semesta akan mendingin secara bertahap seiring dengan pemuaian, dan pembentukan bintang pada akhirnya akan terhenti akibat menipisnya medium antarbintang yang diperlukan untuk pembentukan bintang. Seiring waktu, alam semesta akan menjadi semakin gelap dan dingin, sebuah proses yang sering disebut sebagai 'kematian panas'.

Bintang-bintang yang ada akan kehabisan bahan bakar dan berhenti bersinar. Selanjutnya, peluruhan proton akan terjadi seperti yang diramalkan oleh Teori Penyatuan Besar (Grand Unified Theory) ketika usia alam semesta sekitar  $10^{32}$  tahun. Sekitar  $10^{43}$  tahun, lubang hitam akan mulai menguap melalui radiasi Hawking. Setelah semua materi baryonik meluruh dan semua lubang hitam menguap, alam semesta

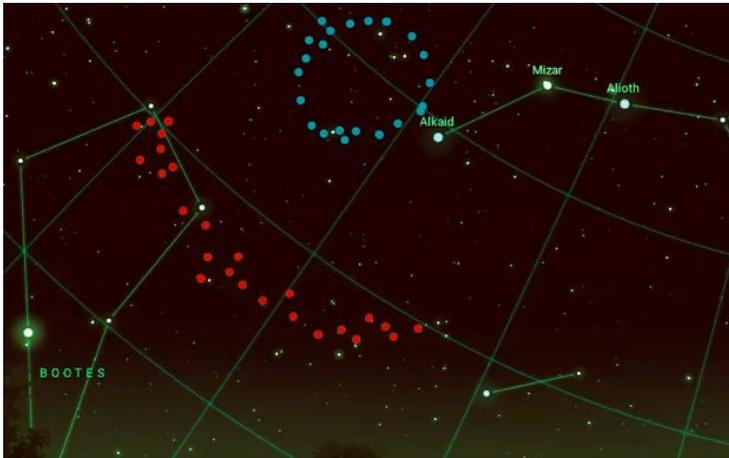
akan dipenuhi radiasi. Temperatur alam semesta akan mendingin hingga mencapai nol mutlak dan semuanya gelap dan kosong, menyerupai kondisi alam semesta yang mengalami fluktuasi kuantum sebelum Dentuman Besar.



Gbr. 1.7. Nasib alam semesta dan lubang hitam yang menguap

Baru-baru ini, dua megastruktur kosmik ditemukan 7 miliar tahun cahaya dari Bumi ke arah Bintang Biduk. Busur Raksasa, yang ditemukan pada tahun 2022, dan Cincin Besar, yang ditemukan pada tahun 2024, menantang prinsip kosmologi yang menyatakan bahwa alam semesta itu homogen dan isotropik dalam skala besar. Megastruktur ini membutuhkan penjelasan yang tepat. Salah satu penjelasan yang mungkin adalah bahwa mereka adalah string kosmik besar atau sisa-sisa penguapan Hawking dari lubang hitam supermasif (titik Hawking) dari Big Bang sebelumnya.

Interpretasi ini terkait dengan Kosmologi Siklik Konformal (CCC) dari Roger Penrose. CCC adalah model kosmologi yang didasarkan pada relativitas umum, di mana alam semesta mengembang selamanya sampai semua materi meluruh dan meninggalkan lubang hitam. Dalam CCC, alam semesta beriterasi melalui siklus yang tak terbatas, dengan Big Bang baru yang muncul di dalam Big Bang yang terus mengembang.



Gbr. 1.8. Cincin Besar (biru) dan Busur Besar (merah)

Secara pribadi, saya menemukan CCC menarik karena menawarkan solusi potensial untuk beberapa masalah dalam evolusi galaksi. Ada korelasi antara massa lubang hitam dan dispersi kecepatan bintang (hubungan M-sigma). Menurut hubungan ini, massa lubang hitam sekitar 0,1% massa galaksi. Baru-baru ini, Chandra dan JWST menemukan galaksi yang menarik, UHZ1, melalui pelensaan gravitasi. UHZ1 berada pada jarak 13,2 miliar tahun cahaya, terlihat ketika alam semesta kita baru berusia sekitar 3 persen dari usianya saat ini. Perkiraan massa lubang hitam UHZ1 ternyata lebih besar daripada massa galaksi induknya. Massa lubang hitam yang besar ini tidak dapat dijelaskan oleh teori massa lubang hitam yang ada saat ini, tapi bisa dijelaskan oleh CCC. Hal ini bisa dimengerti jika lubang hitam di UHZ1 merupakan lubang hitam daur ulang dari Big Bang sebelumnya dan menjadi bibit lubang hitam di UHZ1 saat Big Bang saat ini.

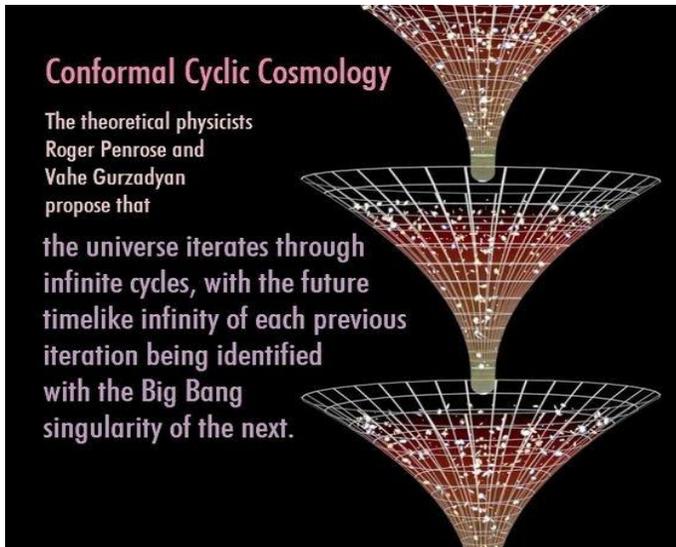
Kita tidak tahu bagaimana Big Bang baru terjadi ketika Big Bang saat ini masih mengembang. Kita bisa mencoba menggunakan konsep hyperspace. Dalam skenario ini, alam semesta mengembang menjadi ruang tiga dimensi. Namun, bayangkan alam semesta tiga dimensi kita sebagai sebuah permukaan yang berada di ruang dimensi yang lebih tinggi (hyperspace). Ruang dimensi tinggi ini bisa berupa ruang empat

dimensi (atau lebih) di mana seluruh alam semesta kita hanyalah sebuah 'irisasi' atau 'brane'.

Ketika alam semesta kita terus mengembang, alam semesta pada akhirnya akan menyatu pada satu titik di hyperspace berdimensi lebih tinggi ini, seperti halnya permukaan dua dimensi yang bisa melengkung dan menyatu pada satu titik di ruang tiga dimensi. Titik di hyperspace ini dapat dianalogikan sebagai leher botol Klein, sebuah bentuk dimensi yang lebih tinggi di mana permukaannya berputar kembali ke dirinya sendiri.

Ketika pemuaian alam semesta dalam ruang tiga dimensi menyatu dengan titik tunggal di hyperspace ini, maka akan tercipta kondisi di mana kerapatan energi menjadi sangat tinggi. Jika titik tunggal di hyperspace ini tidak dapat mengakomodasi energi yang sangat besar dan masuknya energi vakum dari alam semesta yang mengembang saat ini, maka akan terjadi ledakan. Ledakan ini akan menjadi awal dari Big Bang yang baru, menciptakan alam semesta yang baru.

Dengan demikian, alam semesta Big Bang yang terus mengembang saat ini bisa mengarah pada pembentukan alam semesta baru dalam kerangka hyperspace, dengan konvergensi ke satu titik yang bertindak sebagai jembatan antara siklus CCC. Konvergensi dimensi yang lebih tinggi ini menyediakan mekanisme untuk siklus Big Bang yang terus menerus ketika alam semesta saat ini masih terus mengembang, dan energi alam semesta yang terus mengembang ini juga dapat berkontribusi pada energi gelap yang mendorong percepatannya.



Gbr. 1.9. Kosmologi Siklik Konformal

### iii. Penciptaan Alam Semesta dalam Alkitab

Pada bagian ini, saya akan mengeksplorasi penciptaan alam semesta seperti yang dijelaskan dalam Alkitab dari perspektif astronomi, memeriksa bagaimana kisah Alkitab dapat selaras dengan pemahaman ilmiah modern. Analisis ini akan menyelidiki kemungkinan kesejajaran antara kisah Alkitab dan pengamatan astronomi. Meskipun pendekatan ini memberikan perspektif yang menarik, penting untuk diketahui bahwa ada cara lain untuk menafsirkan kisah penciptaan dalam Alkitab. Penafsiran ini dapat bervariasi berdasarkan konteks teologis, filosofis, dan budaya, yang masing-masing memberikan wawasan unik ke dalam narasi mendalam tentang asal-usul alam semesta.

#### a) Allah menyatakan penciptaan alam semesta

Penciptaan alam semesta dijelaskan dalam kitab Kejadian, kitab pertama dalam Alkitab.

"Pada mulanya, Tuhan menciptakan langit dan bumi." (Kejadian 1:1)

Ayat ini memperkenalkan tindakan penciptaan oleh Tuhan, menegaskan bahwa Dia adalah pemrakarsa segala sesuatu yang ada. Frasa "langit dan bumi" mencakup seluruh ciptaan, yang menunjukkan totalitas alam semesta.

"Bumi belum berbentuk dan kosong, dan kegelapan menutupi permukaan samudera raya. Dan Roh Allah melayang-layang di atas permukaan air." (Kejadian 1:2)

Istilah "bumi" di sini mewakili ciptaan fisik dan materi (yaitu, materi baryonik) yang kelak akan dibentuk oleh Allah. Frasa "Bumi belum berbentuk" dapat ditafsirkan sebagai menggambarkan keadaan kekosongan purba, di mana belum ada sesuatu pun yang diciptakan. Istilah "kekosongan" menandakan sebuah ruang kosong, dan jika tidak ada apa pun di dalam ruang tersebut, maka secara sah dapat disebut sebagai ruang hampa. Oleh karena itu, frasa "Bumi belum berbentuk dan kosong" menunjukkan bahwa, sejak awal, alam semesta ada sebagai ruang hampa, suatu keadaan awal ketiadaan. Frasa berikutnya "kegelapan menutupi permukaan samudera raya" memiliki makna yang mendalam. "Kegelapan" adalah  $\text{חֹשֶׁק}$  (choshek) dalam bahasa Ibrani yang secara harfiah berarti kegelapan total tanpa cahaya. "Dalam" adalah  $\text{תְּהוֹם}$  (tehom) dalam bahasa Ibrani dan berasal dari kata  $\text{הוֹם}$  (hom) yang berarti 'gejolak' atau 'bergejolak'. Dengan demikian, "Bumi tidak berbentuk dan kosong, dan kegelapan menutupi permukaan bumi yang dalam" dapat ditafsirkan sebagai menggambarkan asal usul alam semesta dari ruang hampa dalam keadaan gelap dan bergejolak. Penafsiran ini sangat sesuai dengan kondisi alam semesta pada tahap paling awal-tepat sebelum Big Bang-ketika alam semesta masih berupa ruang hampa yang mengalami fluktuasi kuantum.

#### b) Penciptaan cahaya

Peristiwa utama pada hari pertama penciptaan adalah penciptaan

cahaya.

"Berfirmanlah Allah: "Jadilah terang," maka terang itu jadi."  
(Kejadian 1:3)

Ayat tersebut menyatakan bahwa Tuhan memulai penciptaan alam semesta dengan menciptakan cahaya. Demikian pula, Big Bang dimulai dengan serangkaian zaman yang cepat, yang secara keseluruhan berlangsung kurang dari satu detik, yang pada akhirnya mengarah pada penciptaan cahaya (foton) selama zaman foton. Penciptaan cahaya dalam Kejadian 1:3 sangat sesuai dengan penciptaan cahaya pada zaman foton-yang secara kuat menyelaraskan kisah Alkitab dengan momen penting di alam semesta awal ini.

### c) Penciptaan Langit

Peristiwa utama pada hari kedua penciptaan adalah penciptaan langit (surga).

"Lalu Allah menjadikan cakrawala dan..., Allah menamai cakrawala itu langit ...." ( Kejadian 1:7, 8 )

Penciptaan langit yang digambarkan dalam kitab Kejadian dapat dihubungkan dengan zaman rekombinasi dalam kosmologi Big Bang. Sebelum masa ini, alam semesta tidak tembus cahaya, dipenuhi dengan plasma panas yang padat berisi elektron, neutron, proton, dan foton. Plasma ini menyebarkan foton, mencegah foton bergerak bebas dan membuat alam semesta tidak tembus radiasi. Pada masa itu, alam semesta memiliki lebar sekitar 10 tahun cahaya, yang berarti tidak ada ruang yang cukup luas untuk sebuah 'langit' yang bisa dilihat.

Namun, pada zaman rekombinasi, alam semesta mendingin sehingga elektron dan proton dapat bergabung dan membentuk atom hidrogen netral. Proses ini membersihkan plasma, membuat alam semesta menjadi transparan dan memungkinkan foton untuk bergerak bebas melalui ruang angkasa. Hasilnya, terbentuklah bentangan yang

luas dan transparan-yang kita kenal sebagai langit yang tampak, dengan radius sekitar 42 juta tahun cahaya. Dengan demikian, penciptaan langit dalam Kejadian 1:7-8 dapat ditafsirkan sebagai referensi untuk peristiwa penting dalam sejarah kosmik ini.

Tabel berikut ini merangkum penciptaan alam semesta seperti yang dijelaskan dalam Alkitab dan yang dijelaskan oleh astronomi. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kisah penciptaan dalam kitab Kejadian selaras dengan fakta-fakta astronomi sampai pada tingkat yang luar biasa, yang menegaskan bahwa Allah telah mengungkapkan kebenaran-kebenaran ini melalui Alkitab jauh sebelum ditemukan oleh ilmu pengetahuan.

Kejadian	Astronomi
Fluktuasi vakum (Kej. 1:2 - sebelum Penciptaan)	Fluktuasi vakum (sebelum Big Bang)
Penciptaan cahaya (Kej. 1:3 - Hari Penciptaan 1)	Penciptaan cahaya (Zaman foton)
Penciptaan langit (Kej. 1:7-8 - Hari Penciptaan 2)	Penciptaan langit (Zaman rekombinasi)

Tabel 1.1. Perbandingan Penciptaan dalam Kitab Kejadian dan Astronomi

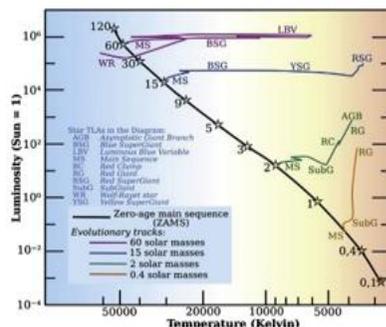
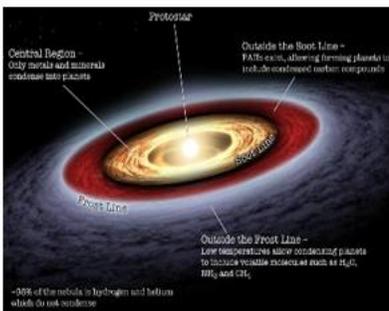
### c. Mana yang Lebih Dulu Diciptakan, Bumi atau Matahari?

Peristiwa utama pada hari ketiga penciptaan dalam kitab Kejadian adalah penciptaan daratan dan lautan. Hal ini dapat dipahami sebagai periode di mana Bumi dibentuk dan disusun. Proses pengumpulan air dan munculnya daratan kering menandakan perkembangan permukaan bumi dan fitur geografis. Peristiwa utama pada hari keempat dalam kitab Kejadian adalah penciptaan Matahari. Dengan demikian, Bumi diciptakan sebelum Matahari. Akan menarik untuk menguji apakah catatan Alkitab konsisten dengan pengamatan astronomi. Mari kita telusuri.

Bintang dan planet terbentuk dari awan molekul. Awan molekul

terdiri dari sekitar 98% gas (sekitar 70% hidrogen dan 28% helium) dan 2% debu (karbon, nitrogen, oksigen, besi, dll.). Sebagian besar bintang dan planet Jovian terbentuk dari gas, dan sebagian besar planet kebumihan terbentuk dari debu. Protobintang terbentuk ketika awan molekul runtuh akibat gravitasinya sendiri. Selama proses ini, materi yang tersisa dari awan molekul membentuk piringan berputar yang dikenal sebagai piringan protoplanet, yang merupakan area di mana planet-planet akhirnya terbentuk. Keruntuhan gravitasi mengawali pemanasan dan pemampatan inti, yang mengarah pada kelahiran protobintang, sementara piringan berputar di sekelilingnya menyediakan lingkungan untuk pembentukan dan evolusi benda-benda planet.

Ketika protobintang terus menyusut, ia akan menjadi bintang pra-urutan utama dan mengikuti jalur evolusi bintang yang dikenal sebagai jalur Hayashi (untuk bintang bermassa rendah) dan jalur Henyey (untuk bintang bermassa tinggi) dalam diagram Hertzsprung-Russell (diagram H-R). Bintang-bintang deret utama dapat diamati sebagai bintang T Tauri jika massanya lebih kecil dari 2 massa Matahari, dan sebagai bintang Herbig Ae/Be jika massanya lebih besar dari 2 massa Matahari. Bintang pra-deret utama terus mengerut hingga temperatur internalnya meningkat hingga 10 hingga 20 juta derajat. Pada titik ini, bintang urutan pra-utama memulai fusi nuklir hidrogen dan menjadi bintang sejati di langit. Bintang-bintang pada tahap ini disebut bintang deret utama.



Gbr. 1.10. Piringan protobintang dan protoplanet, dan diagram H-R

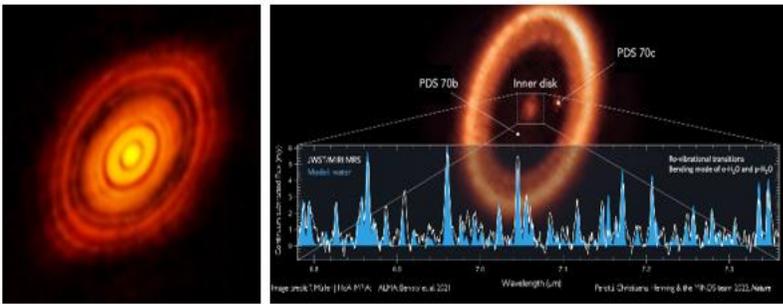
Menurut teori evolusi bintang dan studi heliosismologi, Matahari berada di tahap pra-deret utama selama sekitar 40 hingga 50 juta tahun, setelah itu menjadi bintang deret utama.

Sementara bintang terbentuk di pusat, planet-planet terbentuk di piringan protoplanet. Tabrakan partikel debu dan gas membentuk kerikil, kerikil tumbuh menjadi batuan, dan batuan berkembang menjadi planetesimal. Planetesimal ini adalah bahan penyusun planet.

Baru-baru ini saja, detail proses pembentukan planet di piringan protoplanet dipelajari secara aktif. Hasil penelitian memprediksi kalau dibutuhkan waktu beberapa juta tahun untuk membentuk planet seukuran Bumi dari kerikil-kerikil berukuran 1 mm. Prediksi ini bisa diuji dengan pengamatan yang sebenarnya, termasuk foto sub-milimeter ALMA dari bintang T Tauri HL Tau dan PDS 70.

Massa HL Tau kira-kira dua massa Matahari dan usianya sekitar satu juta tahun. Dari foto tersebut, terlihat kalau beberapa planet sudah terbentuk dan mengitari bintang induk utama, seperti yang ditunjukkan oleh celah pada piringan protoplanet. Massa PDS 70 sekitar 0,76 massa Matahari dan usianya 5,4 juta tahun. Dua exoplanet, PDS 70b dan PDS 70c sudah dipotret langsung oleh VLT ESO. Pada tahun 2023, pengamatan spektroskopi oleh James Webb Space Telescope mendeteksi adanya air di area pembentukan planet kebumihan pada piringan protoplanet dan menunjukkan kalau ada dua atau lebih planet kebumihan yang terbentuk di dalamnya. Penting untuk dicatat bahwa awan gas dan debu yang terlihat di HL Tau sebagian besar sudah disingkirkan di PDS 70, dan planet kebumihan yang mengandung air sudah terbentuk di bagian tengahnya.

Butuh waktu 5,4 juta tahun untuk membentuk planet-planet terestrial, tapi walaupun butuh waktu 10 juta tahun, masih jauh lebih singkat dibanding 40 juta hingga 50 juta tahun bagi Matahari untuk menjadi bintang deret utama. Hal ini menunjukkan bahwa Bumi diciptakan lebih dulu daripada Matahari, seperti yang dinyatakan dalam Kitab Kejadian, dan konsisten dengan pengamatan astronomi.



Gbr. 1.11. HL Tau dan PDS 70

Peristiwa utama lainnya yang dilakukan Tuhan pada hari ketiga adalah penciptaan tumbuhan dan pepohonan. Kaum ateis dan evolusionis sering bertanya bagaimana tumbuhan dan pepohonan ini bisa bertahan jika Matahari diciptakan pada hari keempat. Pertanyaan ini dapat dijawab dalam konteks teori evolusi bintang. Ketika Bumi terbentuk, Matahari masih dalam tahap bintang T Tauri. Meskipun bintang T Tauri bukan bintang deret utama, temperatur permukaannya berkisar antara 4.000 hingga 5.000 Kelvin. Radiasi benda hitam pada temperatur ini mencapai puncaknya pada panjang gelombang tampak. Selain itu, ukuran Matahari sebagai bintang T Tauri beberapa kali lebih besar dari ukurannya saat ini. Oleh karena itu, ia dapat menyediakan energi yang cukup dalam rentang panjang gelombang tampak untuk memungkinkan terjadinya fotosintesis pada tanaman dan pepohonan.

#### d. Apakah Bumi Berusia 6.000 Tahun?

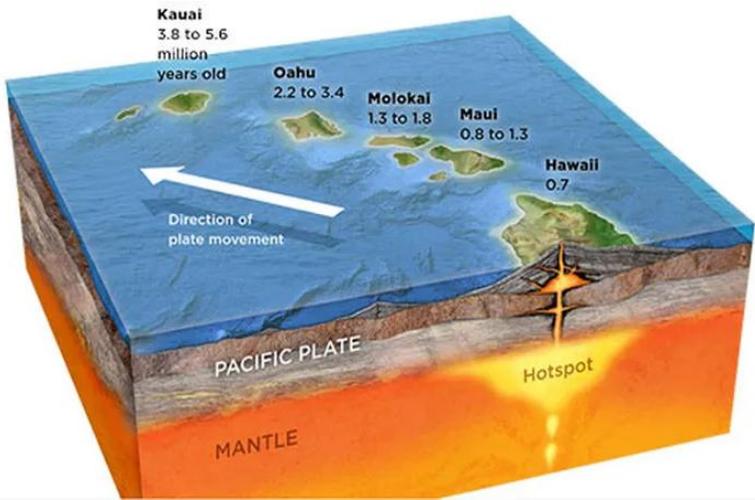
Kreasionisme Bumi muda ( ) adalah kepercayaan bahwa Bumi dan alam semesta relatif muda, biasanya sekitar 6.000 hingga 10.000 tahun, berdasarkan penafsiran harfiah atas kisah penciptaan Alkitab dalam kitab Kejadian. Penganut Bumi Muda percaya bahwa Bumi diciptakan dalam enam hari 24 jam dan menolak sebagian besar konsensus ilmiah modern mengenai usia Bumi dan alam semesta. Bukti ilmiah yang luas dari berbagai bidang, termasuk geologi, astronomi, dan fisika, menunjukkan bahwa Bumi berusia sekitar 4,6 miliar tahun,

dan alam semesta sekitar 13,8 miliar tahun. Meskipun ada banyak bukti, para penganut teori Bumi muda tidak setuju. Situasi ini mengingatkan kita pada perdebatan antara model geosentris dan heliosentris pada zaman Galileo Galilei.

Sebelum masuk ke pembahasan utama, mari kita simak beberapa contoh yang memudahkan untuk memahami bahwa Bumi dan alam semesta setidaknya berusia beberapa juta tahun.

Kerak bumi terdiri dari lempeng tektonik yang bergerak secara perlahan dan menyebabkan gempa bumi. Tidak ada yang menyangkal fakta ini. Titik panas adalah titik di mana magma mengalir keluar dari dalam mantel di bawah kerak bumi, dengan pusatnya tetap di tempatnya. Ketika magma mengalir keluar ke kerak bumi dan mendingin, magma akan membentuk daratan. Kepulauan Hawaii adalah contoh utama dari proses ini. Di Pulau Besar Hawaii, Kilauea masih merupakan gunung berapi yang aktif, dan ketika magma yang meletus mendingin di dalam air laut, daratan baru terbentuk. Daratan yang baru terbentuk bergerak ke arah barat laut dengan kecepatan sekitar 7-10 cm per tahun akibat lempeng tektonik, dan proses ini telah menciptakan berbagai pulau di Hawaii. Hal ini terjadi bahkan sampai sekarang, dan merupakan fakta yang tidak dapat disangkal.

Mempertimbangkan kecepatan pergerakan lempeng tektonik, usia Kepulauan Hawaii diperkirakan sebagai berikut: Big Island berusia 400.000 tahun, Maui berusia 1 juta tahun, Molokai berusia 1,5-2 juta tahun, Oahu (di mana Waikiki berada) berusia 3-4 juta tahun, dan Kauai sekitar 5 juta tahun. Di Big Island, Anda dapat melihat bahwa sebagian besar tanahnya masih tertutup tanah vulkanik hitam, yang mengindikasikan pelapukan yang minimal. Sebaliknya, Kauai telah mengalami pelapukan yang signifikan, memungkinkan vegetasi untuk tumbuh subur, sehingga mendapat julukan 'Pulau Taman'. Contoh ini memberikan bukti langsung bahwa Bumi setidaknya berusia beberapa juta tahun.



Gbr. 1.12. Sejarah geologi Kepulauan Hawaii

Untuk memahami secara langsung bahwa alam semesta setidaknya berusia beberapa juta tahun, kita hanya perlu menerima bahwa cahaya bergerak dengan kecepatan 300.000 km per detik. Matahari berjarak 150 juta km dari Bumi. Jadi, cahaya matahari yang kita terima sekarang dihasilkan di Matahari 8,3 menit yang lalu. Matahari sekitar 400 kali lebih besar daripada Bulan, tapi karena jaraknya jauh, Matahari tampak sama besar dengan Bulan di langit. Tidak ada yang menyangkal hal ini. Galaksi Andromeda memiliki ukuran yang sama dengan Bima Sakti, tapi jaraknya 2,5 juta tahun cahaya, sehingga tampak empat kali lebih besar dari Bulan. Fakta bahwa kita bisa melihat Galaksi Andromeda berarti cahaya yang kita amati terbentuk di Andromeda 2,5 juta tahun yang lalu dan baru saja sampai ke Bumi. Jika kalian pernah melihat Galaksi Andromeda, kalian tidak bisa menyangkal fakta ini. Ini adalah bukti langsung bahwa alam semesta setidaknya berusia beberapa juta tahun.

Terlepas dari fakta-fakta ini, jika seseorang masih bersikeras bahwa Bumi berusia 6.000 tahun, hal ini bisa menjadi batu sandungan dan bukannya membantu dalam menyebarkan Injil, yang berpotensi menjauhkan banyak orang dari Injil. Oleh karena itu, alih-alih mendukung kreasionisme Bumi muda, mungkin akan lebih masuk akal

jika kita membaca kitab Kejadian dalam Alkitab dengan saksama dan mencoba mencari solusinya.

Bagi manusia, waktu selalu mengalir dari masa kini ke masa depan dan tidak pernah mengalir mundur. Kita mendefinisikan satu hari sebagai 24 jam, tetapi jika kita diciptakan di planet lain, satu hari tidak akan menjadi 24 jam. Sebagai contoh, jika kita diciptakan di Venus, satu hari adalah 243 hari Bumi, dan di Jupiter, satu hari adalah 10 jam Bumi. Oleh karena itu, kecuali kita mengubah definisi dan persepsi kita tentang waktu dari perspektif geosentris, akan sulit untuk mengatasi masalah ini. Mari kita bahas hal ini lebih lanjut dengan mengingat fakta-fakta ini.

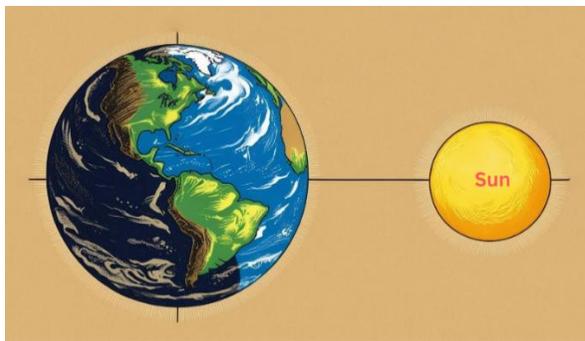
#### i. Hari-hari dalam Kitab Kejadian

Pertama, mari kita perkirakan usia alam semesta berdasarkan catatan dalam kitab Kejadian. Menurut kitab Kejadian, Allah menciptakan alam semesta dan segala isinya selama enam hari. Waktu yang berlalu dari Adam hingga Nuh dapat diperkirakan dengan menggunakan catatan silsilah dalam Kejadian 5:3-32. Air bah Nuh terjadi ketika Nuh berusia 600 tahun, dan jumlah total tahun dari Adam sampai air bah adalah 1.656 tahun. Kita tidak tahu kapan banjir Nuh terjadi. Beberapa ahli Alkitab dan tradisi berusaha menentukan waktu terjadinya air bah dengan menggunakan silsilah dalam Alkitab, dan memperkirakan air bah terjadi sekitar 2300-2400 SM. Oleh karena itu, usia alam semesta, menurut penafsiran ini, adalah 7 hari + 1.656 tahun + 4.400 tahun = 6.056 tahun. Ini adalah dasar teoretis dari klaim para penganut teori penciptaan Bumi muda yang menyatakan bahwa Bumi berusia 6.000 tahun.

Untuk membahas masalah usia hari, mari kita lihat kembali kitab Kejadian. Meskipun tampaknya tidak ada masalah dengan catatan silsilah dalam kitab Kejadian, beberapa perdebatan mungkin ada mengenai tahun yang tepat dari banjir Nuh. Namun, apakah banjir Nuh terjadi 4.400 tahun yang lalu atau 44.000 tahun yang lalu, hal ini tidak secara signifikan mempengaruhi usia alam semesta seperti yang

dipahami dalam konteks ilmiah yaitu 13,8 miliar tahun. Jadi, di manakah kunci untuk menyelesaikan masalah usia hari? Mungkin Anda sudah mengetahuinya-kuncinya terletak pada penafsiran tujuh hari pertama penciptaan.

Alasannya sederhana: satu hari didefinisikan sebagai periode rotasi planet tempat kita tinggal. Untuk mendefinisikan satu hari, Matahari dan Bumi harus sudah ada sebelumnya. Namun, Kitab Kejadian mencatat bahwa Bumi diciptakan pada hari ketiga, dan Matahari pada hari keempat, namun Tuhan menggunakan istilah 'siang' dan 'malam' bahkan sebelum keduanya diciptakan. Hal ini menyiratkan bahwa 'hari' dalam kitab Kejadian bukanlah hari 24 jam seperti yang kita definisikan, tetapi 'hari' yang didefinisikan oleh Tuhan. Kekeliruan para penganut teori penciptaan Bumi muda terletak pada kesalahpahaman mereka bahwa 'hari' yang disebutkan dalam Kejadian mengacu pada hari manusia yang 24 jam, yang menyebabkan salah tafsir terhadap istilah 'hari' dalam kisah Kejadian.



Gbr. 1.13. Untuk menentukan satu hari, Bumi dan Matahari harus ada terlebih dahulu.

Jika hari-hari dalam kitab Kejadian bukanlah periode 24 jam seperti yang didefinisikan oleh manusia, Anda mungkin bertanya-tanya, "Berapa lama hari-hari dalam kitab Kejadian dalam kaitannya dengan hari-hari manusia?". Meskipun kita tidak tahu jawaban pastinya, kita dapat memperkirakan perkiraan periode dengan membandingkan

peristiwa penciptaan yang dijelaskan dalam kitab Kejadian dengan peristiwa Big Bang.

Acara utama pada hari pertama penciptaan adalah penciptaan cahaya. Era foton dalam Big Bang sesuai dengan peristiwa ini, dengan waktu manusia pada hari pertama adalah 380.000 tahun. Acara utama pada hari kedua penciptaan adalah penciptaan langit. Era rekombinasi sesuai dengan peristiwa ini, dengan waktu manusia pada hari kedua adalah 100.000 tahun. Peristiwa utama pada hari ketiga adalah penciptaan Bumi. Seperti yang kita lihat di bagian sebelumnya, Bumi membutuhkan waktu sekitar 10 juta tahun untuk terbentuk, sehingga hari ketiga penciptaan akan berlangsung lebih dari 10 juta tahun. Demikian pula, peristiwa utama pada hari keempat adalah penciptaan Matahari. Karena Matahari membutuhkan waktu sekitar 40 hingga 50 juta tahun untuk terbentuk, hari keempat penciptaan akan berlangsung lebih dari 40 juta tahun. Tabel berikut merangkum hasil di atas.

Hari dalam Penciptaan	Peristiwa dalam Kejadian	Peristiwa dalam Astronomi	Manusia waktu
Hari 1	Penciptaan cahaya	Penciptaan cahaya dalam zaman foton	380.000 tahun
Hari ke-2	Penciptaan langit	Penciptaan langit di zaman rekombinasi	100.000 tahun
Hari 3	Penciptaan Bumi	Penciptaan Bumi	> 10 juta tahun
Hari 4	Penciptaan Matahari	Penciptaan Matahari	> 40 juta tahun

Tabel 1.2. Hari-hari Penciptaan dalam Kitab Kejadian Ditafsirkan dalam Waktu Manusia

Di sini, kita menemukan beberapa fakta yang tidak terduga tentang konsep waktu yang digunakan oleh Tuhan. Hari-hari dalam kisah penciptaan jauh lebih panjang dibandingkan dengan hari manusia yang berdurasi 24 jam. Selain itu, waktu Tuhan tidak tetap tetapi bervariasi,

berkisar antara ratusan ribu tahun hingga lebih dari 40 juta tahun. Bagaimana kita dapat memahami hal ini? Dalam arti tertentu, ini bukanlah hasil yang mengejutkan, melainkan hasil yang diharapkan.

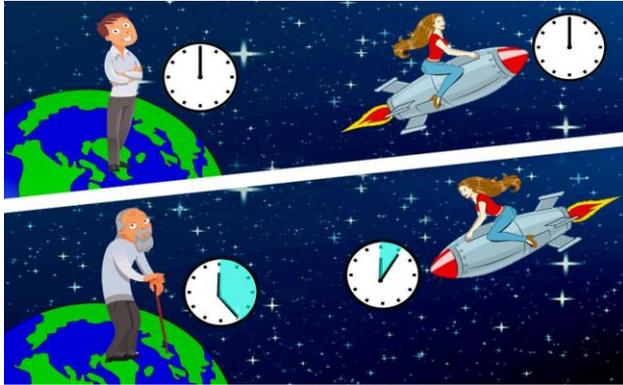
## ii. Sang Pencipta Waktu

'Hari' yang digunakan dalam kitab Kejadian adalah yom (יּוֹם) dalam bahasa Ibrani. Yom dapat ditafsirkan dalam beberapa cara, termasuk yang mengacu pada usia atau periode waktu yang panjang. Penafsiran ini menunjukkan bahwa setiap 'hari' penciptaan mewakili zaman yang panjang di mana tindakan-tindakan penciptaan yang spesifik terjadi. Penafsiran lainnya adalah bahwa 'yom' menandakan suatu periode yang tidak dapat ditentukan. Pandangan ini menyatakan bahwa hari-hari Tuhan tidak terikat oleh batasan waktu manusia, mengakui bahwa Tuhan, sebagai pencipta waktu, bekerja di luar batasan waktu kita. Contoh-contoh penafsiran ini dapat ditemukan di dalam Alkitab.

Dalam 2 Petrus di Perjanjian Baru, tertulis:

"Tetapi jangan lupakan satu hal ini, teman-teman: Bagi Tuhan satu hari sama seperti seribu tahun dan seribu tahun sama seperti satu hari." (2 Petrus 3:8)

Ayat ini dimaksudkan untuk mendorong mereka yang menantikan janji-janji Tuhan untuk melakukannya dengan sabar. Hal ini juga dapat menunjukkan bahwa perspektif Allah tentang waktu berbeda dengan perspektif manusia, yang menyiratkan bahwa Allah dapat menambah atau mengurangi waktu sesuai dengan kehendak-Nya. Kita memahami bahwa waktu bukanlah kuantitas yang tetap. Menurut relativitas khusus, waktu bergerak lebih lambat bagi pengamat yang bergerak daripada pengamat yang diam dalam kerangka inersia yang sama ( $t = t_0/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ ). Dalam relativitas umum, waktu berjalan lebih lambat dalam medan gravitasi yang kuat ( $t = t_0\sqrt{1 - (2GM/rc^2)}$ ).



Gbr. 1.14. Ilustrasi pelebaran waktu

Tuhan tidak hanya mengembangkan atau mengerutkan tetapi juga menghentikan waktu. Dalam kitab Yosua di Perjanjian Lama, tertulis:

"Matahari berhenti di tengah-tengah langit dan menunda terbenamnya kira-kira satu hari penuh" (Yosua 10:13).

Mukjizat ini terjadi saat Yosua berperang melawan orang Amori dan menunjukkan bahwa Tuhan memiliki kuasa untuk membekukan waktu. Lebih jauh lagi, Tuhan melakukan mukjizat yang lebih menakjubkan lagi, seperti yang dicatat dalam 2 Raja-Raja dalam Perjanjian Lama:

"Lalu berserulah nabi Yesaya kepada TUHAN, dan TUHAN membuat bayangan itu kembali ke sepuluh anak tangga yang telah dilalui olehnya di tangga Ahas." (2 Raja-raja 20:11)

Ayat di atas mencerminkan jawaban Tuhan atas doa Raja Hizkia yang penuh air mata untuk hidup lebih lama. Dalam belas kasihan-Nya, Tuhan mendengar doa Hizkia dan mengaruniakan 15 tahun tambahan. Untuk meneguhkan janji-Nya, Tuhan menunjukkan sebuah tanda ajaib, yaitu membuat bayangan di tangga Ahas (jam matahari) bergerak mundur sebanyak sepuluh langkah. Mukjizat ini menunjukkan bahwa Allah memiliki kuasa untuk membalikkan waktu, sebuah konsep yang

berada di luar jangkauan pemahaman ilmiah kita saat ini.



Gbr. 1.15. Tangga Ahaz (Jam Matahari)

Bagi manusia, waktu mengalir searah dari masa kini ke masa depan, tetapi bagi Tuhan, seperti yang ditunjukkan dalam Alkitab, waktu adalah variabel yang dapat Dia kendalikan. Tuhan dapat mempersingkat, memperpanjang, membekukan, atau bahkan membalikkan waktu, yang menunjukkan kedaulatan-Nya atas hukum alam dan menyoroiti kontras antara keterbatasan manusia dan kuasa-Nya yang tak terbatas.

#### e. Alam Semesta yang Disempurnakan

Alam semesta yang disetel dengan baik mengungkapkan fakta bahwa konstanta fisik fundamental yang membentuk dan mengoperasikan alam semesta diubah dengan sangat teliti agar kehidupan dapat eksis di alam semesta.

Jika massa jenis alam semesta lebih besar daripada massa jenis kritis, alam semesta akan mengerut segera setelah terbentuk. Sebaliknya, jika kerapatannya lebih kecil dari kerapatan kritis, alam semesta akan memuai terlalu cepat sehingga mencegah pembentukan bintang dan galaksi. Dalam kedua kasus tersebut, kita tidak akan ada di dunia ini.

Dalam bukunya *The Emperor's New Mind*, Penrose menggunakan rumus Bekenstein-Hawking untuk entropi lubang hitam untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya Dentuman Besar. Dia menghitung bahwa kemungkinan alam semesta terbentuk dengan cara yang akan mengembangkan dan mendukung kehidupan seperti yang

kita ketahui adalah 1 banding 10 pangkat  $10^{123}$ . Hal ini menunjukkan bahwa alam semesta kita tidak muncul dari suatu kebetulan atau proses acak, melainkan melalui penyempurnaan yang luar biasa oleh Sang Pencipta!

Konstanta dasar fisika seperti konstanta gravitasi, kecepatan cahaya dalam ruang hampa, konstanta Planck, konstanta Boltzmann, konstanta listrik, muatan elementer, konstanta struktur halus, dan lain-lain harus disetel sedemikian rupa agar kehidupan dapat eksis di alam semesta. Jika konstanta-konstanta ini sedikit saja berbeda, alam semesta tidak akan mampu mendukung kehidupan.

Sebagai contoh, jika konstanta gravitasi lebih kecil dari sekarang, gaya gravitasi akan lebih lemah. Berkurangnya tarikan gravitasi ini akan membuat materi tidak mungkin menyatu menjadi bintang, galaksi, dan planet, termasuk Bumi yang kita tinggali saat ini. Jika konstanta Planck lebih besar dari sekarang, beberapa perubahan mendasar dalam alam semesta fisik akan terjadi. Pertama, intensitas radiasi matahari akan berkurang, sehingga energi yang sampai ke Bumi dari Matahari akan berkurang. Pengurangan energi ini akan berdampak pada banyak proses alam, termasuk pola iklim dan cuaca. Selain itu, nilai konstanta Planck yang lebih besar akan meningkatkan ukuran atom, karena kuantisasi tingkat energi atom akan berubah. Peningkatan ini akan melemahkan kekuatan ikatan atom dan molekul, membuat reaksi kimia menjadi kurang stabil. Fotosintesis pada tanaman, yang bergantung pada penyerapan energi cahaya yang tepat untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa, akan menjadi kurang efisien. Keseluruhan proses biokimia dan fisika yang bergantung pada keseimbangan mekanika kuantum saat ini akan berubah, sehingga menghasilkan lingkungan yang berbeda secara dramatis dan kurang stabil untuk kehidupan.

Di antara konstanta fundamental, konstanta struktur halus telah menarik perhatian khusus para fisikawan. Konstanta struktur halus, dilambangkan dengan huruf Yunani  $\alpha$  mengukur kekuatan interaksi elektromagnetik antara partikel bermuatan dasar.

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

Ini adalah kuantitas tanpa dimensi dengan nilai perkiraan 1/137, sebuah angka yang telah membuat para fisikawan penasaran sejak penemuannya. Nilai yang tepat sangat penting bagi stabilitas alam semesta dan keberadaan kehidupan. Jika nilainya sedikit saja berbeda dari nilainya saat ini, kehidupan yang kita kenal tidak akan ada.

Jika  $\alpha$  lebih besar dari 1/137, interaksi elektromagnetik antar partikel akan menjadi lebih kuat. Hal ini akan mengakibatkan elektron terikat lebih erat ke inti, mengurangi ukuran atom dan membuat pembentukan elemen berat menjadi lebih mudah, sementara elemen ringan seperti hidrogen akan lebih kecil kemungkinannya untuk terbentuk. Karena hidrogen merupakan bahan baku penting untuk fusi nuklir, perubahan ini secara langsung akan mempengaruhi kelangsungan hidup dengan membatasi ketersediaan hidrogen yang dibutuhkan untuk produksi energi di Matahari dan bintang-bintang. Sebaliknya, jika  $\alpha$  lebih kecil dari 1/137, interaksi elektromagnetik antar partikel akan menjadi lebih lemah. Elektron-elektron tidak akan terikat dengan kuat pada inti, sehingga atom dan molekul menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan tersebut akan menyebabkan atom dan molekul lebih mudah meluruh, sehingga mencegah pembentukan molekul kompleks seperti DNA dan protein, yang sangat penting bagi kehidupan. Dengan demikian, setiap perubahan signifikan pada konstanta struktur halus akan memiliki implikasi yang besar bagi pembentukan materi dan potensi kehidupan di alam semesta.

Kita tidak tahu asal usul nilai numeriknya  $\alpha \approx 1/137$ . Dirac menganggap asal usul  $\alpha$  sebagai 'masalah fisika yang paling mendasar yang belum terpecahkan'. Feynman menggambarkan  $\alpha$  sebagai 'Angka Tuhan' atau 'angka ajaib' yang membentuk alam semesta, dan yang datang kepada kita tanpa kita pahami. Bisa dibayangkan 'tangan Tuhan' yang menulis angka tersebut, dan 'kita tidak tahu bagaimana Dia menggoreskan pensil-Nya'.

Jika kita menulis ulang persamaan  $\alpha$ , persamaan ini dapat

merepresentasikan beberapa rasio: kecepatan elektron terhadap kecepatan cahaya (yaitu, cahaya bergerak 137 kali lebih cepat daripada elektron), tolakan elektrostatis terhadap energi foton tunggal, dan jari-jari elektron klasik terhadap panjang gelombang Compton yang berkurang dari elektron. Selain itu, rasio kekuatan gaya elektromagnetik terhadap gaya gravitasi adalah  $10^{36}$ , dan rasio gaya elektromagnetik terhadap gaya kuat adalah  $1/137$ . Dengan demikian, nilai numerik konstanta tak berdimensi dapat berfungsi sebagai titik referensi untuk empat gaya fundamental.

Seperti yang disebutkan dalam Bab 3, “Fisika Partikel dan Penciptaan,” semua materi di alam semesta (baryon) terdiri dari partikel-partikel dasar yang dijelaskan oleh Model Standar—quark, lepton, boson gauge, dan boson Higgs—jumlahnya total 17. Setiap partikel memiliki massa, muatan, dan spin yang unik. Jika salah satu dari sifat dasar ini sedikit saja berbeda, struktur atomik, molekuler, biologis, dan kosmis yang kita kenal tidak akan ada.

Misalnya, jika perbedaan massa antara quark up dan quark down diubah, keseimbangan halus yang membuat proton stabil dan neutron sedikit lebih berat akan terganggu. Dalam hal ini, hidrogen tidak dapat terbentuk atau inti yang lebih berat tidak dapat disintesis, sehingga atom tidak mungkin ada. Jika massa elektron berbeda secara signifikan, ukuran atom dan tingkat energi akan bergeser, dan ikatan kimia yang stabil tidak akan terjadi, mencegah pembentukan molekul kompleks. Jika sifat-sifat boson Higgs diubah, mekanisme yang memberikan massa pada semua partikel elementer akan berubah, mengubah struktur dasar alam semesta.

Selain itu, jika muatan listrik proton dan elektron tidak sama dan berlawanan, atom netral tidak dapat ada. Jika muatan quark berbeda, sifat proton dan neutron akan berubah, mengganggu kemungkinan adanya inti atom. Jika elektron tidak memiliki spin  $1/2$ , prinsip pengecualian Pauli tidak akan berlaku, dan atom tidak dapat mempertahankan strukturnya. Demikian pula, jika boson tidak memiliki nilai spin bulat, kerangka kerja medan kuantum yang

memungkinkan kekuatan seperti elektromagnetisme, kekuatan kuat, dan kekuatan lemah beroperasi akan runtuh. Akhirnya, jika boson Higgs bukan partikel spin-0, mekanisme pembangkitan massa itu sendiri akan gagal, dan partikel tidak dapat exist dalam bentuknya saat ini.

Universum yang disesuaikan dengan presisi mencerminkan keseimbangan dan presisi yang luar biasa yang mendasari keberadaan segala sesuatu. Mulai dari densitas kritis universum yang ditetapkan dengan ketepatan yang tak terbayangkan, hingga perhitungan Penrose tentang probabilitas yang sangat kecil dari kondisi awal tersebut, hingga nilai-nilai halus konstanta gravitasi, konstanta Planck, dan konstanta struktur halus, setiap detail menunjuk pada kosmos yang disesuaikan dengan sempurna untuk kehidupan. Bahkan partikel-partikel fundamental itu sendiri—quark, lepton, boson, dan Higgs—memiliki massa, muatan, dan spin yang tepat untuk memungkinkan atom, molekul, bintang, dan pada akhirnya makhluk hidup untuk ada. Harmoni semacam itu tidak dapat secara wajar dikaitkan dengan kebetulan buta.

Ketepatan luar biasa ini tidak hanya menginspirasi kekaguman tetapi juga memaksa kita untuk mengajukan pertanyaan yang lebih dalam tentang asal usul dan tujuan alam semesta. Interaksi yang mulus antara hukum-hukum fisika menunjukkan tanda-tanda desain yang disengaja, dan konsep penciptaan ilahi menawarkan penjelasan yang mendalam dan meyakinkan. Sama seperti orkestra hanya dapat menghasilkan simfoni yang indah ketika setiap instrumen disetel dengan sempurna, demikian pula alam semesta menyaksikan kebijaksanaan dan kekuatan Pencipta, yang telah mengatur segala sesuatu dengan tujuan dan makna.

Jika mereka yang hanya menemukan prinsip-prinsip dasar alam semesta—gravitasi, relativitas, prinsip ketidakpastian, prinsip pengecualian Pauli, dan mekanisme Higgs—dihormati sebagai jenius dan dianugerahi Hadiah Nobel, betapa lebih besar lagi Allah, Sang Pencipta yang tidak hanya merumuskan hukum dan prinsip-prinsip ini tetapi juga menciptakan seluruh alam semesta?

## 2. Mahakarya Tuhan, Bumi

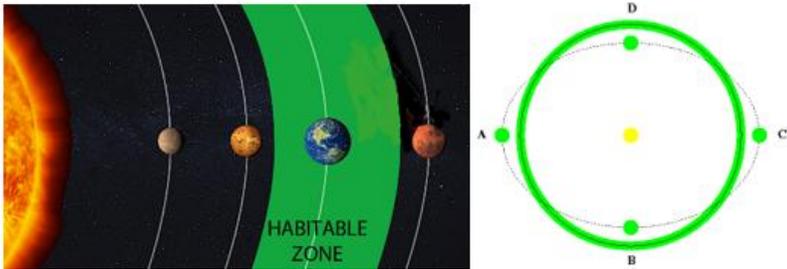
Bumi yang kita tinggali ini menyediakan beberapa kondisi yang sangat tepat untuk kelangsungan hidup organisme hidup. Kondisi-kondisi ini sangat tepat sehingga sering berfungsi sebagai perpanjangan dari alam semesta yang disetel dengan baik.

Dalam konteks ini, kita akan mengeksplorasi sepuluh kondisi khusus Bumi yang sangat unik dan penting untuk mendukung kehidupan yang kita kenal. Kondisi-kondisi ini menyoroti keseimbangan dan ketepatan luar biasa yang diperlukan untuk menopang organisme hidup, menjadikan planet kita sebuah oasis yang luar biasa di tengah luasnya alam semesta. Dengan meneliti atribut-atribut unik ini, kita dapat memperoleh apresiasi yang lebih dalam terhadap interaksi yang rumit antara berbagai faktor yang memungkinkan kehidupan berkembang di Bumi.

### a. Jarak Tepat dari Matahari

Keberadaan air dalam wujud cair sangat penting bagi kehidupan. Untuk bisa memiliki air dalam wujud cair, sebuah planet harus mengorbit pada area tertentu di sekeliling bintang induknya. Jika planet terlalu dekat dengan bintang, semua air akan mendidih, dan jika terlalu jauh, semua air akan membeku. Kisaran orbit di mana air tidak mendidih atau membeku disebut 'zona laik huni'. Zona laik huni di tata surya kita diperkirakan berada di antara 0,95 AU dan 1,15 AU (1 AU adalah jarak Bumi ke Matahari). Jadi, jika Bumi berada 5% lebih dekat atau 15% lebih jauh dari Matahari, kita tidak akan berada di sini.

Persentase zona laik huni yang menempati bidang ekliptika yang membentang ke Neptunus (30 AU) hanya 0,05%. Eksentrisitas orbit Bumi adalah faktor penting lainnya yang mempengaruhi kisaran zona layak huni. Sebagai contoh, jika eksentrisitasnya lebih besar dari 0,5, semua air akan mendidih dua kali setahun di dekat perihelion dan membeku dua kali setahun di dekat aphelion. Untungnya, eksentrisitas Bumi hanya 0,017, menghasilkan orbit yang hampir melingkar.



Gbr. 2.1. Zona layak huni (hijau) di tata surya

### b. Kemiringan Aksial Kanan

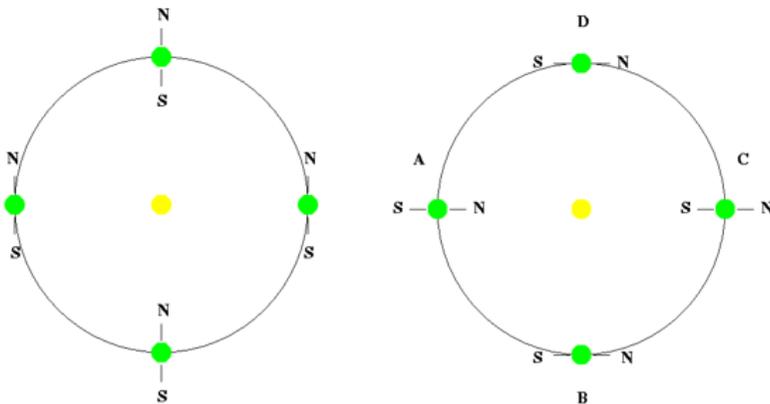
Sumbu rotasi Bumi dimiringkan sekitar 23,5 derajat. Karena itu, kita bisa memiliki empat musim dan cuaca yang sejuk. Apa yang akan terjadi jika sumbu rotasi tidak dimiringkan (0 derajat, bandingkan dengan kemiringan aksial di Merkurius= 0,0 derajat) atau dimiringkan sepenuhnya (90 derajat, bandingkan dengan kemiringan aksial di Uranus = 82,2 derajat)?

Jika sumbu rotasi Bumi tidak miring, beberapa perubahan signifikan akan terjadi dalam hal iklim, musim, dan kelayakhunian. Khatulistiwa akan menerima sinar matahari langsung secara konstan sepanjang tahun, yang menyebabkan suhu panas terus-menerus. Sebaliknya, kutub akan selalu menerima sinar matahari yang minim, sehingga mengakibatkan suhu yang dingin terus-menerus. Perbedaan suhu yang drastis ini akan secara signifikan mempengaruhi iklim global dan pola cuaca.

Tidak adanya musim akan berdampak besar pada ekosistem dan pertanian. Daerah dekat khatulistiwa mungkin akan menjadi terlalu panas bagi banyak tanaman dan organisme untuk tumbuh subur, sementara daerah kutub akan tetap dingin tak bersahabat. Lintang tengah akan menjadi zona layak huni utama, tetapi bahkan daerah-daerah ini tidak memiliki variasi musim yang diandalkan oleh banyak tanaman dan hewan untuk siklus hidup dan reproduksi.

Masyarakat manusia akan menghadapi tantangan serius, termasuk berkurangnya produktivitas pertanian dan meningkatnya tekanan

terhadap lahan yang dapat dihuni. Kurangnya petunjuk musiman juga dapat mengganggu kegiatan budaya dan ekonomi yang bergantung pada perubahan musim. Secara keseluruhan, Bumi yang tidak miring akan menyebabkan lingkungan yang kurang dinamis dan kurang ramah bagi kehidupan.



Gbr. 2.2. Kemiringan aksial bumi. Tanpa kemiringan (kiri) dan kemiringan 90 derajat (kanan)

Jika sumbu rotasi Bumi benar-benar miring hingga 90 derajat, hal itu akan memberikan dampak yang besar dan dramatis pada iklim dan lingkungan planet ini. Dalam skenario ini, satu belahan bumi akan mengalami siang hari terus menerus selama setengah tahun, sementara belahan bumi yang lain akan mengalami kegelapan terus-menerus, dan kemudian situasinya akan berbalik untuk setengah tahun lainnya.

Setiap belahan bumi akan mengalami variasi musim yang ekstrem. Selama musim panas, satu belahan bumi akan menerima sinar matahari yang konstan, yang menyebabkan periode panas yang berkepanjangan dan berpotensi menimbulkan kondisi seperti gurun. Sebaliknya, selama musim dingin, belahan bumi yang sama akan mengalami kegelapan terus menerus dan suhu yang sangat dingin.

Perubahan drastis pada cahaya dan suhu akan sangat mengganggu ekosistem. Banyak tanaman dan hewan yang beradaptasi dengan siklus

musim saat ini, dan perubahan ekstrem seperti itu akan mengancam kelangsungan hidup mereka.

Pertanian, yang bergantung pada musim yang dapat diprediksi, akan sangat terpengaruh. Wilayah yang saat ini cocok untuk pertanian mungkin menjadi tidak dapat dihuni, yang menyebabkan kekurangan pangan dan perlunya adaptasi besar-besaran dalam praktik pertanian.

Secara keseluruhan, sumbu yang benar-benar miring akan membuat Bumi menjadi kurang ramah bagi kehidupan, menciptakan kondisi lingkungan yang ekstrem dan tidak stabil.

### **c. Rotasi dan Periode Orbit yang Tepat**

Periode rotasi Bumi adalah 24 jam dengan sekitar 12 jam siang dan 12 jam malam. Bioritme kita dibentuk oleh periode rotasi Bumi. Periode rotasi 24 jam memberikan blok waktu yang optimal untuk 8 jam bekerja, 8 jam tidur, dan 8 jam waktu senggang. Namun, tidak semua planet di tata surya memiliki periode rotasi yang optimal. Sebagai contoh, periode rotasi Jupiter adalah sekitar 10 jam sedangkan Venus adalah 243 hari.

Jika periode rotasi Bumi diperpendek menjadi 10 jam, hal itu akan berdampak signifikan terhadap lingkungan dan kehidupan di planet ini. Rotasi yang lebih cepat akan menghasilkan siang dan malam yang lebih pendek, menyebabkan pergantian yang cepat antara siang dan malam. Hal ini dapat mengganggu ritme sirkadian banyak organisme, memengaruhi pola tidur, perilaku makan, dan siklus reproduksi.

Peningkatan kecepatan rotasi juga akan menyebabkan efek Coriolis yang lebih kuat, mengintensifkan pola cuaca dan berpotensi menyebabkan badai dan angin topan yang lebih parah. Rotasi yang lebih cepat juga dapat berdampak pada aktivitas tektonik Bumi. Peningkatan gaya sentrifugal dapat menyebabkan gempa bumi dan letusan gunung berapi yang lebih sering dan intens.

Di sisi lain, jika periode rotasi Bumi adalah 243 hari seperti di Venus, konsekuensinya bagi planet ini dan penghuninya akan sangat drastis. Rotasi yang begitu lambat berarti siang dan malam yang sangat

panjang, masing-masing berlangsung sekitar 120 hari.

Sisi yang menghadap ke Matahari akan mengalami pemanasan yang berkepanjangan, yang menyebabkan suhu yang sangat panas, sementara sisi yang menghadap ke arah lain akan mengalami kegelapan yang berkepanjangan dan pendinginan yang parah, yang berpotensi membeku. Suhu yang ekstrem ini akan menyulitkan sebagian besar bentuk kehidupan untuk bertahan hidup. Periode pemanasan dan pendinginan yang berkepanjangan akan mengganggu sirkulasi atmosfer, yang kemungkinan menyebabkan pola cuaca ekstrem. Angin topan, badai besar, dan kekeringan atau banjir yang berkepanjangan dapat menjadi hal yang biasa.

Periode siang dan malam yang panjang akan sangat mengganggu siklus hidup tanaman dan hewan, mempengaruhi fotosintesis, reproduksi, dan pola makan.

Aktivitas manusia, pertanian, dan infrastruktur akan membutuhkan adaptasi yang signifikan untuk mengatasi kondisi yang keras dan beragam, yang menimbulkan tantangan luar biasa bagi kelangsungan hidup dan kehidupan sehari-hari.

Periode orbit Bumi juga penting bagi kelangsungan hidup manusia. Periode orbit Bumi adalah 365 hari dengan masing-masing 3 bulan untuk musim semi, musim panas, musim gugur, dan musim dingin. Panjang setiap musim seimbang, memastikan tidak ada musim yang terlalu pendek atau terlalu panjang. Keseimbangan ini sangat penting untuk siklus pertanian, pertumbuhan tanaman, waktu migrasi hewan, dan proses ekologi lainnya.

Apa yang terjadi jika Bumi memiliki periode orbit yang pendek, seperti 88 hari, seperti halnya Merkurius? Dalam skenario ini, setiap musim hanya akan berlangsung sekitar 3 minggu. Sebagian besar tanaman di Bumi membutuhkan waktu 6 sampai 9 bulan dari mulai tanam di musim semi sampai panen di musim gugur. Namun, dengan pergantian musim setiap 3 minggu, tanaman tidak akan memiliki cukup waktu untuk matang, sehingga menyebabkan kekurangan pangan yang serius dan secara langsung berdampak pada kelangsungan hidup

manusia.

Sebaliknya, apa yang terjadi jika Bumi memiliki periode orbit yang panjang seperti 164 tahun, seperti Neptunus? Setiap musim akan berlangsung sekitar 40 tahun. Musim panas yang berkepanjangan akan menyebabkan gelombang panas yang berkepanjangan dan potensi penggurunan, sementara musim dingin yang berkepanjangan akan menyebabkan periode dingin dan es yang panjang, yang berdampak pada pertanian dan ekosistem. Sementara manusia dapat beradaptasi untuk menghindari kekurangan makanan, hewan liar akan kesulitan mencari makanan selama musim dingin yang berlangsung selama 40 tahun. Kondisi keras yang berkepanjangan akan membuat sebagian besar satwa liar hampir tidak mungkin bertahan hidup, yang mengarah pada kepunahan yang meluas.

#### **d. Ukuran yang Tepat**

Anda mungkin tidak pernah memikirkannya, tetapi ukuran Bumi sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Ukuran planet ini memengaruhi tarikan gravitasinya, yang pada gilirannya memengaruhi segala hal, mulai dari mempertahankan atmosfer yang menopang kehidupan hingga kemampuannya untuk menopang perairan yang stabil dan mempertahankan medan magnet pelindung.

Jika Bumi berukuran setengah dari ukurannya saat ini, gravitasi akan berkurang menjadi setengah dari gravitasi saat ini. Berkurangnya gravitasi akan memiliki dampak yang signifikan dan berpotensi menghancurkan kemampuan planet ini untuk mendukung kehidupan. Gravitasi yang berkurang mungkin tidak cukup kuat untuk mempertahankan atmosfer yang padat. Atmosfer yang lebih tipis ini akan memberikan perlindungan yang lebih sedikit dari radiasi matahari dan meteoroid yang berbahaya dan mungkin tidak mendukung pola cuaca yang stabil yang diperlukan untuk kehidupan.

Berkurangnya gravitasi juga akan mempengaruhi retensi air cair, yang menyebabkan peningkatan tingkat penguapan dan berpotensi hilangnya air permukaan dari waktu ke waktu. Hal ini akan menyulitkan

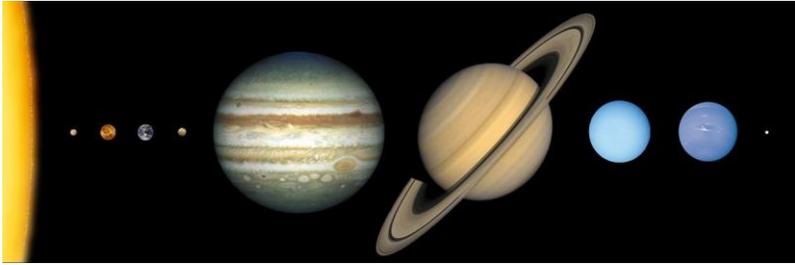
kelestarian lautan, sungai, dan danau, yang sangat penting untuk mendukung beragam ekosistem dan peradaban manusia.

Selain itu, Bumi yang lebih kecil akan memiliki medan magnet yang lebih kecil, sehingga menawarkan lebih sedikit perlindungan dari angin matahari. Hal ini dapat menghilangkan atmosfer dan semakin mengekspos permukaannya pada radiasi kosmik dan matahari yang berbahaya, sehingga planet ini menjadi kurang ramah bagi manusia dan bentuk kehidupan lainnya.

Jika Bumi berukuran dua kali lipat dari ukurannya saat ini, efeknya terhadap gravitasi dan kecepatan pelarian akan signifikan dan memiliki implikasi yang besar bagi kehidupan di planet ini. Gravitasi akan meningkat, membuat segala sesuatu di Bumi terasa lebih berat, dan kecepatan lepasnya juga akan berlipat ganda. Gravitasi yang meningkat ini akan membuat pergerakan menjadi lebih berat bagi manusia dan organisme lain, yang berpotensi menyebabkan stres fisik dan adaptasi yang lebih besar dari waktu ke waktu.

Kombinasi peningkatan gravitasi dan kecepatan pelarian juga akan berdampak pada atmosfer. Tarikan gravitasi yang lebih kuat akan menahan lebih banyak gas, termasuk gas beracun seperti metana dan amonia, mirip dengan atmosfer Saturnus dan Jupiter. Gas-gas ini dapat terakumulasi hingga ke tingkat yang berbahaya, menciptakan lingkungan beracun yang tidak cocok untuk sebagian besar bentuk kehidupan.

Selain itu, peningkatan gravitasi dapat memengaruhi proses geologi, yang mengarah pada aktivitas gunung berapi yang lebih intens dan pegunungan yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, Bumi yang lebih besar dengan gravitasi dan kecepatan lepas yang meningkat akan memberikan tantangan yang signifikan bagi kelangsungan kehidupan, yang berpotensi menghasilkan lingkungan yang lebih tidak bersahabat dan tidak stabil.



Gbr. 2.3. Perbandingan ukuran planet-planet di tata surya

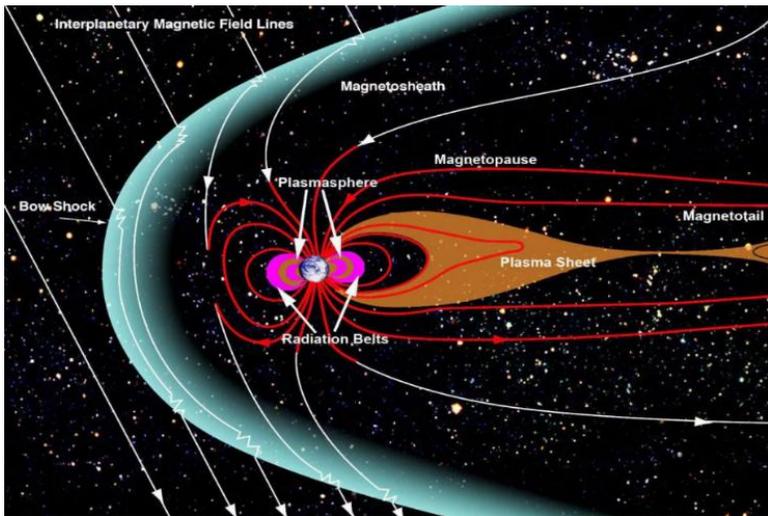
### e. Keberadaan Magnetosfer

Bumi dikelilingi oleh sistem medan magnet yang dikenal sebagai magnetosfer, yang melindungi planet ini dari radiasi matahari dan kosmik yang berbahaya. Perisai pelindung ini sangat penting untuk mempertahankan kehidupan di Bumi. Untuk memiliki magnetosfer, ada dua faktor penting: kecepatan rotasi yang tepat dan keberadaan inti luar yang berbentuk cairan logam. Untungnya, Bumi memiliki keduanya. Rotasi planet menginduksi gerakan fluida (konveksi) di dalam inti luar yang cair, menghasilkan medan magnet yang kuat yang membentuk magnetosfer.

Apa yang akan terjadi jika kita tidak memiliki magnetosfer? Jika Bumi tidak memiliki magnetosfer, konsekuensinya bagi organisme hidup dan atmosfer akan sangat parah. Tanpa perisai pelindung ini, radiasi matahari dan kosmik yang berbahaya akan membombardir planet ini, yang secara signifikan meningkatkan risiko kanker dan mutasi genetik pada organisme hidup. Selain itu, magnetosfer membantu mencegah hilangnya atmosfer dengan membelokkan partikel bermuatan dari angin matahari. Tanpa adanya magnetosfer, partikel-partikel ini akan mengikis atmosfer dari waktu ke waktu melalui proses sputtering, menguras gas-gas esensial seperti oksigen dan nitrogen. Erosi atmosfer ini akan menyebabkan atmosfer menjadi lebih tipis, tekanan permukaan berkurang, dan variasi suhu yang ekstrem, sehingga Bumi menjadi kurang ramah bagi kehidupan.

Kekuatan medan magnet di Mars sekitar 0,01% dari kekuatan medan magnet di Bumi. Karena medan magnet yang lemah, magnetosfer

global tidak dapat terbentuk di Mars dan akibatnya sebagian besar udara dihilangkan melalui proses sputtering.



Gbr. 2.4. Magnetosfer Bumi membelokkan sinar kosmik yang berbahaya

Garis medan magnetosfer bertemu di kutub dekat Kutub Utara dan Antartika, menyebabkan melemahnya kekuatan medan magnet secara alami. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan paparan radiasi matahari di area ini. Partikel bermuatan energi tinggi mengionisasi dan menggairahkan atom-atom di atmosfer bagian atas dan menghasilkan aurora borealis (cahaya utara) dan aurora australis (cahaya selatan) yang berwarna-warni.

#### f. Keberadaan Bulan yang Sangat Besar

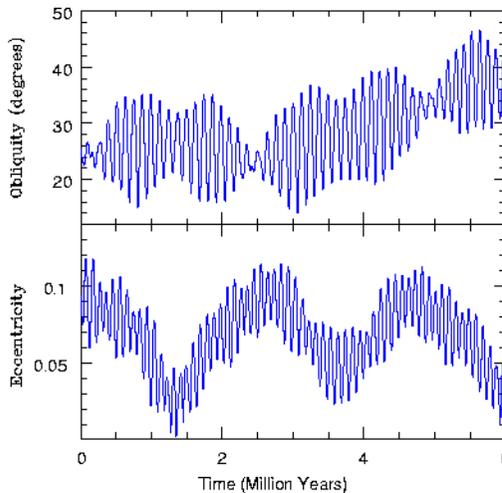
Bumi memiliki Bulan yang sangat besar dibandingkan dengan planet-planet lain. Di antara planet-planet terrestrial, hanya Bumi dan Mars yang memiliki bulan. Mars memiliki dua bulan kecil, Phobos dan Deimos, yang dinamai berdasarkan tokoh kembar dari mitologi Yunani, dengan diameter masing-masing 22,2 km dan 12,6 km. Sebaliknya, Bulan Bumi memiliki diameter 3.475 km, membuatnya jauh lebih besar

daripada bulan-bulan Mars.

Keberadaan Bulan yang besar memainkan dua peran penting dalam mendukung kelangsungan hidup manusia: i) menstabilkan sumbu rotasi Bumi dan ii) menjaga ekosistem laut.

Tanpa Bulan, gaya gravitasi terbesar yang bekerja di Bumi berasal dari Matahari dan Jupiter. Saat Bumi mengorbit Matahari, berbagai tingkat gaya gravitasi dari Matahari dan Jupiter akan mengganggu kestabilan sumbu rotasi Bumi. Jika sumbu rotasi Bumi goyah secara signifikan, kita akan mengalami perubahan iklim yang serius, seperti yang telah dibahas di bagian sebelumnya.

Faktanya, selama 6 juta tahun terakhir, Mars telah mengalami perubahan substansial pada sumbu rotasi dan eksentrisitasnya kira-kira setiap 150.000 tahun karena ketiadaan bulan besar yang menstabilkan. Selama periode ini, sumbu rotasi telah bervariasi antara 15 dan 45 derajat, sementara eksentrisitas telah berubah antara 0 dan 0,11.



Gbr. 2.5. Sumbu rotasi dan perubahan eksentrisitas di Mars

Pasang surut air laut terutama disebabkan oleh gaya gravitasi Bulan. Pasang surut air laut menyediakan oksigen bagi plankton yang

mengambang dan mendistribusikannya ke area yang luas, yang kemudian dikonsumsi oleh ikan-ikan kecil. Pasang surut juga mencampurkan air tawar yang kaya nutrisi dengan air asin, mengirimkan nutrisi ini ke plankton dan ikan kecil. Tanpa pasang surut, air tawar yang kaya nutrisi tidak akan bercampur dengan air asin, sehingga menyebabkan pertumbuhan alga yang tak terkendali. Jika ganggang mengandung racun, pertumbuhan ini akan menghasilkan pasang merah atau pertumbuhan ganggang berbahaya (HAB), yang dapat membunuh ikan, burung laut, mamalia, dan bahkan manusia. Meskipun ganggang tidak beracun, ganggang akan menghabiskan semua oksigen di dalam air ketika mereka membusuk, menyumbat insang ikan dan biota laut lainnya. Jika tidak ada Bulan, ekosistem laut sudah lama hancur. Selain itu, kita tidak akan bisa menikmati makanan laut, termasuk lobster, udang, dan sushi.

Namun, seandainya Bumi memiliki Bulan yang lebih kecil atau lebih besar daripada ukurannya saat ini, atau jika lokasinya lebih jauh atau lebih dekat daripada posisinya saat ini, kita masih akan menghadapi masalah yang sama.



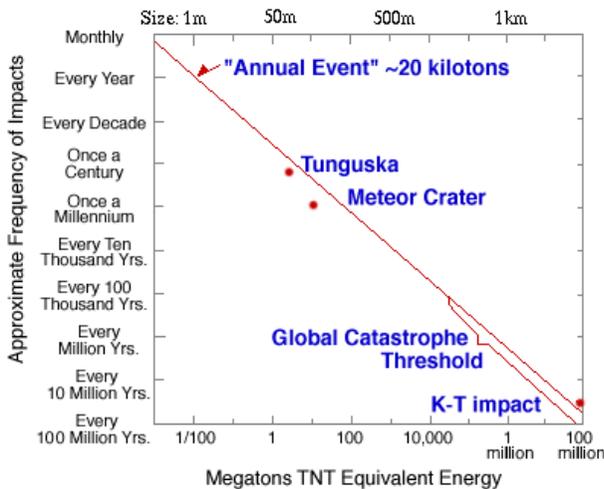
Gbr. 2.6. Pasang merah

### g. Keberadaan Jupiter, Sang Penjaga Bumi

Jupiter adalah planet terbesar di tata surya, 11,2 kali lebih besar dan 318 kali lebih berat dari Bumi. Keberadaan Jupiter sangat penting bagi

kelangsungan hidup kita. Bumi terus-menerus dihujani meteorit (sebagian besar berupa pecahan asteroid dan pecahan komet). Frekuensi jatuhnya meteorit adalah ukuran satu meter sekali setiap jam, ukuran beberapa meter sekali dalam sehari, ukuran beberapa meter hingga 10 meter sekali dalam setahun, ukuran sepuluh meter sekali dalam satu dekade, dan ukuran sepuluh meter hingga 100 meter sekali dalam satu abad.

Ketika meteorit berukuran kurang dari 10 meter memasuki atmosfer, sebagian besar akan terbakar karena gesekan dan kompresi atmosfer. Namun, jika ukurannya lebih besar dari 10 meter, peristiwa bencana bisa terjadi. Pada tahun 1908, meteorit berukuran sekitar 55 meter meledak pada ketinggian 5 hingga 10 km di wilayah Tunguska dan meratakan sekitar 80 juta pohon di area seluas 2.150 km<sup>2</sup>. Peristiwa Tunguska ini merupakan peristiwa tumbukan terbesar di Bumi dalam sejarah.



Gbr. 2.7. Ukuran dan frekuensi meteorit yang jatuh ke Bumi



Gbr. 2.8. Pohon-pohon yang tumbang akibat meteorit yang jatuh di Tunguska

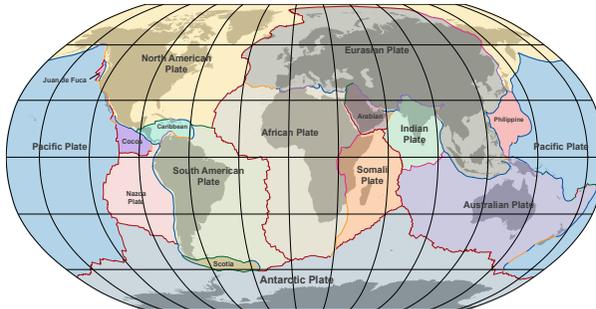
Jupiter sangat penting karena bertindak sebagai penyedot debu kosmik, menangkap meteorit dan komet yang mungkin menabrak Bumi dan menyebabkan bencana besar seperti peristiwa Tunguska. Simulasi menunjukkan bahwa Jupiter 5.000 kali lebih efektif dalam menangkap komet daripada Bumi. Demonstrasi penting tentang hal ini terjadi pada tahun 1994 ketika Jupiter menangkap komet Shoemaker-Levy 9 yang terfragmentasi, yang diperkirakan berukuran sekitar 1,8 km. Seandainya komet ini menghantam Bumi, maka komet ini akan mengirimkan debu dan puing-puing ke atmosfer dan menghalangi sinar matahari. Penghalangan ini dapat berlangsung cukup lama untuk membunuh semua kehidupan tanaman, yang mengarah pada kepunahan manusia dan hewan yang bergantung pada tanaman untuk bertahan hidup.



Gbr. 2.9. Tabrakan Shoemaker-Levy 9 yang terfragmentasi dan dampaknya terhadap Jupiter

## h. Keberadaan Lempeng Tektonik

Lempeng tektonik adalah teori yang menjelaskan gerakan skala besar litosfer Bumi, yang dipecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar oleh gerakan konvektif mantel. Teori ini menjelaskan banyak fenomena geologi, termasuk pergerakan benua, pembentukan gunung, gempa bumi, dan aktivitas gunung berapi.



Gbr. 2.10. Lempeng-lempeng yang membentuk kerak bumi

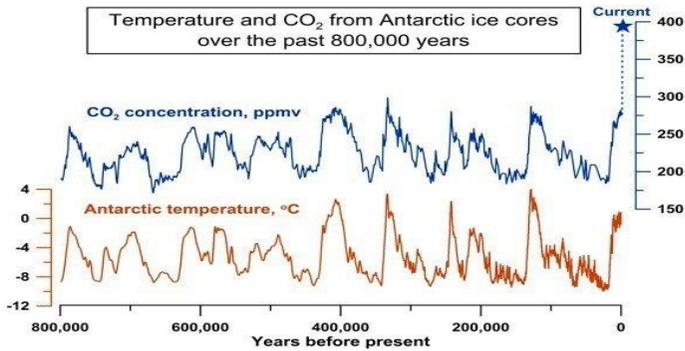
Lempeng tektonik memainkan peran penting dalam berbagai aspek sistem Bumi yang secara langsung dan tidak langsung berdampak pada kelangsungan hidup manusia. Salah satu aspek terpenting dari lempeng tektonik adalah pengaturan otomatis iklim Bumi melalui siklus karbon.

Iklim bumi terutama ditentukan oleh radiasi matahari yang masuk, albedo permukaan bumi, dan komposisi atmosfer. Di antara ketiganya, radiasi matahari yang masuk hampir konstan untuk waktu yang lama. Albedo adalah rasio radiasi yang masuk terhadap radiasi yang dipantulkan. Sebagian besar radiasi yang dipantulkan dari permukaan bumi akan diserap oleh karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) molekul di atmosfer. Radiasi yang diserap memanaskan molekul  $\text{CO}_2$  dan memancarkannya kembali ke segala arah, dengan sekitar setengahnya kembali ke Bumi sebagai panas. Energi panas yang terperangkap ini meningkatkan suhu permukaan global rata-rata, yang dikenal sebagai efek rumah kaca.

Siklus karbon adalah proses pertukaran karbon di atmosfer, lautan, tanah, mineral, batuan, tanaman, dan hewan, yang sangat penting

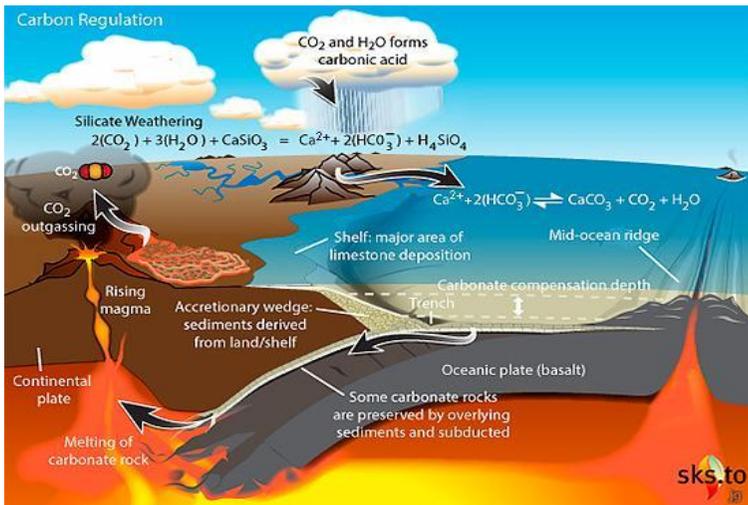
untuk mengatur iklim bumi. Karbon memasuki atmosfer sebagai CO<sub>2</sub> dari respirasi, pembakaran, dan letusan gunung berapi. Tumbuhan menyerap CO<sub>2</sub> selama fotosintesis, mengubahnya menjadi bahan organik, yang dikonsumsi oleh hewan dan dilepaskan kembali ke atmosfer melalui respirasi dan penguraian. Di lautan, CO<sub>2</sub> dilarutkan dan digunakan oleh organisme laut untuk membentuk cangkang kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Ketika organisme ini mati, cangkangnya terakumulasi di dasar laut, membentuk batuan sedimen.

Pelapukan batuan di daratan juga menyerap CO<sub>2</sub>, membentuk karbonat yang terbawa ke lautan. Proses pelapukan ini tergantung pada suhu. Jika terdapat terlalu banyak CO<sub>2</sub> di atmosfer dan meningkatkan suhu akibat efek rumah kaca, maka proses pelapukan akan meningkat dan menyerap lebih banyak CO<sub>2</sub>. Jika CO<sub>2</sub> di atmosfer dihilangkan, maka suhu bumi akan menurun. Jika suhu bumi menurun, maka proses pelapukan akan menurun dan lebih sedikit CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari atmosfer. Jika hal itu terjadi, maka akumulasi CO<sub>2</sub> menghasilkan lebih banyak efek rumah kaca dan meningkatkan suhu. Proses ini disebut 'siklus pelapukan batuan karbon dioksida'. Dalam rentang waktu geologis, aktivitas tektonik dapat mendorong batuan yang kaya akan karbon ini ke dalam mantel bumi melalui subduksi. Karbon kemudian dilepaskan kembali ke atmosfer melalui letusan gunung berapi, melengkapi siklus tersebut. Siklus pelapukan batuan karbon dioksida yang bergantung pada suhu secara otomatis mengatur suhu Bumi dalam rentang waktu geologis. Gambar di bawah ini menunjukkan bagaimana siklus ini bekerja selama 800.000 tahun terakhir: ketika jumlah karbon dioksida meningkat, suhu Bumi meningkat, dan ketika karbon dioksida menurun, suhu Bumi menurun.



Gbr. 2.11. Korelasi antara CO<sub>2</sub>) dan suhu

Namun, siklus pelapukan batuan karbon dioksida tidak akan berjalan jika tidak ada lempeng tektonik. Dalam kasus seperti itu, akumulasi CO<sub>2</sub> tidak akan didaur ulang dan oleh karena itu, efek rumah kaca berkurang. Jika tidak ada efek rumah kaca, maka suhu bumi akan menurun dengan cepat, dan semua air akan membeku. Jika semua air membeku, energi matahari yang masuk akan dipantulkan karena albedo yang besar dan pada akhirnya Bumi akan memasuki zaman es yang tidak dapat dipulihkan.



### Gbr. 2.12. Karbon dioksida didaur ulang oleh lempeng tektonik

Penelitian terbaru mengenai lempeng tektonik menunjukkan bahwa jika Bumi 20% lebih besar atau lebih kecil dari sekarang, jika kerak Bumi mengandung lebih banyak logam seperti besi dan nikel, atau jika kerak Bumi lebih tebal, lempeng tektonik tidak akan berfungsi seperti sekarang.

Secara keseluruhan, lempeng tektonik adalah proses fundamental yang mendukung kehidupan dengan menjaga stabilitas geologi dan lingkungan Bumi.

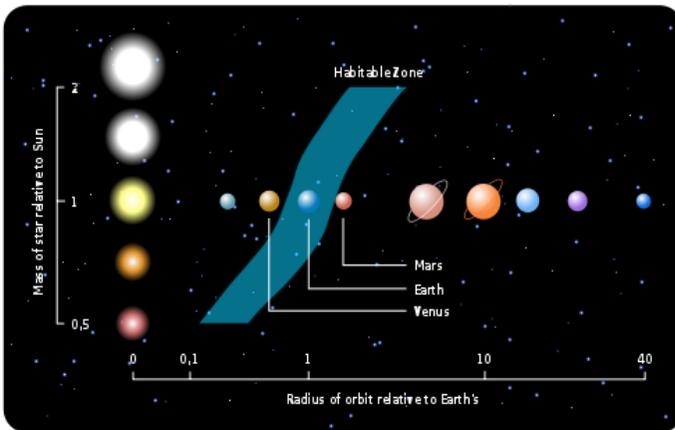
#### **i. Ukuran Matahari yang Tepat**

Ukuran zona laik huni (HZ) sebuah planet berbeda-beda, tergantung pada ukuran dan tipe bintang pusatnya.

Untuk bintang-bintang kecil, seperti katai merah, HZ berada dekat dengan bintang karena bintang tersebut memancarkan lebih sedikit cahaya dan panas. Hal ini menyebabkan jarak HZ lebih sempit daripada jarak HZ di sekeliling Matahari. Karena jaraknya yang dekat, sebuah planet di zona laik huni bintang katai merah bisa saja terkunci secara tidal, seperti halnya Bulan di Bumi. Jika hal itu terjadi, planet tersebut tidak akan bisa menghasilkan medan magnet dan membentuk magnetosfer karena rotasinya yang lambat. Tanpa magnetosfer, radiasi berbahaya dari bintang bisa dengan bebas mencapai permukaan planet, merusak sel dan DNA. Selain itu, sisi siang planet ini akan mengalami siang hari yang konstan dan panas yang ekstrim, sedangkan sisi malam planet ini akan terus menerus berada dalam kegelapan dan dingin yang ekstrim.

Untuk bintang-bintang besar, seperti bintang raksasa biru atau merah, HZ berada lebih jauh dari bintang. Akan tetapi, planet-planet yang berada di zona ini menghadapi tantangan yang cukup berat. Bintang-bintang raksasa berevolusi dengan cepat karena massanya yang besar, dengan cepat membakar hidrogennya, mengembang menjadi bintang maharaksasa merah, dan mengalami berbagai tahap fusi hingga membentuk inti besi. Inti ini akhirnya runtuh, menghasilkan

ledakan supernova dan meninggalkan bintang neutron atau lubang hitam. Umur bintang raksasa umumnya hanya beberapa juta tahun. Artinya, sebelum bintang meledak menjadi supernova, penghuni planet yang berada di zona HZ-nya harus mencari planet lain yang cocok untuk bermigrasi demi kelangsungan hidupnya. Selain itu, bintang-bintang raksasa memancarkan radiasi ultraviolet dan sinar-X tingkat tinggi, yang bisa berbahaya bagi DNA dan sel, sehingga lingkungan permukaan planet di dalam HZ menjadi tidak ramah bagi kehidupan. Selain itu, bintang raksasa juga bisa menunjukkan variabilitas yang signifikan dalam keluaran energinya, sehingga menyebabkan iklim yang tidak stabil di planet yang mengorbitnya. Ketidakstabilan ini bisa menyebabkan fluktuasi temperatur yang ekstrim, sehingga menyulitkan kehidupan untuk bertahan.

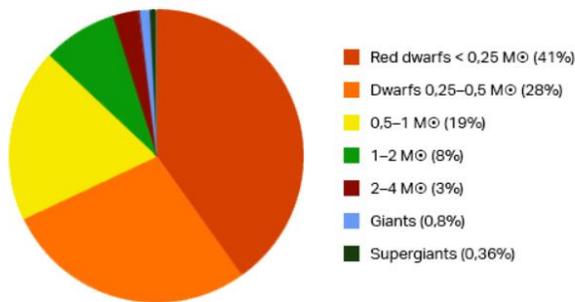


Gbr. 2.13. Perubahan zona laik huni dengan ukuran bintang

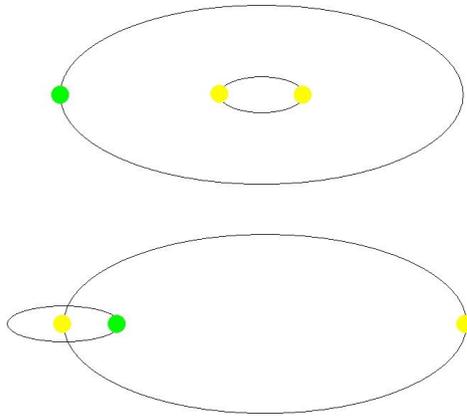
Zona laik huni (HZ) di sekeliling bintang serupa Matahari memiliki banyak keuntungan. Bintang-bintang ini memiliki keluaran energi yang relatif stabil dalam jangka waktu yang lama, memberikan cahaya dan panas yang konsisten pada planet-planet di zona laik huni. Kestabilan ini mendukung pengembangan iklim dan ekosistem yang stabil. Zona laik huni di sekitar bintang serupa Matahari berada pada jarak yang sedang, tidak terlalu dekat atau terlalu jauh dari bintang. Spektrum

cahaya dari bintang serupa Matahari sangat ideal untuk fotosintesis, sehingga memungkinkan tumbuhan dan organisme fotosintetik lainnya untuk secara efisien mengubah cahaya Matahari menjadi energi, membentuk dasar rantai makanan yang berkelanjutan. Selain itu, bintang-bintang serupa Matahari umumnya memiliki tingkat aktivitas bintang yang lebih rendah dibanding bintang-bintang yang lebih kecil seperti bintang katai merah. Lebih sedikit suar dan aktivitas magnetik yang tidak terlalu kuat berarti planet-planet di zona laik huni tidak terlalu terpapar radiasi yang berpotensi merusak dan pengupasan atmosfer.

Jumlah bintang yang mirip Matahari hanya beberapa persen saja, karena sebagian besar bintang lebih kecil dan lebih ringan daripada Matahari. Matahari adalah bintang tunggal, tapi sekitar 50% sampai 60% bintang merupakan sistem bintang ganda atau bintang ganda. Zona laik huni pada sistem bintang ganda jauh lebih terbatas karena orbit yang rumit, pencahayaan yang bervariasi, gangguan gravitasi, dan tingkat radiasi potensial.



Gbr. 2.14. Distribusi massa bintang-bintang



Gbr. 2.15. Orbit sirkumferensial (atas) dan orbit sirkum primer atau sirkum sekunder (bawah) dalam sistem biner

#### j. Jarak yang Tepat dari Pusat Galaksi

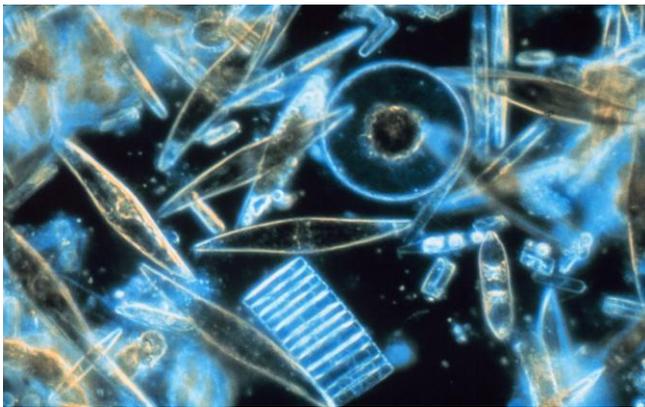
Seperti halnya HZ di tata surya kita, di dalam galaksi juga terdapat Zona Layak Huni (Galactic Habitat Zone/GHZ) di mana kondisinya paling mendukung untuk kehidupan. Kondisi yang diperlukan untuk GHZ meliputi metalitas, kerapatan bintang, tingkat radiasi, dan lingkungan orbit.

GHZ harus memiliki konsentrasi elemen berat (elemen yang lebih berat daripada helium) yang optimal untuk pembentukan planet kebumihan dan molekul organik. Meskipun unsur logam lebih banyak terdapat di pusat galaksi, area ini tidak dapat dianggap sebagai zona yang cocok untuk GHZ karena kerapatannya yang tinggi, yang menyebabkan seringnya terjadi ledakan supernova, semburan sinar gamma (GRB), dan peristiwa berenergi tinggi lainnya.

Ledakan sinar gamma yang terjadi dalam jarak 10.000 tahun cahaya dari Bumi kemungkinan besar akan berdampak buruk pada atmosfer, iklim, dan biosfer planet ini. Efek langsung yang akan terjadi adalah peningkatan radiasi UV akibat kerusakan lapisan ozon sekitar 40%, sementara efek jangka panjangnya dapat berupa perubahan iklim yang signifikan dan kepunahan massal. Kejadian seperti itu akan menjadi ancaman besar bagi peradaban manusia dan alam. Rusaknya 40%

lapisan ozon akan memungkinkan peningkatan radiasi UV yang dapat merusak DNA 16 kali lipat. Fitoplankton, fondasi jaring makanan laut, sangat sensitif terhadap radiasi UV. Peningkatan paparan sinar UV dapat menghambat pertumbuhan dan reproduksi mereka, yang menyebabkan penurunan populasi fitoplankton. Fitoplankton memainkan peran penting dalam siklus karbon dengan menyerap CO<sub>2</sub> selama fotosintesis. Penurunan fitoplankton akan mengurangi penyerapan karbon ini, yang berpotensi memperburuk akumulasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dan meningkatkan efek rumah kaca.

Ada beberapa bukti bahwa peristiwa kepunahan massal di masa lalu di Bumi bisa jadi dipicu oleh GRB di dekatnya. Sebagai contoh, peristiwa kepunahan Ordovisium-Silurian sekitar 450 juta tahun lalu dihipotesiskan oleh beberapa ilmuwan sebagai akibat dari GRB yang terjadi 6.000 tahun cahaya dari Bumi.



Gbr. 2.16. Fitoplankton

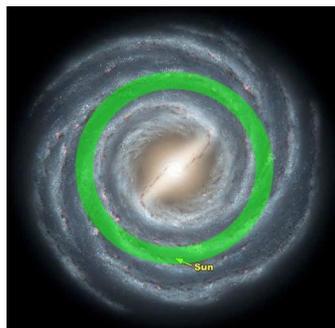
Masalah lain yang dihadapi di pusat Galaksi adalah seringnya terjadi pertemuan dekat dengan bintang lain. Pertemuan dekat ini menyebabkan gangguan gravitasi yang signifikan yang dapat mengganggu kestabilan orbit dan sumbu rotasi planet-planet di dalam sistem keplanetan. Gangguan tersebut bisa menyebabkan perlintasan orbit, tabrakan, atau lontaran dari sistem. Pengaruh gravitasi bintang-

bintang di dekatnya juga dapat mengganggu orbit objek-objek di Awan Oort dan Sabuk Kuiper, yang menyebabkan semakin banyaknya komet dan asteroid yang masuk ke dalam tata surya bagian dalam. Hal ini akan meningkatkan kemungkinan tumbukan pada planet-planet, termasuk Bumi.

Pinggiran Galaksi memiliki kerapatan bintang yang rendah dan tidak mengalami masalah ini, tapi ada satu masalah krusial: laju ledakan supernova yang rendah. Akibatnya, medium antarbintang tidak memiliki unsur logam yang cukup untuk pembentukan planet kebumihan, sehingga area pinggiran Galaksi tidak cocok untuk GHZ.

Daerah yang menguntungkan bagi GHZ adalah daerah yang memiliki elemen berat yang cukup untuk pembentukan planet, lebih sedikit supernova dan peristiwa berbahaya lainnya untuk lingkungan yang aman bagi kehidupan, dan daerah yang tidak terlalu padat untuk orbit planet yang stabil. Selain itu, ada juga area di mana kecepatan orbit bintang-bintang sesuai dengan pola kecepatan lengan spiral Galaksi, yang dikenal sebagai radius korona. Di dalam radius korona, bintang dan sistem keplanetan yang ada di dalamnya mengalami lebih sedikit interaksi gravitasi yang mengganggu dengan lengan spiral, sehingga meningkatkan kemungkinan laik huni.

Dengan mempertimbangkan semua kondisi ini, GHZ terletak antara 23.000 dan 29.000 tahun cahaya dari pusat Galaksi. Secara kebetulan, tata surya kita berjarak 26.000 tahun cahaya dari pusat Galaksi dan terletak di pusat GHZ.



### Gbr. 2.17. Zona Layak Huni Galaksi di Galaksi

Dalam bab ini, kita telah menjelajahi sepuluh kondisi unik dan luar biasa yang membuat Bumi menjadi planet yang luar biasa. Kondisi-kondisi ini sangat seimbang dan dikalibrasi dengan tepat sehingga kemungkinan terjadinya secara acak sangatlah kecil. Ketepatan yang diperlukan untuk jarak Bumi dari Matahari, kemiringan aksial, periode rotasi, medan magnet, atmosfer, dan faktor-faktor penting lainnya menciptakan lingkungan yang secara unik mampu mendukung kehidupan. Kombinasi kondisi yang menguntungkan yang terjadi secara bersamaan di tempat lain di alam semesta ini sangat mustahil terjadi, yang semakin menegaskan keunikan Bumi. Selain itu, perlindungan dan stabilitas yang dinikmati Bumi-melindungi dari peristiwa kosmik yang berbahaya dan menjaga keseimbangan ekologi yang halus-menggarisbawahi keunikan Bumi di antara planet-planet lain. Bersamaan, faktor-faktor ini sangat mendukung gagasan bahwa Bumi sengaja dirancang untuk menjadi habitat kehidupan oleh Sang Pencipta. Keseimbangan kondisi yang diatur dengan baik ini bukan sekadar kebetulan, melainkan menunjukkan adanya desain yang terarah dan cerdas, menjadikan Bumi lingkungan yang luar biasa dan unik untuk menopang kehidupan.

### 3. Penciptaan atau Evolusi?

Apakah kita diciptakan atau berevolusi? Perdebatan mengenai asal mula kehidupan masih terus berlangsung, namun sistem pendidikan saat ini mengajarkan evolusi sebagai teori yang mapan mengenai asal mula kehidupan, sementara menganggap kreasionisme sebagai klaim yang tidak ilmiah.

Teori evolusi dimulai dengan hipotesis abiogenesis untuk menjelaskan asal-usul kehidupan. Pertama-tama, kita akan membahas masalah ini secara mendetail dan kemudian mengeksplorasi apakah teori Darwin harus disebut sebagai 'teori evolusi' atau 'teori adaptasi genetik'. Kami juga akan membahas pertanyaan apakah manusia berevolusi dari kera. Selain itu, kami akan memperkenalkan desain cerdas dan memeriksa kreasionisme melalui lensa fisika partikel, keberadaan kehidupan di luar bumi, naluri hewan, dan matematika yang ditemukan di alam.

#### a. Asal Mula Kehidupan

Hipotesis ilmiah tentang asal mula kehidupan di Bumi dimulai dengan pembentukan asam amino secara spontan dari atom-atom pembawa karbon (abiogenesis) di dalam sup purba di Bumi purba. Asam amino ini saling terhubung melalui ikatan peptida untuk membentuk protein, yang menjalankan berbagai fungsi penting di dalam sel, seperti mengkatalisis reaksi biokimia dan memberikan dukungan struktural. Seiring berjalannya waktu, asam nukleat seperti RNA dan DNA muncul, yang memungkinkan penyimpanan dan transmisi informasi genetik. Interaksi antara protein dan asam nukleat memfasilitasi perkembangan sel prokariotik sederhana, yang pada akhirnya memunculkan sel eukariotik yang lebih kompleks. Sel-sel eukariotik ini kemudian berevolusi menjadi organisme multiseluler, dengan diferensiasi sel yang mengarah pada pengembangan jaringan dan organ khusus. Perjalanan ini berakhir dengan bentuk kehidupan yang beragam dan kompleks seperti yang kita lihat saat ini.

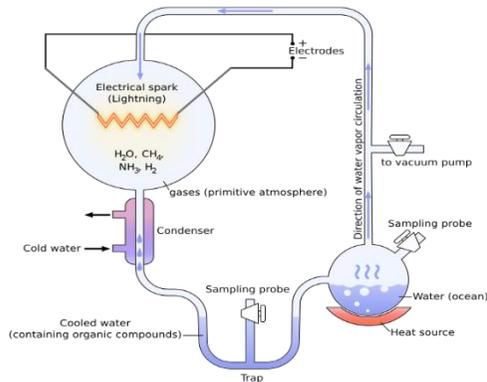
Mari kita telaah apakah proses-proses ini dapat terjadi secara

spontan. Kita akan mengeksplorasi topik-topik berikut: i) pembentukan asam amino, ii) pembentukan RNA, iii) pembentukan protein, iv) pembentukan DNA, v) pembentukan sel, vi) pembentukan sel eukariotik, vii) lokalisasi organel, viii) diferensiasi sel, ix) pembentukan jaringan dan organ, x) pembentukan organisme multiseluler.

### i. Pembentukan Asam Amino

Pembentukan asam amino di bawah kondisi prebiotik awal Bumi adalah topik penting dalam memahami asal mula kehidupan. Eksperimen Miller-Urey yang dilakukan pada tahun 1952 merupakan studi representatif yang mensimulasikan kondisi atmosfer Bumi purba untuk menyelidiki pembentukan asam amino. Dengan menggunakan campuran gas yang dianggap menyerupai atmosfer primitif (metana, amonia, hidrogen, dan uap air) dan menggunakan percikan listrik untuk meniru petir, mereka mensintesis beberapa asam amino, termasuk glisin dan alanin.

Eksperimen ini menunjukkan bahwa molekul organik yang penting bagi kehidupan dapat dibentuk dari senyawa anorganik sederhana dalam kondisi prebiotik, memberikan dukungan yang signifikan terhadap hipotesis bahwa kehidupan di Bumi dapat berasal dari proses kimiawi alami. Percobaan Miller-Urey memang berhasil mensintesis beberapa asam amino, tapi ada beberapa masalah yang perlu dipertimbangkan.



Gbr. 3.1. Diagram percobaan Miller-Urey

Percobaan Miller-Urey menggunakan perangkat pelepasan listrik untuk meniru petir alami, tetapi perangkat mereka dan petir alami berbeda secara signifikan dalam banyak aspek. Alat mereka menggunakan tegangan 50.000 volt dan menghasilkan panas 250 derajat, sedangkan tegangan petir adalah 100 juta volt dan menghasilkan panas 50.000 derajat. Pelepasan listrik dalam percobaan Miller-Urey relatif kontinu dan dapat dipertahankan dalam waktu yang lama, sehingga memastikan input energi yang konsisten untuk reaksi kimia. Sebaliknya, petir tidak terjadi secara terus menerus melainkan secara sporadis, dan durasinya sangat singkat, hanya berlangsung beberapa mikrodetik hingga milidetik.

Komet adalah sisa-sisa tata surya awal dan mengandung bahan bangunan primordial yang relatif tidak berubah. Komposisi komet dapat memberikan wawasan yang berharga tentang komposisi atmosfer Bumi pada masa awal. Komposisi utama komet adalah air (86%), karbon dioksida (10%), dan karbon monoksida (2,6%). Amonia dan metana masing-masing kurang dari 1%. Hasil ini menunjukkan bahwa gas yang digunakan dalam eksperimen Miller-Urey tidak secara akurat merepresentasikan atmosfer Bumi purba karena tidak mengandung gas karbon dioksida yang paling melimpah dan karbon monoksida yang paling melimpah kedua. Selain itu, karbon dioksida

adalah agen pengoksidasi, menghambat pembentukan asam amino.

Komposisi	Rasio (%)	Referensi
air (H <sub>2</sub> O)	100 (86%)	Pinto dkk. (2022)
karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	12 (10%)	Pinto dkk. (2022)
karbon monoksida (CO)	3 (2.6%)	Pinto dkk. (2022)
amonias (NH <sub>3</sub> )	0.8 (0.7%)	Russo dkk. (2016)
metana (CH <sub>4</sub> )	0.7 (0.6%)	Mumma dkk. (1996)

Tabel 3.1. Komposisi komet (air = 100)

Percobaan Miller-Urey mengasumsikan bahwa atmosfer prebiotik awal Bumi adalah atmosfer pereduksi. Namun, jika atmosfer tersebut merupakan atmosfer pengoksidasi, maka akan menghambat pembentukan asam amino dengan cara memecah atau mengoksidasi molekul organik. Kondisi atmosfer Bumi purba merupakan subjek penyelidikan dan perdebatan ilmiah yang sedang berlangsung. Urey (1952), Miller (1953), dan Chyba & Sagan (1997) berpendapat bahwa atmosfer mereduksi, sedangkan Albeson (1966), Pinto dkk. (1980), Zahnle (1986), dan Trail dkk. (2011) berpendapat bahwa atmosfer mengoksidasi.

Makalah Trail dkk. (2011) yang diterbitkan di Nature patut disebutkan. Mereka menganalisis kondisi oksidasi kristal zirkon dari era Hadean dengan menggunakan rasio kondisi oksidasi cerium (Ce). Analisis menunjukkan bahwa magma Hadean lebih teroksidasi daripada yang diperkirakan sebelumnya, dengan kondisi seperti gas vulkanik modern. Kondisi magma Hadean yang lebih teroksidasi mengimplikasikan bahwa gas buang vulkanik akan melepaskan lebih sedikit hidrogen (H<sub>2</sub>) dan lebih banyak uap air (H<sub>2</sub>O), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>). Mereka menyimpulkan bahwa atmosfer Bumi purba kemungkinan lebih sedikit mereduksi dan lebih banyak mengoksidasi daripada yang diperkirakan secara tradisional. Temuan mereka menimbulkan pertanyaan tentang validitas eksperimen Miller-Urey, yang menunjukkan bahwa mungkin tidak

mungkin membentuk asam amino melalui abiogenesis pada Bumi prebiotik awal.

Asam amino yang dihasilkan dalam percobaan dikumpulkan dan diawetkan dalam kondisi laboratorium. Dalam kondisi yang keras dan bervariasi pada masa awal Bumi, senyawa-senyawa ini mungkin kurang stabil dan lebih rentan terhadap degradasi. Konsentrasi molekul organik dalam percobaan itu dikontrol dan dipertahankan pada tingkat yang relatif tinggi. Di Bumi purba, molekul-molekul ini mungkin sangat encer di lautan yang luas atau mengalami penyebaran yang cepat, sehingga berpotensi mengurangi kemungkinan evolusi kimiawi lebih lanjut.

Masalah utama lainnya adalah kiralitas. Asam amino yang dihasilkan bersifat rasemat, yang berarti mengandung isomer tangan kiri dan kanan dalam jumlah yang sama. Kehidupan di Bumi terutama menggunakan asam amino kidal (99,3%), dan asal mula homokirialitas ini masih belum dapat dijelaskan oleh eksperimen Miller-Urey.

## ii. Pembentukan RNA

Semua organisme hidup terdiri dari 20 asam amino yang berbeda. Untuk melanjutkan diskusi kita, mari kita asumsikan bahwa 20 asam amino ini terbentuk secara spontan. Langkah selanjutnya menuju kehidupan adalah pembentukan RNA, protein, dan DNA. Sejauh ini, belum ada teori yang dapat dipastikan mengenai pembentukan spontan molekul-molekul ini. Para ilmuwan berpendapat bahwa RNA muncul lebih dulu, karena RNA dianggap sebagai salah satu molekul paling awal yang mampu menyimpan informasi genetik dan mengkatalisis reaksi kimia. Fungsi ganda ini merupakan inti dari 'hipotesis dunia RNA,' yang mengusulkan bahwa kehidupan dimulai dengan molekul RNA sebelum pembentukan DNA dan protein. Meskipun hipotesis dunia RNA memberikan kerangka kerja yang menarik, hipotesis ini menghadapi beberapa tantangan yang signifikan: (i) RNA adalah molekul yang terlalu kompleks untuk muncul secara prebiotik, (ii) RNA pada dasarnya tidak stabil, (iii) katalisis adalah sifat

yang ditunjukkan oleh hanya sebagian kecil sekuens RNA yang panjang, dan (iv) repertoar katalitik RNA terlalu terbatas. Mari kita mulai dengan memeriksa tantangan pertama.

Nukleotida RNA terdiri dari tiga komponen: basa nitrogen (adenin, guanin, sitosin, dan urasil), gula ribosa, dan gugus fosfat. Agar RNA dapat terbentuk, komponen-komponen ini harus muncul secara spontan dalam kondisi prebiotik. Mari kita periksa kelayakan proses ini.

- **Pembentukan Basa Nitrogen**

Basa nitrogen adalah molekul kompleks dengan struktur cincin yang rumit. Perakitan spontan molekul-molekul ini dari senyawa prebiotik yang lebih sederhana sangat tidak mungkin karena memerlukan reaksi kimia tertentu, kondisi reaksi tertentu, dan katalis untuk membentuk struktur cincin. Ini termasuk reaksi aminasi, di mana gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) ditambahkan ke tulang punggung karbon, membutuhkan senyawa nitrogen seperti amonia dan aldehida atau keton, yang sering kali difasilitasi oleh katalis atau suhu tinggi. Reaksi deoksigenasi, yang menghilangkan atom oksigen, membutuhkan zat pereduksi seperti gas hidrogen atau metana. Pembentukan cincin, yang sangat penting untuk menciptakan struktur dasar nitrogen, biasanya terjadi dalam proses multi-langkah dalam kondisi suhu dan tekanan tinggi, yang sering kali dikatalisis oleh ion logam. Terakhir, penambahan basa nitrogen mungkin memerlukan lingkungan berenergi tinggi dan senyawa prekursor tertentu untuk menyelesaikan prosesnya.

Lingkungan Bumi purba diperkirakan sangat bervariasi dalam hal suhu, pH, dan senyawa kimia yang tersedia. Menciptakan kondisi yang tepat yang diperlukan untuk sintesis basa nitrogen akan sangat menantang. Sebagai contoh, kondisi energi tinggi yang diperlukan untuk membentuk basa-basa ini mungkin tidak secara konsisten ada atau berkelanjutan. Bahkan dalam kondisi laboratorium yang dioptimalkan, hasil basa nitrogen sering kali rendah. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang apakah basa-basa ini dapat diproduksi secara alami dalam jumlah yang cukup untuk mendukung

pembentukan RNA atau asam nukleat lainnya. Jalur yang mengarah pada sintesis basa nitrogen melibatkan beberapa langkah dan senyawa perantara. Kemungkinan semua kondisi dan senyawa yang diperlukan ada secara bersamaan dan dalam proporsi yang benar masih dipertanyakan.

Pembentukan basa nitrogen biasanya membutuhkan katalis untuk mendorong reaksi kimia. Dalam dunia prebiotik, keberadaan katalis semacam itu dalam konsentrasi dan kondisi yang tepat tidak pasti. Tanpa katalisator ini, laju reaksi akan terlalu lambat untuk menjadi signifikan. Bahkan jika basa nitrogen dapat terbentuk secara spontan, stabilitasnya dalam lingkungan prebiotik masih dipertanyakan. Molekul-molekul ini rentan terhadap degradasi di bawah radiasi UV, hidrolisis, dan faktor lingkungan lainnya. Ketidakstabilan ini akan menghambat akumulasi dan penggunaan selanjutnya dalam membentuk RNA.

- **Pembentukan Gula Ribosa**

Reaksi formosa, yang melibatkan polimerisasi formaldehida dengan adanya katalis, dapat menghasilkan ribosa. Reaksi ini kurang spesifik, sehingga menghasilkan hasil ribosa yang rendah dibandingkan dengan gula lainnya. Reaksi ini juga membutuhkan kondisi khusus, seperti keberadaan kalsium hidroksida sebagai katalis, yang mungkin tidak tersedia secara universal atau stabil di lingkungan prebiotik. Agar ribosa berguna dalam sintesis prebiotik RNA, ribosa harus disintesis dan distabilkan secara selektif. Namun, reaksi formosa tidak mendukung pembentukan ribosa secara selektif, dan campuran gula yang dihasilkan mempersulit pemanfaatan ribosa untuk sintesis RNA. Mekanisme untuk menstabilkan ribosa atau memilihnya dari campuran yang kompleks perlu ada. Agen penstabil potensial, seperti mineral borat, telah diusulkan, tetapi ketersediaannya dan kemanjurannya dalam kondisi prebiotik tidak pasti.

Reaksi formosa membutuhkan formaldehida, yang harus ada dalam konsentrasi yang cukup. Produksi dan stabilitas formaldehida dalam

kondisi prebiotik tidak memungkinkan karena formaldehida dapat dengan mudah berpolimerisasi atau bereaksi dengan senyawa lain. Kondisi lingkungan spesifik yang diperlukan agar reaksi formosa berjalan secara efisien dan menghasilkan ribosa (misalnya, pH optimal, suhu, keberadaan katalis) mungkin tidak lazim atau stabil di Bumi purba. Bahkan dalam kondisi laboratorium yang terkendali, hasil ribosa rendah, dan reaksi menghasilkan campuran gula yang kompleks, menyoroti tantangan untuk mengisolasi ribosa dalam lingkungan prebiotik.

Ribosa adalah gula pentosa yang secara kimiawi tidak stabil dan rentan terhadap degradasi yang cepat, terutama dalam kondisi yang diperkirakan lazim terjadi di Bumi purba. Ketidakstabilan ini muncul karena ribosa mudah terhidrolisis dalam larutan air dan dapat terdegradasi melalui proses seperti reaksi Maillard dan karamelisasi. Selain itu, penelitian telah menunjukkan bahwa ribosa memiliki waktu paruh yang pendek, terutama dalam kondisi basa, sehingga kecil kemungkinannya untuk terakumulasi dalam jumlah yang signifikan dalam rentang waktu geologis.

- **Pembentukan Kelompok Fosfat**

Pembentukan gugus fosfat dalam kondisi prebiotik menghadapi tantangan karena sumber fosfat yang tersedia relatif langka pada masa awal Bumi. Fosfat biasanya ditemukan dalam mineral seperti apatit, yang tidak mudah larut dalam air, sehingga menyulitkan fosfat untuk tersedia secara bebas di lingkungan berair di mana kimiawi prebiotik diperkirakan telah terjadi. Mineral fosfat cenderung inert secara kimiawi dalam kondisi pH netral. Reaktivitas yang rendah ini merupakan penghalang yang signifikan untuk penggabungan fosfat ke dalam molekul organik yang diperlukan untuk kehidupan.

Pembentukan ester fosfat, yang sangat penting untuk sintesis nukleotida, membutuhkan masukan energi yang signifikan. Dalam kondisi prebiotik, sumber energi yang diperlukan dan proses katalitik untuk mengatasi hambatan ini akan terbatas. Beberapa penelitian

telah menunjukkan bahwa kondisi berenergi tinggi, seperti yang disebabkan oleh sambaran petir atau aktivitas gunung berapi, dapat memfasilitasi pembentukan molekul yang mengandung fosfat. Namun, skenario ini membutuhkan kondisi spesifik dan sementara yang mungkin tidak tersebar luas.

Pembentukan polifosfat, yang merupakan rantai gugus fosfat, biasanya membutuhkan kondisi tertentu, seperti suhu tinggi atau adanya katalis yang mungkin tidak tersedia di lingkungan prebiotik. Polifosfat rentan terhadap hidrolisis, terurai menjadi senyawa fosfat yang lebih sederhana. Stabilitas senyawa-senyawa ini dalam kondisi yang berfluktuasi pada masa awal Bumi masih dipertanyakan.

Meskipun beberapa percobaan telah menunjukkan pembentukan molekul yang mengandung fosfat dalam kondisi prebiotik yang disimulasikan, hal ini sering kali membutuhkan kondisi yang sangat spesifik dan terkontrol yang mungkin tidak secara realistis mencerminkan lingkungan Bumi purba. Selain itu, hasil molekul yang mengandung fosfat dalam eksperimen sintesis prebiotik umumnya rendah, sehingga menimbulkan keraguan tentang efisiensi dan kemungkinan proses-proses ini terjadi di Bumi prebiotik dalam skala yang cukup untuk mendorong asal mula kehidupan.

- **Pembentukan Nukleotida RNA Fungsional**

Bahkan jika semua tantangan telah diatasi dan basa nitrogen, gula ribosa, dan gugus fosfat berhasil dibuat, rintangan lain yang signifikan masih ada: pembentukan nukleotida RNA fungsional.

Ada banyak jenis RNA: RNA yang terlibat dalam sintesis protein (mRNA, rRNA, tRNA, dll.), RNA yang terlibat dalam modifikasi pasca-transkripsi (snRNA, snoRNA, dll.), RNA pengatur (aRNA, miRNA, dll.), dan RNA parasit. Jumlah nukleotida dalam molekul RNA tergantung pada jenisnya. Beberapa contohnya adalah:

- mRNA & rRNA - ratusan hingga ribuan
- tRNA - 70 hingga 90
- snRNA - 100 hingga 300

- miRNA - 20 hingga 25.

Mari kita asumsikan bahwa molekul RNA yang umum, yang ingin kita perkirakan probabilitas pembentukannya, memiliki panjang 100 nukleotida. Dalam hal ini, setiap posisi dalam urutan RNA dapat ditempati oleh salah satu dari empat basa: adenin, urasil, sitosin, atau guanin. Jumlah total urutan yang mungkin dengan panjang 100 nukleotida adalah  $4^{(100)} (=1.6 \times 10^{60})$  dan probabilitas pembentukan RNA fungsional adalah  $1/1.6 \times 10^{60} = 6.2 \times 10^{-61}$ . Probabilitas yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa RNA fungsional tidak dapat terbentuk secara spontan, bahkan dengan adanya basa nitrogen, gula ribosa, dan gugus fosfat yang sudah ada sebelumnya.

### iii. Pembentukan Protein

Pembentukan protein melibatkan sintesis asam amino, polimerisasi menjadi peptida, dan pelipatan peptida ini menjadi protein fungsional. Mari kita periksa masalah dan tantangan dalam proses ini dalam kondisi prebiotik.

Protein terdiri dari rantai panjang asam amino, yang disebut rantai polipeptida, yang tersusun dalam urutan yang sangat spesifik. Jumlah asam amino dalam satu protein dapat berkisar dari beberapa lusin hingga beberapa ribu. Sebagai contoh, protein kecil insulin mengandung sekitar 51 asam amino, protein berukuran sedang mioglobin memiliki sekitar 153 asam amino, protein besar hemoglobin memiliki sekitar 574 asam amino, dan protein raksasa titin mengandung sekitar 34.350 asam amino. Hampir tidak mungkin membentuk rantai peptida yang panjang melalui proses acak dari kombinasi 20 jenis asam amino. Sebagai contoh, probabilitas pembentukan rantai polipeptida pada insulin protein kecil melalui proses acak adalah  $1/20^{51} = 4.4 \times 10^{(-6)} (7) \approx 0$ .

Meskipun rantai polipeptida terbentuk, rantai polipeptida harus dilipat menjadi struktur tiga dimensi tertentu untuk menjadi protein fungsional. Proses pelipatan rantai polipeptida menjadi protein

fungsional melibatkan beberapa langkah penting, masing-masing didorong oleh berbagai interaksi kimia dan dibantu oleh mesin molekuler di dalam sel.

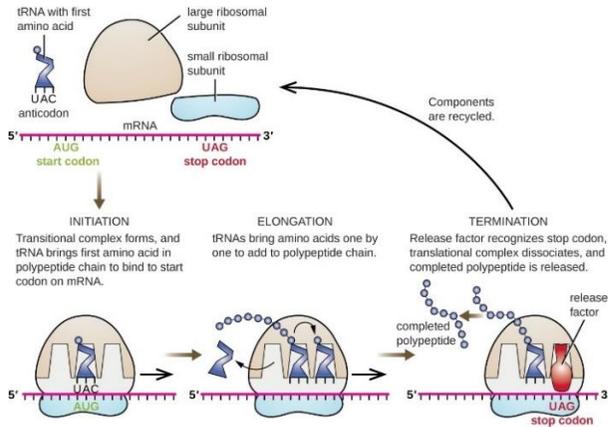
Bagian dari rantai polipeptida (struktur primer) terlipat menjadi struktur sekunder yang dikenal sebagai heliks alfa dan lembaran beta. Struktur ini distabilkan oleh ikatan hidrogen di antara atom-atom tulang punggung rantai polipeptida. Struktur sekunder tambahan, seperti belokan dan loop, menghubungkan heliks dan lembaran, yang berkontribusi pada lipatan protein secara keseluruhan. Struktur sekunder melipat lebih jauh ke dalam bentuk tiga dimensi tertentu, yang dikenal sebagai struktur tersier. Proses ini didorong oleh interaksi hidrofobik, di mana rantai samping nonpolar mengelompok menjauh dari lingkungan berair, mendorong polipeptida untuk melipat menjadi bentuk bulat yang kompak; ikatan hidrogen, yang terbentuk antara rantai samping kutub dan tulang punggung, menstabilkan struktur yang terlipat; ikatan ionik, dengan interaksi elektrostatik antara rantai samping yang bermuatan berlawanan yang berkontribusi pada stabilitas protein; dan ikatan disulfida, di mana ikatan kovalen antara residu sistein memberikan stabilitas tambahan pada struktur.

Untuk beberapa protein dengan beberapa rantai polipeptida (subunit), unit-unit yang terlipat ini bersatu membentuk struktur kuaterner. Untuk mencegah kesalahan, protein pendamping membantu proses pelipatan dengan mencegah kesalahan pelipatan dan agregasi. Mereka membantu rantai polipeptida mencapai konformasi yang benar. Protein dapat mengalami perubahan konformasi kecil dan koreksi untuk mencapai konformasi yang paling stabil dan fungsional. Modifikasi kimiawi, seperti fosforilasi, glikosilasi, atau pembelahan, dapat terjadi, yang selanjutnya menstabilkan protein atau mempersiapkannya untuk fungsi spesifiknya.

Pembentukan ikatan peptida antara asam amino membutuhkan energi yang signifikan. Dalam kondisi prebiotik, ketersediaan sumber energi yang konsisten dan memadai untuk mendorong reaksi ini dipertanyakan. Meskipun berbagai sumber energi seperti petir, radiasi

UV, dan panas vulkanik telah diusulkan, efisiensi dan keandalan sumber-sumber ini dalam memfasilitasi pembentukan ikatan peptida secara konsisten masih diperdebatkan. Kondisi Bumi purba kemungkinan besar sangat keras dan bervariasi, dengan suhu ekstrem, tingkat pH, dan perubahan lingkungan. Kondisi ini bisa saja mengganggu proses pembentukan ikatan peptida yang rumit dan stabilitas peptida yang terbentuk.

Peptida dan asam amino dapat mengalami hidrolisis dan degradasi dalam lingkungan berair. Stabilitas peptida yang terbentuk dalam jangka waktu yang lama menjadi perhatian, karena peptida dapat terdegradasi lebih cepat daripada pembentukannya. Kurangnya mekanisme perlindungan dalam kondisi prebiotik berarti bahwa peptida yang baru terbentuk dapat dengan cepat dipecah oleh faktor lingkungan seperti radiasi UV dan fluktuasi termal. Meskipun permukaan mineral seperti lempung dapat mengkatalisis pembentukan ikatan peptida, efisiensi, kekhususan, dan hasil dari reaksi ini dalam kondisi alami belum diketahui dengan baik. Tidak dapat dipastikan seberapa efektif permukaan-permukaan ini dalam menghasilkan beragam peptida yang dibutuhkan untuk kehidupan. Kondisi yang tepat di mana reaksi yang dikatalisis mineral ini terjadi (misalnya, suhu, pH) harus dikontrol dengan ketat, dan kondisi seperti itu mungkin tidak ada secara konsisten di Bumi purba. Beberapa eksperimen yang menunjukkan pembentukan peptida dilakukan dalam kondisi yang sangat terkontrol, tapi kondisi ini mungkin tidak secara akurat mencerminkan kondisi Bumi purba yang kacau dan bervariasi.



Gbr. 3.2. Sintesis protein

Hipotesis dunia RNA menyatakan bahwa molekul RNA mengkatalisis pembentukan peptida. Namun, kemunculan RNA fungsional dan peptida secara bersamaan menimbulkan masalah 'ayam dan telur', karena keduanya saling bergantung. Tanpa RNA, protein tidak dapat dibentuk.

Protein membutuhkan asam amino dengan kiralitas yang sama (asam L-amino). Sintesis prebiotik biasanya menghasilkan campuran rasemat yang mengandung isomer tangan kiri dan kanan dalam jumlah yang sama. Pembentukan spontan protein homokiral dari campuran tersebut tidak mungkin terjadi secara statistik.

#### iv. Pembentukan DNA

Pembentukan DNA dalam kondisi prebiotik merupakan proses yang kompleks dan spekulatif yang melibatkan beberapa langkah utama termasuk sintesis nukleotida, pembentukan rantai polinukleotida, pemasangan basa, pembentukan heliks ganda, kondensasi DNA, dan replikasi serta bantuan enzimatik.

Seperti RNA, nukleotida DNA terdiri dari tiga bagian: basa nitrogen (adenin, guanin, sitosin, timin), gula deoksiribosa, dan gugus fosfat. Tingkat kesulitan untuk pembentukan DNA secara spontan akan sebanding dengan RNA. Satu kesulitan tambahan untuk DNA adalah

pembentukan struktur heliks ganda DNA. Struktur heliks ganda DNA bergantung pada pasangan basa yang tepat antara adenin dan timin, dan antara sitosin dan guanin. Mencapai kekhususan ini secara spontan, tanpa templat atau mekanisme pemandu, sangatlah tidak mungkin. Untuk heliks ganda yang stabil, nukleotida harus disusun dalam urutan tertentu, dengan urutan yang saling melengkapi pada untai yang berlawanan. Kemungkinan untuk secara spontan membentuk dua urutan komplementer yang sejajar dengan sempurna sangatlah rendah.

Replikasi DNA membutuhkan enzim dan mesin protein yang kompleks untuk memastikan akurasi dan ketepatan. Daftar enzim kunci yang terlibat dalam replikasi DNA meliputi helikase, protein pengikat untai tunggal (SSB), primase, DNA polimerase, ribonuklease H (RNase H), DNA ligase, dan topoisomerase. Pembentukan heliks ganda secara spontan tidak akan menyertakan komponen-komponen penting ini, sehingga replikasi dan koreksi kesalahan menjadi sangat tidak mungkin. Tanpa mekanisme untuk koreksi kesalahan, DNA yang terbentuk secara spontan kemungkinan besar akan menumpuk kesalahan dengan cepat, sehingga mengganggu stabilitas dan fungsinya.

Jumlah total asam amino dalam enzim khas yang berpartisipasi dalam replikasi DNA berada dalam kisaran ratusan hingga beberapa ribu. Kemungkinan untuk menghasilkan salah satu enzim ini secara kebetulan hampir nol. Sebagai contoh, probabilitas memproduksi RNase H secara acak hanya  $20^{-155}$  atau  $2,2 \times 10^{-202} \approx 0$ . Probabilitas yang sangat kecil ini pada dasarnya berada di luar jangkauan kejadian praktis dan tidak akan pernah terjadi di alam.

Bahkan jika DNA dapat terbentuk, DNA harus melalui proses kondensasi DNA yang sangat kompleks. Proses kondensasi DNA mengubah molekul DNA yang panjang dan linier menjadi struktur yang sangat kompak dan terorganisir yang mampu masuk ke dalam inti sel. Proses kondensasi sangat penting untuk penyimpanan, perlindungan, dan pengaturan DNA yang efisien, serta untuk pemisahan kromosom yang tepat selama pembelahan sel. Proses ini melibatkan

pembentukan nukleosom, serat 30 nm, domain melingkar, pelipatan tingkat tinggi, dan kromosom metafase.

Nukleosom dapat terbentuk jika DNA melilit protein histon. Setiap nukleosom terdiri dari sekitar 147 pasangan basa DNA yang melilit satu oktamer histon (masing-masing dua salinan H2A, H2B, H3, dan H4). Struktur yang dihasilkan terlihat seperti manik-manik pada seutas tali, dengan nukleosom (manik-manik) dihubungkan oleh DNA penghubung (tali).

Rantai nukleosom selanjutnya menggulung menjadi serat 30 nm yang lebih ringkas, difasilitasi oleh histon penghubung H1, yang berikatan dengan nukleosom dan DNA penghubung. Serat 30 nm dapat mengadopsi konfigurasi solenoida atau zig-zag, tergantung pada interaksi nukleosom.

Serat 30 nm membentuk domain melingkar dengan menempel pada perancah protein di dalam nukleus. Perancah atau daerah perlekatan matriks (SAR/MAR) mengaitkan loop ini. Loop ini, biasanya sepanjang 40-90 kilobase pair (kb), memberikan pepadatan lebih lanjut dan berperan dalam regulasi gen dengan membawa elemen regulasi yang jauh ke dalam jarak yang dekat dengan gen.

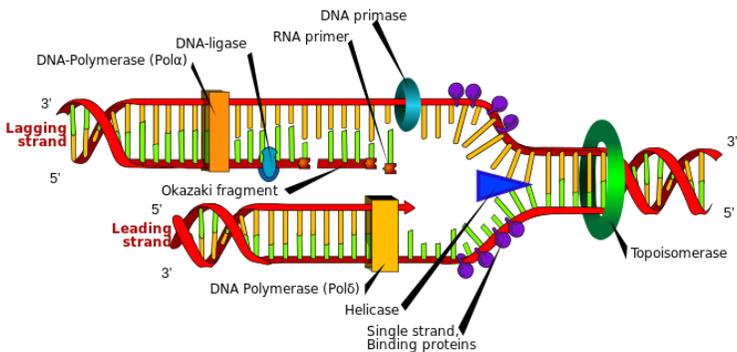
Domain yang dilingkarkan selanjutnya melipat menjadi serat yang lebih tebal, yang dikenal sebagai serat kromonema. Serat-serat ini mengalami penggulangan dan pelipatan tambahan, sehingga menghasilkan struktur yang lebih padat.

Selama pembelahan sel, khususnya pada metafase, kromatin mencapai tingkat kondensasi tertinggi untuk membentuk kromosom yang terlihat. Hal ini melibatkan aksi protein kondensin yang membantu menggulung dan memadatkan kromatin. Setiap kromosom terdiri dari dua kromatid kembar identik yang disatukan di sentromer, memastikan pemisahan yang akurat selama pembelahan sel.

Tingkat kondensasi memengaruhi ekspresi gen, dengan heterokromatin yang dikemas rapat menjadi tidak aktif secara transkripsi dan euchromatin yang dikemas longgar menjadi aktif. Kondensasi yang tepat sangat penting untuk pemisahan kromosom

yang akurat selama mitosis dan meiosis.

Seperti yang terlihat di atas, pembentukan dan replikasi DNA sangat kompleks, membutuhkan koordinasi biokimia yang tepat dan keterlibatan berbagai enzim. Namun, teori evolusi tidak memberikan penjelasan yang jelas tentang bagaimana mekanisme ini berasal, hanya menyatakan bahwa DNA berevolusi dari RNA tanpa menjawab tantangan-tantangan kritis. Agar klaim ini valid, teori ini harus menjelaskan bagaimana RNA terbentuk, bagaimana struktur heliks ganda DNA muncul, dan bagaimana enzim-enzim replikasi yang esensial berasal. Tanpa jawaban-jawaban ini, gagasan tersebut tetap bersifat spekulatif. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, pembentukan DNA adalah hasil dari desain yang disengaja dan bukannya kebetulan secara acak.



Gbr. 3.3. Proses replikasi DNA

#### v. Pembentukan Sel

Untuk melanjutkan diskusi kita, mari kita asumsikan bahwa RNA, protein, dan DNA diproduksi secara spontan. Kemudian, langkah selanjutnya menuju kehidupan adalah pembentukan sel. Ada dua jenis sel utama: sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik, yang ditemukan pada organisme seperti bakteri dan archaea, lebih sederhana dan tidak memiliki nukleus yang jelas. Materi genetik mereka terkandung dalam satu molekul DNA melingkar yang

mengapung bebas di dalam sitoplasma. Sel prokariotik juga tidak memiliki organel yang terikat membran. Sel eukariotik, yang terdapat pada tumbuhan, hewan, jamur, dan protista, memiliki struktur yang lebih kompleks. Sel-sel ini memiliki inti yang jelas dan dikelilingi oleh membran inti. Sel eukariotik juga memiliki berbagai organel yang terikat membran, seperti mitokondria, retikulum endoplasma, dan aparatus Golgi, yang menjalankan fungsi spesifik yang penting untuk kelangsungan hidup sel dan berfungsi dengan baik.

Para ilmuwan mengklaim bahwa protocell berevolusi menjadi sel prokariotik melalui proses bertahap yang didorong oleh seleksi alam, mutasi, dan adaptasi lingkungan. Keberadaan protocell, prekursor hipotetis untuk sel modern, menghadapi beberapa kritik yang signifikan. Salah satu masalah utama adalah pembentukan lapisan lipid secara spontan, yang sangat penting untuk menciptakan lingkungan yang stabil dan tertutup. Kondisi yang dibutuhkan untuk membentuk dan mempertahankan lapisan ini secara konsisten di Bumi purba sangat spekulatif. Selain itu, integrasi komponen fungsional, seperti RNA atau protein sederhana, dalam struktur lipid ini membutuhkan interaksi yang sangat spesifik yang secara statistik tidak mungkin terjadi tanpa mekanisme pemandu. Selain itu, kemampuan protocell untuk bereplikasi dan berevolusi, yang merupakan karakteristik utama organisme hidup, tidak memiliki dukungan eksperimental yang memadai, sehingga menimbulkan pertanyaan tentang peran mereka dalam asal mula kehidupan. Karena alasan-alasan ini, sel pertama yang muncul di Bumi adalah sel prokariotik.

Catatan fosil menunjukkan bahwa sel prokariotik muncul di Bumi 3,5 hingga 3,8 miliar tahun yang lalu. Semua sel dikelilingi oleh membran sel, dan langkah pertama dalam pembentukan sel adalah pembentukan membran ini. Oleh karena itu, mari kita selidiki apakah membran sel dapat terbentuk secara spontan dalam kondisi prebiotik.

- **Pembentukan Membran Sel**

Membran sel bukanlah struktur yang sederhana, melainkan struktur

yang kompleks dan dinamis yang terdiri dari lipid (fosfolipid, kolesterol, dan glikolipid), protein, dan karbohidrat. Fosfolipid membentuk struktur bilayer fundamental, kolesterol memodulasi fluiditas, dan glikolipid berkontribusi pada pengenalan sel. Protein, baik protein integral maupun perifer, memfasilitasi transportasi, pensinyalan, dan dukungan struktural, sedangkan karbohidrat memainkan peran penting dalam pengenalan dan komunikasi sel. Komposisi ini memungkinkan membran sel untuk menjalankan fungsi-fungsi esensialnya, mempertahankan homeostasis dan memfasilitasi interaksi dengan lingkungan.

Pembentukan membran sel secara acak dalam kondisi prebiotik menghadapi beberapa masalah karena kompleksitas dan kekhususan yang diperlukan untuk struktur membran fungsional.

Molekul lipid amfifilik tertentu, seperti fosfolipid, memerlukan kombinasi yang tepat antara asam lemak, gliserol, dan gugus fosfat, yang tidak mungkin terbentuk dan berkumpul secara spontan dalam proporsi yang benar dalam kondisi prebiotik. Pembentukan kelompok fosfat secara spontan, seperti yang ditunjukkan pada bagian sebelumnya, tidak mungkin terjadi. Meskipun molekul amfifilik dapat membentuk lapisan bilayer secara spontan, untuk mencapai lapisan bilayer yang stabil dan semi permeabel yang mampu membungkus dan melindungi lingkungan seluler memerlukan kondisi tertentu. Terjadinya kondisi-kondisi ini secara acak, termasuk konsentrasi dan jenis lipid yang tepat, sangat tidak mungkin.

Ukuran khas sel prokariotik, seperti sel bakteri, adalah 1 mikrometer. Luas permukaannya adalah  $3 \times 10^{(-12)} \text{ m}^2$  dan ukuran molekul fosfolipid tunggal adalah sekitar  $5 \times 10^{(-19)} \text{ m}^2$ . Jadi, jumlah total fosfolipid dalam bilayer adalah  $1,2 \times 10^7$ . Untuk membentuk bilayer, sekitar sepuluh juta fosfolipid harus sejajar berdampingan dan menciptakan ruang tertutup. Hal ini sangat tidak mungkin terjadi secara acak karena bilayer tidak akan secara alami menyelaraskan dan membentuk ruang tertutup tanpa beberapa bentuk panduan atau arahan.

Kondisi Bumi purba sangat keras dan bervariasi, dengan suhu,

tingkat pH, dan radiasi yang ekstrem. Mempertahankan integritas dan stabilitas membran primitif dalam lingkungan seperti itu akan menjadi tantangan, karena membran dapat dengan mudah terganggu oleh faktor-faktor ini. Membran fungsional harus secara selektif memungkinkan nutrisi dan molekul esensial melewatinya sambil mencegah zat berbahaya. Permeabilitas selektif ini membutuhkan kehadiran protein dan saluran yang kompleks, yang tidak mungkin terbentuk dan berintegrasi ke dalam membran dengan proses acak.

Bahkan jika membran primitif terbentuk, enkapsulasi acak biomolekul yang diperlukan, seperti nukleotida, asam amino, dan molekul katalitik, tidak mungkin terjadi. Konsentrasi dan kombinasi spesifik yang diperlukan untuk memulai proses metabolisme primitif tidak mungkin terjadi secara kebetulan.

Pembentukan membran fungsional harus disertai dengan perkembangan simultan dari mesin seluler lainnya, seperti protein transpor dan enzim metabolisme, yang semakin memperumit skenario pembentukan membran dari proses acak. Dengan demikian, pembentukan sel prokariotik di bawah Bumi prebiotik tidak memungkinkan.

#### vi. Pembentukan Sel Eukariotik

Teori yang diterima secara luas untuk asal usul sel eukariotik adalah teori endosimbiotik. Teori endosimbiotik menyatakan bahwa sel eukariotik berasal dari hubungan simbiosis antara sel prokariotik primitif. Proses ini melibatkan penyerapan sel prokariotik tertentu (mitokondria dalam kasus sel hewan dan kloroplas dalam kasus sel tumbuhan) oleh sel inang leluhur, yang mengarah pada hubungan yang saling menguntungkan dan pada akhirnya perkembangan sel eukariotik yang kompleks. Sel inang leluhur diklaim sebagai archaea, tetapi masalah dengan hipotesis ini adalah bahwa endositosis, proses menelan sel prokariotik, tidak pernah diamati pada archaea, dan bahwa membran sel archaea terdiri dari ikatan eter, sedangkan membran sel sel eukariotik terdiri dari ikatan ester.

Teori ini membutuhkan sel prokariotik dan mitokondria atau kloroplas yang sudah ada sebelumnya. Namun, asal usul mitokondria dan kloroplas tidak terdokumentasi dengan baik. Mitokondria adalah organel kompleks dengan struktur unik yang mencerminkan perannya sebagai pembangkit tenaga listrik sel, menghasilkan ATP melalui fosforilasi oksidatif. Mitokondria terdiri dari beberapa komponen yang berbeda: membran luar, ruang antar membran, membran dalam, dan matriks, yang meliputi enzim, DNA, ribosom, dan metabolit. Membran luar, seperti membran sel, mengandung lapisan fosfolipid dengan campuran fosfolipid dan protein. Tidak mungkin struktur yang begitu kompleks dapat muncul secara spontan melalui proses acak, karena membran sel, DNA, dan protein tidak dapat terbentuk secara spontan. Mitokondria memiliki DNA mereka sendiri, berbeda dari DNA nuklir, namun mereka harus berkoordinasi dengan genom nuklir agar dapat berfungsi dengan baik. Integrasi DNA mitokondria ke dalam jaringan regulasi dan metabolisme sel inang menghadirkan tantangan yang signifikan.

Nukleus dalam sel eukariotik terdiri dari membran inti berlapis ganda, nukleolus, dan kromosom, yang mengandung materi genetik sel, termasuk DNA, RNA, dan protein terkait. Asal usul nukleus dalam sel eukariotik bahkan lebih menantang untuk dijelaskan. Mari kita mulai dengan membahas aspek yang paling sederhana: membran nuklir. Asal usul membran nuklir dalam sel eukariotik adalah subjek perdebatan ilmiah yang signifikan. Beberapa hipotesis, termasuk hipotesis invaginasi membran (pelipatan ke dalam), hipotesis asal virus, dan hipotesis transfer gen, telah diusulkan untuk menjelaskan bagaimana struktur yang rumit ini dapat muncul.

Hipotesis invaginasi membran menunjukkan bahwa membran nuklir berasal dari invaginasi membran sel dari sel prokariotik leluhur. Namun demikian, hipotesis ini gagal menjelaskan perbedaan antara membran sel dan membran nuklir. Membran sel terdiri dari satu lapis fosfolipid, sedangkan membran nuklir terdiri dari dua lapis fosfolipid-membran dalam dan membran luar. Selain itu, membran nuklir mengandung

kompleks pori nuklir yang tidak dapat ditemukan pada membran sel. Lebih jauh lagi, komposisi protein dalam membran sel dan membran nuklir juga berbeda.

Hipotesis asal virus menyatakan bahwa virus yang menginfeksi sel primitif dapat berkontribusi pada materi genetik atau komponen struktural yang pada akhirnya mengarah pada pengembangan selubung nuklir. Interaksi antara virus dan membran sel inang mungkin telah menciptakan struktur pelindung di sekitar DNA. Meskipun virus diketahui memengaruhi struktur sel inang, bukti konkret yang mengaitkan virus dengan asal mula membran nuklir masih terbatas.

Hipotesis transfer gen menunjukkan bahwa pencampuran dan transfer gen antara prokariota yang berbeda dapat menciptakan genom yang besar dan kompleks yang membutuhkan kompartemen pelindung. Membran nuklir akan berevolusi untuk melindungi dan mengatur materi genetik yang kompleks ini. Hipotesis ini menghadapi banyak masalah karena kurangnya bukti langsung, ketidakmampuannya untuk menjelaskan bagaimana struktur kompleks dan terorganisir dari membran ganda dan kompleks pori-pori nuklir dapat muncul semata-mata dari transfer dan integrasi gen, dan kegagalannya untuk memberikan jalur yang jelas tentang bagaimana gen yang ditransfer akan diintegrasikan dan diekspresikan dengan cara yang menghasilkan perkembangan membran nuklir.

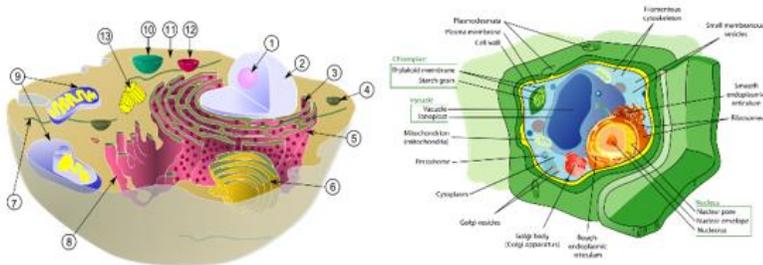
Struktur nukleolus dan kromosom jauh lebih kompleks daripada membran nuklir, sehingga sulit untuk membayangkan bahwa keduanya dapat berasal dari peristiwa acak. Selain itu, sulit untuk memahami bagaimana komponen-komponen ini bisa berada di dalam membran. Nukleolus dan kromosom mengandung informasi genetik organisme hidup, termasuk cetak biru untuk membentuk RNA, protein, DNA, organel seluler, dan jaringan serta organ makhluk hidup. Fakta bahwa cetak biru untuk membangun kehidupan ini telah diprediksi dan telah ada di dalam nukleus pada tahap sel eukariotik, bahkan sebelum terbentuknya kehidupan, tidak dapat dijelaskan secara memadai oleh teori evolusi. Sebaliknya, hal ini menjadi bukti nyata dari desain

kehidupan yang cerdas.

Singkatnya, desain cerdas secara alamiah dapat menjelaskan asal-usul sel eukariotik, sedangkan teori evolusi tidak memiliki penjelasan yang jelas mengenai asal-usulnya.

### vii. Lokalisasi organel

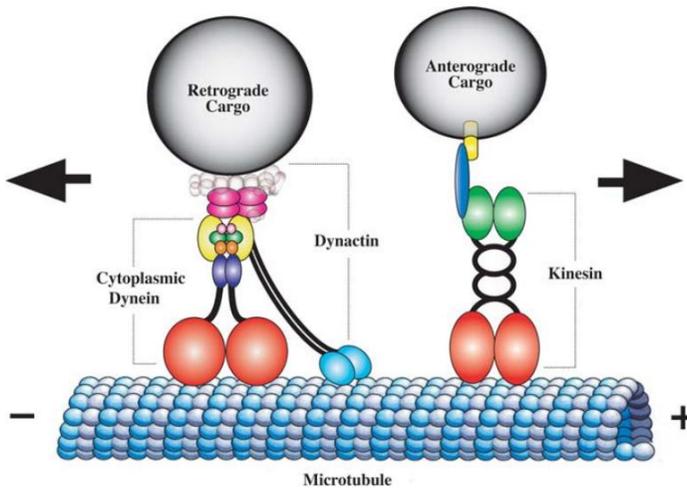
Sel terdiri dari berbagai organel, termasuk nukleus, mitokondria, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, lisosom, dan organel lainnya, yang semuanya bekerja sama untuk mempertahankan fungsi seluler dan homeostasis. Lokalisasi organel sel adalah proses yang sangat diatur dan dinamis yang memastikan organel diposisikan secara optimal di dalam sel untuk mempertahankan fungsi seluler yang efisien. Pelokalan yang tepat sangat penting untuk kesehatan sel dan memainkan peran penting dalam beradaptasi dengan perubahan kondisi sel dan lingkungan. Orang mungkin bertanya-tanya bagaimana organel-organel ini menemukan lokasi optimalnya, mengingat mereka tidak dapat berpikir sendiri.



Gbr. 3.4. Struktur Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Pemeriksaan terperinci dari proses lokalisasi organel mengungkapkan mekanisme yang sangat tepat dan rumit yang tidak dapat dikaitkan dengan peluang acak. Proses ini melibatkan interaksi yang kompleks antara sitoskeleton, protein motorik, perdagangan membran, protein jangkar, perancah, penyesuaian dinamis, dan komunikasi antar-organel.

Sitoskeleton memainkan peran penting dalam lokalisasi organel. Sitoskeleton memberikan dukungan struktural, memfasilitasi pergerakan, dan memastikan posisi organel yang tepat. Sitoskeleton terdiri dari tiga jenis filamen utama: mikrotubulus, filamen aktin, dan filamen perantara, yang masing-masing berkontribusi secara unik terhadap lokalisasi organel.



Gbr. 3.5. Diagram skematik mikrotubulus dan protein motorik

Mikrotubulus adalah tabung panjang berongga yang terbuat dari protein tubulin. Mikrotubulus membentuk jaringan yang memanjang dari pusat pengorganisasian mikrotubulus (sentrosom) ke pinggiran sel. Mikrotubulus berfungsi sebagai jalur untuk protein motorik seperti kinesin dan dynein. Kinesin menggerakkan organel ke arah ujung plus mikrotubulus, biasanya ke arah pinggiran sel, sedangkan dynein menggerakkannya ke arah ujung minus, biasanya ke arah pusat sel. Mikrotubulus membantu memposisikan organel seperti aparatus Golgi, yang biasanya terletak di dekat sentrosom, dan mitokondria, yang didistribusikan ke seluruh sel tetapi dapat diangkut di sepanjang mikrotubulus ke area dengan kebutuhan energi yang tinggi.

Filamen aktin, juga dikenal sebagai mikrofilamen, adalah serat tipis

dan fleksibel yang terbuat dari protein aktin. Mereka terkonsentrasi tepat di bawah membran plasma dan membentuk jaringan padat di seluruh sitoplasma. Filamen aktin memfasilitasi aliran sitoplasma, sebuah proses yang membantu mendistribusikan organel dan nutrisi ke seluruh sel. Protein motorik miosin berinteraksi dengan filamen aktin untuk mengangkut vesikula, endosom, dan organel kecil lainnya di sepanjang jaringan aktin. Filamen aktin membantu mempertahankan bentuk sel dan terlibat dalam pergerakan sel, yang secara tidak langsung memengaruhi posisi organel.

Filamen perantara adalah serat seperti tali yang terbuat dari berbagai protein (seperti keratin, vimentin, dan lamins), tergantung pada jenis selnya. Filamen-filamen ini memberikan kekuatan mekanis dan dukungan struktural. Filamen perantara membantu menstabilkan posisi organel seperti nukleus dengan menambatkannya pada tempatnya di dalam sitoplasma. Mereka menjaga integritas keseluruhan sitoskeleton, memastikan bahwa komponen lain seperti mikrotubulus dan filamen aktin dapat berfungsi secara efektif dalam lokalisasi organel.

Berbagai jenis filamen sitoskeletal sering kali bekerja sama untuk memposisikan organel secara akurat. Sebagai contoh, mikrotubulus dan filamen aktin berkoordinasi untuk memastikan distribusi dan pergerakan vesikula dan organel yang tepat. Sitoskeleton sangat dinamis, terus menerus melakukan renovasi untuk beradaptasi dengan kebutuhan sel. Fleksibilitas ini memungkinkan reposisi organel yang cepat sebagai respons terhadap sinyal seluler atau perubahan lingkungan.

Perdagangan membran adalah proses di mana protein, lipid, dan molekul lain diangkut di dalam sel, memastikan bahwa komponen seluler mencapai tujuan yang benar. Hal ini melibatkan tunas vesikula dari membran donor, pengangkutannya melalui sitoplasma, dan fusi dengan membran target. Organel utama yang terlibat dalam perdagangan membran termasuk retikulum endoplasma, aparatus Golgi, dan berbagai jenis vesikel seperti endosom dan lisosom. Proses

ini sangat penting untuk mempertahankan organisasi seluler, memfasilitasi komunikasi antar organel, dan memungkinkan sel merespons sinyal internal dan eksternal secara efisien.

Jalur pensinyalan memandu pergerakan dan pemosisian organel di dalam sel. Jalur ini melibatkan transmisi sinyal kimiawi yang memberikan isyarat spasial, memastikan bahwa organel diarahkan ke lokasi yang sesuai. Reseptor pada permukaan organel dan di dalam sitoplasma berinteraksi dengan molekul pemberi sinyal untuk memfasilitasi proses ini. Sebagai contoh, GTPase kecil seperti protein Rab adalah regulator utama yang mengontrol lalu lintas vesikel dan pemosisian organel dengan berinteraksi dengan protein efektor tertentu. Jalur pensinyalan ini memastikan bahwa proses seluler terkoordinasi dan organel diposisikan secara dinamis sebagai respons terhadap perubahan kebutuhan seluler dan kondisi lingkungan.

Protein jangkar dan perancah memainkan peran penting dalam lokalisasi sel dengan memastikan bahwa organel diposisikan secara tepat di dalam sel. Protein jangkar menghubungkan organel ke lokasi tertentu di dalam sitoplasma, menstabilkannya dan mencegah perpindahannya. Misalnya, mitokondria dapat ditambat ke retikulum endoplasma melalui mekanisme penambatan tertentu, memfasilitasi transfer energi yang efisien dan koordinasi metabolisme. Protein perancah memberikan dukungan struktural dengan membentuk kompleks yang menahan organel pada tempatnya, mempertahankan keseluruhan organisasi sel. Protein-protein ini menciptakan kerangka kerja dinamis yang memungkinkan pengaturan organel yang tepat, memastikan bahwa fungsi seluler dijalankan secara efektif dan efisien.

Penyesuaian dinamis dalam lokalisasi sel mengacu pada perubahan yang terus menerus dan responsif dalam pemosisian organel di dalam sel. Penyesuaian ini sangat penting untuk mempertahankan fungsi dan kemampuan beradaptasi sel. Selama fase yang berbeda dari siklus sel, seperti mitosis, organel seperti nukleus dan mitokondria mengubah posisi untuk memastikan pembelahan sel yang tepat. Selain itu,

sebagai respons terhadap rangsangan lingkungan, seperti ketersediaan nutrisi atau kondisi stres, organel dapat berpindah ke area di mana fungsinya paling dibutuhkan. Relokasi dinamis ini difasilitasi oleh sitoskeleton dan protein motorik, yang memungkinkan sel untuk mempertahankan homeostasis dan merespons secara efisien terhadap perubahan kondisi internal dan eksternal.

Komunikasi antar-organel memastikan koordinasi dan efisiensi fungsi seluler. Komunikasi ini terjadi melalui situs kontak langsung dan transportasi vesikuler. Situs kontak, seperti membran terkait mitokondria (MAM) antara mitokondria dan retikulum endoplasma, memfasilitasi transfer lipid, kalsium, dan molekul lainnya, memastikan aktivitas yang tersinkronisasi antar organel. Transportasi vesikuler melibatkan tunas dan fusi vesikula, yang membawa protein dan lipid di antara organel, mempertahankan integrasi fungsionalnya. Komunikasi antar-organel yang efektif sangat penting untuk proses-proses seperti metabolisme, pensinyalan, dan respons stres, yang berkontribusi pada homeostasis sel secara keseluruhan.

Seperti yang dijelaskan di atas, mekanisme yang terlibat dalam lokalisasi organel sangat terorganisir dan kompleks. Evolusi selangkah demi selangkah dari sistem yang terkoordinasi secara rumit melalui mutasi acak dan seleksi alam sangat tidak mungkin terjadi karena alasan-alasan berikut.

Tidak ada bukti langsung tentang tahap-tahap peralihan dalam evolusi mekanisme lokalisasi organel. Catatan fosil dan studi molekuler tidak menangkap bentuk-bentuk transisi yang dapat menggambarkan evolusi bertahap dari sistem yang canggih ini. Kompleksitas lokalisasi organel dan koordinasinya di dalam sel menjadi tantangan bagi penjelasan evolusioner karena organisasi seluler menunjukkan 'kompleksitas yang tidak dapat direduksi', di mana penghilangan bagian mana pun akan membuat sistem menjadi tidak berfungsi. Teori evolusi menjelaskan kompleksitas melalui modifikasi bertahap, tetapi struktur seluler dan lokalisasi yang tepat tidak memiliki tahap peralihan yang layak.

Lokalisasi organel bergantung pada interaksi yang rumit dengan sitoskeleton, protein motorik, jalur pensinyalan, dan komponen seluler lainnya. Saling ketergantungan ini menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana sistem tersebut dapat berevolusi secara bertahap. Sulit untuk menjelaskan bagaimana organel dan sistem yang bertanggung jawab atas lokalisasi mereka dapat berevolusi secara bersamaan tanpa salah satu dari mereka berfungsi penuh terlebih dahulu.

Asal-usul dan evolusi protein motorik seperti kinesin, dynein, dan myosin, serta elemen sitoskeletal seperti mikrotubulus dan filamen aktin, belum sepenuhnya dipahami. Protein dan struktur ini pasti telah berevolusi dengan fungsi dan interaksi yang sangat spesifik, yang sulit untuk dijelaskan hanya melalui perubahan tambahan. Evolusi jaringan pengaturan kompleks yang mengontrol lokalisasi organel menimbulkan tantangan yang signifikan. Jaringan-jaringan ini harus secara tepat mengoordinasikan ekspresi dan aktivitas banyak gen, dan evolusi tambahan mereka melalui mutasi acak sulit untuk dijelaskan.

Banyak komponen yang terlibat dalam lokalisasi organel saling bergantung, yang berarti bahwa mereka harus berfungsi bersama secara efektif untuk memberikan keuntungan selektif. Evolusi simultan dari beberapa bagian yang saling berinteraksi merupakan masalah karena sistem parsial tidak akan memberikan manfaat yang cukup untuk disukai oleh seleksi alam.

Proses lokalisasi dan pemeliharaan organel sangat membutuhkan energi. Tidak jelas bagaimana sel-sel awal mampu membayar biaya metabolisme yang terkait dengan sistem yang kompleks ini tanpa memiliki produksi energi yang efisien dan mekanisme manajemen sumber daya.

### viii. Diferensiasi Sel

Diferensiasi sel adalah proses di mana sel yang tidak terspesialisasi berkembang menjadi sel yang terspesialisasi dengan struktur dan fungsi yang berbeda. Proses ini sangat penting untuk perkembangan, pertumbuhan, dan fungsi jaringan, organ, dan pada akhirnya,

organisme multiseluler. Diferensiasi biasanya dimulai dengan sel punca, yang merupakan sel yang belum berdiferensiasi yang mampu memunculkan berbagai jenis sel. Sel punca dapat bersifat pluripoten, mampu berdiferensiasi menjadi hampir semua jenis sel. Selama perkembangannya, sel-sel ini menerima sinyal yang memandu mereka untuk menjadi jenis sel tertentu. Ketika sel punca berdiferensiasi, mereka menjadi sel progenitor multipoten, yang berkomitmen untuk memunculkan berbagai jenis sel yang terbatas. Sel-sel progenitor selanjutnya berdiferensiasi menjadi sel-sel yang sepenuhnya terspesialisasi. Diferensiasi sel adalah proses yang sangat diatur dan dinamis yang didorong oleh regulasi ekspresi gen, jalur transduksi sinyal, modifikasi epigenetik, gradien morfogen, dan interaksi dengan sel lain dan matriks ekstraseluler.

Semua sel dalam organisme mengandung DNA yang sama, tetapi jenis sel yang berbeda mengekspresikan himpunan bagian gen yang berbeda. Ekspresi gen selektif ini mendorong diferensiasi. Protein yang dikenal sebagai faktor transkripsi mengikat sekuens DNA tertentu untuk mengatur transkripsi gen target. Faktor-faktor ini dapat mengaktifkan atau menekan ekspresi gen, yang mengarah pada produksi protein yang diperlukan untuk jenis sel tertentu.

Sel menerima sinyal dari lingkungannya, seperti faktor pertumbuhan, hormon, dan sitokin. Sinyal-sinyal ini berikatan dengan reseptor permukaan sel, memulai jalur transduksi sinyal. Jalur transduksi sinyal melibatkan serangkaian peristiwa intraseluler, sering kali termasuk fosforilasi protein, yang pada akhirnya menghasilkan perubahan ekspresi gen.

Modifikasi epigenetik melibatkan metilasi DNA dan modifikasi histon. Metilasi DNA membungkam ekspresi gen dengan menambahkan gugus metil ke DNA, biasanya pada pulau CpG. Pola metilasi dapat diwariskan dan dapat mengunci identitas sel dengan menekan gen yang tidak diperlukan untuk jenis sel tertentu. Histon, protein yang melingkari DNA, dapat dimodifikasi secara kimiawi (misalnya asetilasi, metilasi). Modifikasi ini mengubah struktur kromatin, membuat DNA dapat

diakses untuk transkripsi.

Morfogen adalah molekul pemberi sinyal yang berdifusi melalui jaringan dan membentuk gradien konsentrasi. Sel merespons konsentrasi morfogen yang berbeda dengan mengaktifkan jalur perkembangan yang berbeda, yang mengarah pada nasib sel yang beragam. Gradien morfogen sangat penting dalam perkembangan embrio untuk pembentukan pola, menentukan pengaturan spasial sel yang terdiferensiasi.

Kontak langsung antar sel dapat menginduksi diferensiasi. Protein yang terikat pada membran pada satu sel berinteraksi dengan protein reseptor pada sel yang berdekatan untuk mengirimkan sinyal. Sel mengeluarkan molekul pensinyalan yang memengaruhi sel di dekatnya, sehingga memengaruhi diferensiasinya.

Matriks ekstraseluler (ECM), yang terdiri dari protein dan polisakarida, memberikan dukungan struktural dan sinyal biokimiawi pada sel. Integrin dan molekul adhesi lainnya memediasi perlekatan sel pada ECM, yang memengaruhi bentuk, migrasi, dan diferensiasi sel.

Mekanisme umpan balik positif dan negatif mengontrol kemajuan diferensiasi. Umpan balik positif menunjukkan bahwa sel yang terdiferensiasi dapat menghasilkan sinyal yang memperkuat identitas mereka, memastikan jenis sel yang stabil. Mekanisme umpan balik negatif membatasi sinyal diferensiasi, mencegah diferensiasi yang berlebihan dan mempertahankan kumpulan sel yang tidak berdiferensiasi.

Seperti yang telah dijelaskan, diferensiasi sel melibatkan serangkaian peristiwa yang sangat kompleks dan terkoordinasi, termasuk regulasi gen yang tepat, transduksi sinyal, dan modifikasi epigenetik. Kompleksitas seperti itu sulit untuk dijelaskan melalui mutasi acak bertahap dan seleksi alam saja. Proses ini membutuhkan integrasi berbagai sistem seluler, seperti faktor transkripsi, jalur sinyal, dan sitoskeleton. Evolusi simultan dari sistem yang saling bergantung ini menimbulkan tantangan yang signifikan terhadap teori evolusi. Selain itu, asal usul sel punca pluripoten tidak dapat dijelaskan dengan

mekanisme evolusi.

Peran modifikasi epigenetik, seperti metilasi DNA dan modifikasi histon, sangat penting dalam diferensiasi. Asal mula mekanisme canggih ini tidak dapat dijelaskan dengan baik oleh teori evolusi, karena memerlukan tingkat presisi dan koordinasi yang tinggi. Heritabilitas tanda epigenetik menambah lapisan kompleksitas lainnya. Mekanisme pembentukan, pemeliharaan, dan pewarisan tanda ini sangat rumit dan membutuhkan penjelasan yang rinci.

Pembentukan dan interpretasi gradien morfogen sangat penting untuk pembentukan pola selama perkembangan. Gradien konsentrasi yang tepat dan kemampuan sel untuk menafsirkan sinyal-sinyal ini secara akurat menunjukkan desain yang cerdas, bukan mutasi acak. Konsep informasi posisi, di mana sel menentukan lokasinya dan berdiferensiasi sesuai dengan itu, membutuhkan sistem komunikasi yang canggih. Asal usul evolusi dari sistem semacam itu tidak dipahami dengan jelas.

Jaringan pengaturan faktor transkripsi yang mengendalikan ekspresi gen selama diferensiasi sangat kompleks. Evolusi inkremental dari jaringan-jaringan ini tidak memiliki dukungan empiris, mengingat perlunya perubahan yang terkoordinasi pada beberapa gen. Mutasi pada faktor transkripsi utama dapat memiliki efek yang luas dan merusak, sehingga sulit untuk membayangkan bagaimana mutasi yang menguntungkan dapat terakumulasi secara bertahap untuk membentuk jaringan regulasi fungsional.

#### ix. Pembentukan Jaringan dan Organ Tubuh

Pembentukan jaringan (histogenesis) adalah proses di mana sel-sel yang terdiferensiasi mengatur diri menjadi jaringan tertentu selama perkembangan embrio.

Proses ini melibatkan spesialisasi sel punca ke dalam berbagai jenis sel, seperti sel otot, sel saraf, dan sel epitel, masing-masing dengan fungsi yang berbeda. Setelah sel berdiferensiasi, mereka mulai mengatur diri mereka sendiri ke dalam struktur kompleks yang

membentuk jaringan dasar tubuh. Jaringan ini meliputi jaringan epitel, ikat, otot, dan saraf, yang masing-masing berkontribusi pada keseluruhan struktur dan fungsi organ.

Komunikasi seluler dan jalur pensinyalan memainkan peran penting dalam memandu sel ke lokasi yang benar dan memastikan mereka berinteraksi dengan tepat. Histogenesis diatur dengan ketat, karena kesalahan dalam pengaturan sel dapat menyebabkan kelainan perkembangan atau penyakit. Selama proses ini, sel melekat satu sama lain, bermigrasi ke daerah tertentu, dan mengalami perubahan morfologi untuk membentuk struktur jaringan fungsional. Selesaiannya histogenesis menghasilkan pembentukan jaringan yang berkembang sempurna yang mampu menjalankan fungsi-fungsi khusus. Proses ini sangat penting bagi perkembangan organ dan organisasi tubuh secara keseluruhan.

Pembentukan organ (*organogenesis*) mengikuti histogenesis, di mana jaringan diorganisasikan menjadi unit-unit fungsional. Selama *organogenesis*, tiga lapisan kuman - ektoderm, mesoderm, dan endoderm - berinteraksi dan berdiferensiasi lebih lanjut untuk membentuk organ-organ tertentu. Ektoderm terutama membentuk organ-organ seperti otak dan sumsum tulang belakang, sedangkan mesoderm memunculkan jantung, ginjal, dan otot rangka. Endoderm membentuk struktur internal seperti paru-paru dan hati.

*Organogenesis* melibatkan jalur pensinyalan yang kompleks dan regulasi genetik untuk memastikan organ berkembang di lokasi yang tepat dan dengan fungsi yang tepat. Selama *organogenesis*, sel bermigrasi, berkembang biak, dan mengalami apoptosis yang diperlukan untuk membentuk organ yang sedang berkembang. Jalur pensinyalan Notch sangat penting dalam menentukan nasib sel dan menjaga keseimbangan antara proliferasi dan diferensiasi sel. Pensinyalan Wnt berkontribusi pada pola dan morfogenesis organ, memastikan bahwa jaringan berkembang di lokasi dan proporsi yang benar. Gangguan pada pensinyalan ini dapat menyebabkan cacat bawaan atau perkembangan organ yang tidak normal. Proses ini sangat

penting untuk membentuk anatomi dan fisiologi tubuh secara keseluruhan.

Saat organ tubuh berkembang, berbagai jenis jaringan berintegrasi dan berfungsi bersama. Sebagai contoh, organ seperti jantung terdiri dari jaringan otot, jaringan ikat, dan jaringan saraf, yang semuanya penting untuk fungsinya. Perkembangan organ-organ ini dipandu oleh jalur pensinyalan yang kompleks yang memastikan sel-sel bermigrasi ke lokasi yang benar, berdiferensiasi dengan tepat, dan membentuk struktur yang benar.

Teori evolusi yang menjelaskan pembentukan jaringan dan organ tubuh menghadapi tantangan yang signifikan. Kompleksitas jaringan dan organ tubuh terlalu besar untuk dijelaskan dengan proses evolusi bertahap, langkah demi langkah. Banyak jaringan dan organ yang menunjukkan 'kompleksitas yang tidak dapat direduksi,' yang berarti terdiri dari beberapa bagian yang saling bergantung yang tidak dapat berfungsi jika ada bagian yang hilang. Struktur kompleks seperti itu tidak mungkin berevolusi secara bertahap, karena struktur tersebut tidak akan berfungsi pada tahap menengah.

Teori evolusi menyatakan bahwa struktur baru, seperti jaringan dan organ, muncul melalui modifikasi bertahap dari struktur yang sudah ada. Namun, hal ini tidak cukup menjelaskan asal-usul struktur yang sama sekali baru yang tidak memiliki prekursor yang jelas. Sebagai contoh, perkembangan organ-organ yang kompleks seperti otak atau sistem kekebalan tubuh dianggap sulit untuk dijelaskan melalui perubahan-perubahan kecil dan bertahap.

Informasi genetik yang diperlukan untuk membangun dan mengatur jaringan dan organ sangat luas dan sangat spesifik, dan tidak mungkin informasi yang mendetail seperti itu muncul melalui mutasi acak.

Faktor epigenetik, yang memengaruhi ekspresi gen tanpa mengubah urutan DNA, memainkan peran penting dalam perkembangan jaringan dan organ. Teori evolusi, yang terutama menekankan pada mutasi genetik, tidak sepenuhnya menjelaskan kompleksitas tambahan yang diperkenalkan oleh regulasi epigenetik. Teori ini juga gagal dalam

menjelaskan bagaimana sistem biologis yang kompleks (yang terdiri dari berbagai jaringan dan organ yang saling berinteraksi) dapat berevolusi secara independen dan kemudian berintegrasi untuk berfungsi secara kohesif sebagai organisme yang terpadu.

#### x. Pembentukan Organisme Multiseluler

Setelah organ-organ tubuh terbentuk, mereka harus diintegrasikan ke dalam suatu organisme yang kohesif dan berfungsi dengan baik. Integrasi ini dicapai melalui pengaturan spasial organ-organ di dalam tubuh, di mana setiap organ menempati lokasi tertentu yang memungkinkannya untuk berinteraksi dengan organ dan sistem lain. Sebagai contoh, sistem peredaran darah, yang meliputi jantung dan pembuluh darah, harus terhubung dengan baik ke sistem lain seperti sistem pernapasan dan pencernaan untuk mendukung kehidupan.

Selama proses ini, sel-sel di dalam jaringan dan organ terus berspesialisasi dan beradaptasi dengan peran mereka, sebuah proses yang dikenal sebagai diferensiasi fungsional. Hal ini memastikan bahwa setiap bagian dari organisme menjalankan fungsi yang telah ditetapkan secara efektif. Koordinasi dan interaksi antara berbagai organ dan sistem yang berbeda sangat penting untuk menjaga kesehatan dan fungsi organisme multiseluler secara keseluruhan, yang memungkinkannya untuk bertahan hidup, tumbuh, dan berkembang biak. Penjelasan evolusioner tentang pembentukan organisme multiseluler dari organ melibatkan penanganan beberapa tantangan dan kompleksitas utama:

Pembentukan organisme multiseluler dari organ memerlukan tingkat integrasi dan koordinasi yang sangat tinggi di antara berbagai sistem. Proses evolusi yang dapat mengarah pada pengembangan simultan dan fungsi yang mulus dari berbagai sistem organ sulit untuk dijelaskan.

Organ dan sistem dalam organisme multiseluler sangat saling bergantung, yang berarti fungsi satu sistem sering kali bergantung pada berfungsinya sistem lainnya. Penjelasan evolusi harus menjelaskan

perkembangan simultan dari berbagai organ dan sistem yang berbeda, masing-masing dengan fungsi dan saling ketergantungan yang spesifik, dan menjelaskan bagaimana sistem yang kompleks ini berevolusi dengan cara yang terkoordinasi dan selangkah demi selangkah. Bentuk-bentuk peralihan dengan sistem yang berkembang secara parsial tidak akan memberikan keuntungan yang cukup untuk disukai oleh seleksi alam.

Ada kelangkaan bentuk transisi yang jelas dalam catatan fosil yang menggambarkan evolusi bertahap dari organisme multiseluler sederhana menjadi organisme kompleks dengan organ-organ yang terbentuk sempurna. Kesenjangan ini menyulitkan untuk melacak jalur evolusi yang mengarah pada pengembangan struktur yang kompleks.

Koordinasi yang tepat dari ekspresi gen dan jalur perkembangan yang diperlukan untuk pembentukan dan integrasi organ menghadirkan tantangan yang signifikan. Kesalahan kecil dalam proses ini dapat menyebabkan gangguan perkembangan, sehingga menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana sistem yang begitu rumit dapat berevolusi secara bertahap.

Perkembangan organisme multiseluler yang kompleks membutuhkan mekanisme yang kuat untuk menangani kesalahan dan variasi. Penjelasan evolusioner harus menjelaskan bagaimana sistem penanganan kesalahan ini berevolusi dan bagaimana sistem ini memastikan stabilitas dan ketepatan pembentukan dan fungsi organ.

### **b. Dapatkah Evolusi Menjelaskan Asal Usul Kehidupan?**

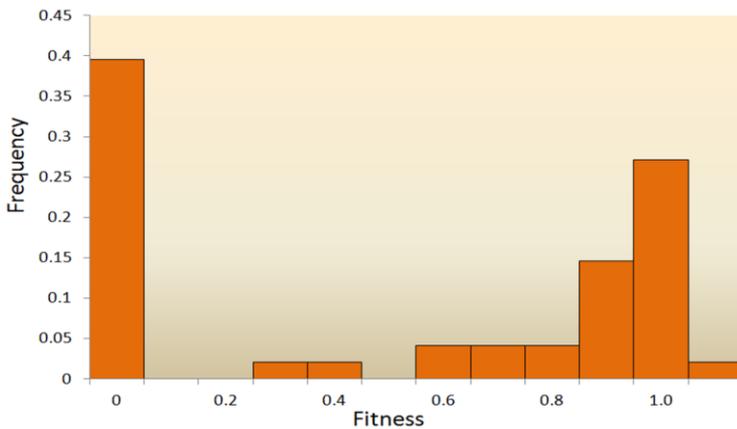
Pada bagian sebelumnya, kita telah membahas asal mula kehidupan, menelusuri perkembangannya dari pembentukan asam amino, RNA, protein, DNA, sel prokariotik, sel eukariotik, jaringan, dan organ, yang pada akhirnya mengarah ke organisme multiseluler. Proses-proses ini tidak dapat disangkal telah berkembang dengan cara yang diarahkan dan dipandu menuju satu tujuan tunggal-pembentukan organisme hidup.

Hal ini memunculkan sebuah pertanyaan penting: Dapatkah evolusi,

yang berjalan melalui proses yang tidak terarah dan acak, menjelaskan perkembangan yang kompleks dan asal mula kehidupan? Para ilmuwan evolusi telah mengajukan berbagai teori untuk menjawab pertanyaan ini. Teori-teori utama evolusi meliputi seleksi alam, mutasi, penyimpangan genetik, dan perpindahan gen secara horizontal. Mari kita lihat secara singkat masing-masing teori ini.

Seleksi alam adalah proses di mana individu dengan sifat-sifat yang menguntungkan bertahan hidup dan bereproduksi dengan lebih sukses, sehingga sifat-sifat tersebut menjadi lebih umum dalam suatu populasi selama beberapa generasi. Seleksi alam bekerja pada variasi yang ada pada organisme hidup. Dengan demikian, asal usul kehidupan dan pembentukan blok bangunan fundamentalnya (asam amino, RNA, protein, DNA) dan struktur (sel, jaringan, organ, dan organisme multiseluler) memerlukan penjelasan di luar seleksi alam, karena proses ini tidak memiliki prasyarat yang diperlukan (replikasi dan fungsionalitas) agar seleksi dapat bekerja.

Mutasi adalah perubahan acak pada DNA suatu organisme yang dapat menyebabkan variasi genetik, yang terkadang mengarah pada sifat atau adaptasi baru. Mutasi menghadapi tantangan karena sebagian besar mutasi bersifat berbahaya atau netral, bukan menguntungkan, sehingga mutasi yang menguntungkan tidak mungkin terjadi cukup sering untuk mendorong perubahan evolusioner yang signifikan. Sebagai contoh, sebuah studi tentang distribusi efek kebugaran (DFE) dari mutasi acak pada virus stomatitis vesikular menggambarkan masalah ini. Dari semua mutasi, 39,6% bersifat mematikan, 31,2% bersifat tidak mematikan, dan 27,1% bersifat netral.



Gbr. 3.6. Distribusi efek kebugaran

Jika nukleotida disisipkan atau dihapus (menyebabkan mutasi pergeseran basa), atau jika kodon penghenti dibuat atau dihilangkan oleh mutasi, maka akan dihasilkan protein yang tidak berfungsi. Ini adalah alasan utama mengapa, dengan mempertimbangkan banyaknya jumlah asam amino dalam protein organisme hidup (misalnya, dari 20 hingga 33.000 pada protein manusia), kemungkinan terjadinya evolusi makro melalui mutasi acak seperti itu tidak mungkin terjadi (lihat Bagian 'd' pada Bab ini untuk lebih jelasnya). Selain itu, mutasi acak tidak dapat menjelaskan kemunculan awal kehidupan dari benda mati.

Pergeseran genetik bergantung pada perubahan acak pada frekuensi alel, yang mungkin tidak cukup menjelaskan kompleksitas adaptasi yang diamati pada organisme. Penyimpangan genetik lebih terlihat pada populasi kecil, sehingga dampaknya kurang relevan pada populasi yang lebih besar di mana sebagian besar evolusi terjadi. Selain itu, ia tidak memiliki kekuatan pengarah yang diperlukan untuk menjelaskan perkembangan struktur dan sistem yang sangat terorganisir. Selain itu, penyimpangan genetik tidak dapat menghasilkan informasi atau fungsi baru, sehingga gagal menjelaskan kemunculan sifat-sifat baru atau asal-usul fitur biologis yang kompleks.

Transfer gen horizontal (HGT) adalah pemindahan materi genetik antara organisme yang tidak berhubungan, bukan melalui pewarisan, yang berkontribusi pada variasi genetik. HGT menghadapi masalah ketika menjelaskan sifat-sifat kompleks pada organisme multiseluler karena peran HGT terbatas terutama pada prokariota, dengan dampak yang lebih kecil pada organisme yang lebih tinggi. Integrasi gen asing ke dalam genom inang sering kali membutuhkan mekanisme pengaturan yang tepat, yang tidak mungkin berevolusi secara bersamaan. Selain itu, HGT dapat menyebabkan ketidakstabilan genetik, yang berpotensi menyebabkan mutasi yang berbahaya. Sifat acak dari akuisisi gen melalui HGT juga menimbulkan pertanyaan tentang kemampuannya untuk menghasilkan adaptasi yang terkoordinasi dan fungsional. HGT tidak menjelaskan asal-usul gen baru, melainkan hanya memindahkan gen yang sudah ada, sehingga gagal untuk mengatasi munculnya sifat-sifat baru.

Tabel berikut ini merangkum penerapan teori evolusi pada biogenesis dan proses genetik.

Teori evolusi	Dapatkah Anda menjelaskan biogenesis?	Dapatkah Anda menjelaskan pembentukan RNA, protein, DNA?	Adaptasi genetik, bukan evolusi?
Seleksi alam	Tidak.	Tidak.	Ya.
Mutasi	Tidak.	Tidak.	Ya.
Pergeseran genetik	Tidak.	Tidak.	Ya.
HGT	Tidak.	Tidak.	N/A

Tabel 3.2. Teori evolusi: penerapan pada biogenesis dan genetika (\*: lihat bagian selanjutnya untuk adaptasi genetik)

Seperti yang ditunjukkan pada tabel, teori evolusi utama gagal menjelaskan asal usul kehidupan di Bumi dan mekanisme di balik pembentukan komponen biologis mendasar seperti RNA, protein, dan

DNA. Hal ini menunjukkan bahwa model-model evolusi yang diterapkan pada sel, jaringan, organ, dan bentuk-bentuk kehidupan yang ada saat ini bukan merupakan penjelasan yang benar mengenai asal-usul atau evolusi kehidupan itu sendiri. Alih-alih membahas kemunculan kehidupan dari materi tak hidup, teori-teori ini hanya menjelaskan bagaimana kehidupan berkembang ketika blok-blok pembangun penting-RNA, protein, dan DNA-sudah ada, seperti halnya merinci proses perakitan mobil atau konstruksi bangunan tanpa menjelaskan bagaimana bahan baku dan bagian-bagiannya muncul.

Teori evolusi yang diterapkan pada organisme hidup terutama menggambarkan proses genetik dan biokimia yang memungkinkan mereka untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah. Namun, adaptasi dan perilaku ini tidak diciptakan secara baru oleh evolusi, melainkan sudah dikodekan dalam informasi genetik mereka. Dengan adanya keterbatasan ini, teori evolusi akan lebih tepat disebut sebagai 'Teori adaptasi genetik' (lihat bagian selanjutnya), karena teori-teori ini terutama membahas cara-cara organisme menyesuaikan diri dengan tekanan lingkungan melalui mekanisme genetik yang sudah ada sebelumnya.

Terlepas dari keterbatasan kritis ini, teori evolusi telah dipromosikan secara berlebihan, menciptakan kesalahpahaman yang meluas. Banyak orang yang secara keliru percaya bahwa teori ini dapat menjelaskan transisi dari materi tak hidup ke organisme hidup dan perkembangan bentuk kehidupan yang kompleks.

Untuk membangun sebuah bangunan, kita membutuhkan cetak biru, bahan bangunan, dan fondasi yang kuat untuk memulainya. Teori evolusi mirip dengan mencoba membangun sebuah bangunan tanpa cetak biru (arah), bahan bangunan (RNA, protein, DNA), dan fondasi (asal mula kehidupan). Tanpa semua itu, bangunan tidak dapat dibangun.

Seperti halnya kita mengakui bahwa cetak biru sebuah bangunan dirancang oleh seorang arsitek, kita juga harus mengakui bahwa semua organisme hidup dirancang dan diciptakan oleh Tuhan, Sang Pencipta.

### c. Teori Darwin: Teori Evolusi atau Teori Adaptasi Genetik?

Evolusi secara umum dikategorikan menjadi dua jenis: evolusi mikro dan evolusi makro. Evolusi mikro mengacu pada perubahan skala kecil dalam suatu spesies dari waktu ke waktu. Perubahan ini dapat diamati dalam rentang waktu yang singkat dan sering kali melibatkan adaptasi terhadap lingkungan. Di sisi lain, makroevolusi melibatkan perubahan skala besar yang terjadi dalam periode geologis yang panjang, yang mengarah pada pembentukan spesies baru dan kelompok taksonomi yang lebih luas.

Para ahli biologi evolusi mengusulkan bahwa mekanisme utama untuk evolusi makro adalah akumulasi dari berbagai perubahan mikro dari waktu ke waktu. Orang-orang setuju bahwa ada bukti evolusi mikro, tetapi tidak ada bukti yang meyakinkan tentang evolusi makro. Jika Darwinisme disebut sebagai teori evolusi, maka ia harus menunjukkan bukti-bukti evolusi makro. Bukti yang paling meyakinkan tentang evolusi makro adalah keberadaan spesies transisi. Bab 6 (Kesulitan untuk Teori) dari buku Darwin 'On the Origin of Species', tertulis "mengapa, jika spesies turun dari spesies lain dengan gradasi yang sangat halus, tidakkah kita melihat bentuk-bentuk transisi yang tak terhitung banyaknya?". Kurangnya bukti untuk spesies transisi ini sering disebut sebagai 'dilema Darwin'.

Fosil-fosil yang sering dilabeli sebagai 'peralihan' bisa jadi merupakan variasi dalam suatu spesies atau bentuk yang sama sekali tidak terkait. Ambiguitas ini menyulitkan untuk mengidentifikasi secara pasti bentuk-bentuk peralihan yang sebenarnya. Sebagai contoh, Tiktaalik secara luas dianggap sebagai fosil peralihan dan dianggap sebagai salah satu penemuan paling signifikan dalam studi evolusi vertebrata. Namun, makalah Nature yang diterbitkan oleh Niedzwiedzki dkk. mengungkapkan jejak tetrapoda yang terawatkan dengan baik yang mendahului Tiktaalik sekitar 18 juta tahun. Jejak yang ditemukan menunjukkan bahwa tetrapoda yang telah berkembang sempurna telah berjalan di daratan jauh lebih awal dari yang diyakini

sebelumnya. Karena Tiktaalik berasal dari sekitar 375 juta tahun yang lalu, keberadaan jejak tetrapoda yang lebih tua menantang perannya sebagai bentuk transisi langsung antara ikan dan tetrapoda.

Jika tidak ada bukti yang meyakinkan untuk spesies transisi, teori Darwin salah nama dan seharusnya disebut teori adaptasi genetik daripada teori evolusi. Alasannya terkait dengan siklus Milankovitch, yang memengaruhi pola iklim dan telah berperan dalam membentuk adaptasi genetik dari waktu ke waktu.

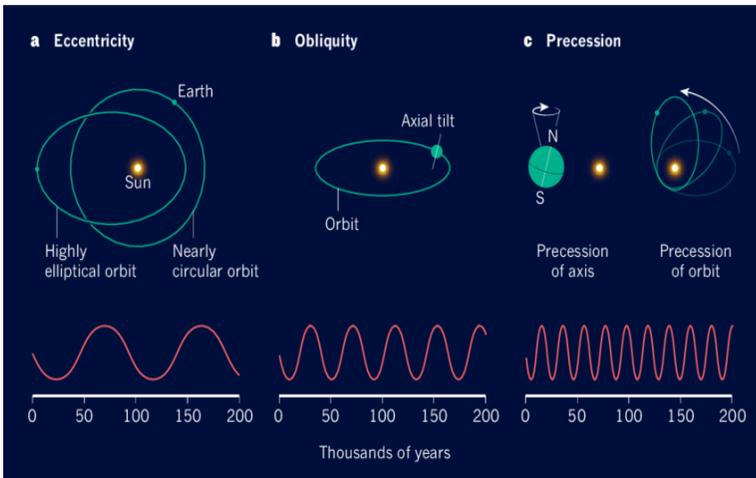
- **Siklus Milankovitch**

Eksentrisitas Bumi berfluktuasi dari hampir melingkar menjadi lebih elips dalam siklus 100.000 tahun. Perubahan eksentrisitas mempengaruhi pola iklim, yang berkontribusi pada waktu periode glasial dan interglasial.

Kemiringan aksial (obliquity) Bumi bervariasi antara 22,1 derajat dan 24,5 derajat dalam siklus 41.000 tahun. Kemiringan ini memengaruhi distribusi radiasi matahari antara khatulistiwa dan kutub, mempengaruhi intensitas musim dan memainkan peran penting dalam pola iklim jangka panjang dan dinamika zaman es .

Presesi sumbu rotasi Bumi melibatkan perubahan orientasi sumbu secara bertahap selama siklus 26.000 tahun. Goyangan ini menyebabkan waktu musim bergeser relatif terhadap posisi Bumi di orbitnya. Mekanisme ini mengubah intensitas dan waktu musim, yang berdampak pada sistem iklim Bumi secara keseluruhan.

Efek gabungan dari perubahan eksentrisitas, kemiringan aksial, dan presesi sumbu rotasi secara kolektif dikenal sebagai siklus Milankovitch. Siklus ini menyebabkan perubahan iklim global jangka panjang. Gurun Sahara adalah contoh yang baik dari perubahan iklim. Selama periode peningkatan radiasi matahari, Gurun Sahara mengalami lebih banyak curah hujan, mengubahnya menjadi lanskap yang subur dan hijau dengan danau dan sungai. Sebaliknya, radiasi matahari yang menurun mengakibatkan kondisi gersang, mengubah wilayah tersebut menjadi gurun yang luas seperti yang terlihat saat ini.

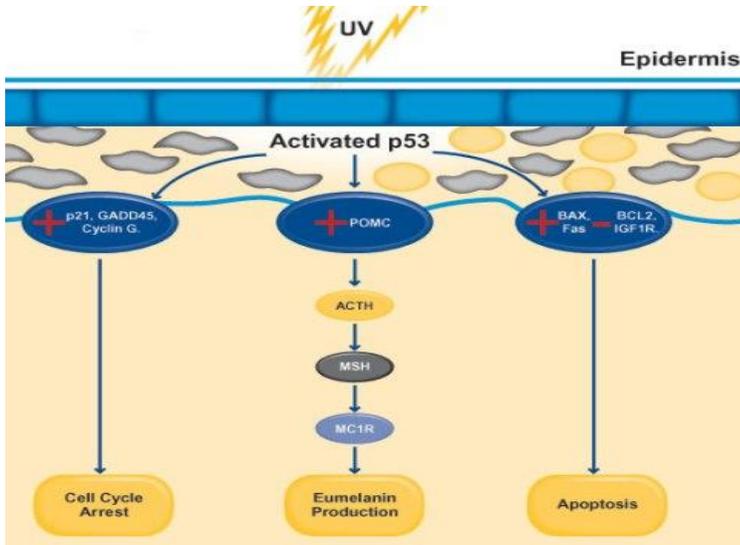


Gbr. 3.7. Komponen-komponen siklus Milankovitch

Ketika perubahan tersebut terjadi, semua organisme hidup di Bumi menyesuaikan tubuh mereka dengan lingkungan yang berubah melalui adaptasi genetik. Mekanisme yang luar biasa ini, yang dikodekan dalam DNA, memungkinkan organisme untuk bertahan hidup dalam waktu yang lama tanpa punah. Meskipun para evolusionis secara tradisional menyebut kemampuan beradaptasi ini sebagai 'evolusi', namun klasifikasi seperti itu menyesatkan; seharusnya secara lebih akurat dan ilmiah disebut sebagai 'adaptasi genetik'. Izinkan saya mengilustrasikan beberapa contoh yang dapat mendukung konsep 'teori adaptasi genetik'.

- **Adaptasi Genetik terhadap radiasi UV**

Jika kulit manusia terpapar radiasi UV yang kuat akibat perubahan iklim, mekanisme kompleks yang melibatkan beberapa protein dan hormon memicu peningkatan produksi melanin melalui aktivasi gen tertentu.



Gbr. 3.8. Mekanisme produksi melanin

Radiasi UV menyebabkan kerusakan DNA pada sel kulit. Kerusakan ini mengaktifkan protein p53, yang merupakan pengatur penting respon sel terhadap stres dan kerusakan. Protein p53 yang teraktivasi bertindak sebagai faktor transkripsi, mendorong ekspresi berbagai gen yang terlibat dalam respons perlindungan terhadap kerusakan akibat sinar UV. P53 menstimulasi ekspresi gen pro-opiomelanocortin (POMC). POMC adalah polipeptida prekursor yang dapat dipecah menjadi beberapa peptida yang lebih kecil dengan fungsi yang berbeda. POMC diproses menjadi beberapa peptida, termasuk hormon adrenokortikotropik (ACTH) dan hormon perangsang melanosit (MSH).

MSH berikatan dengan reseptor melanocortin 1 (MC1R) pada permukaan melanosit, sel yang bertanggung jawab untuk memproduksi melanin. Pengikatan MSH ke MC1R mengaktifkan reseptor, yang memicu kaskade pensinyalan di dalam melanosit. Aktivasi MC1R menyebabkan peningkatan regulasi gen yang terlibat dalam sintesis melanin. Melanosit meningkatkan produksi melanin, pigmen yang menyerap dan menghilangkan radiasi UV, sehingga melindungi DNA sel kulit dari kerusakan lebih lanjut yang disebabkan

oleh sinar UV.

Melanin dikemas ke dalam melanosom, yang kemudian diangkut ke keratinosit, jenis sel yang dominan di lapisan luar kulit. Melanin membentuk tutup pelindung di atas inti keratinosit, yang secara efektif melindungi DNA dari radiasi UV.

Ini adalah salah satu contoh adaptasi gen dalam menanggapi perubahan lingkungan dalam waktu yang relatif singkat.

- **Adaptasi Genetik terhadap Lingkungan Arktik**

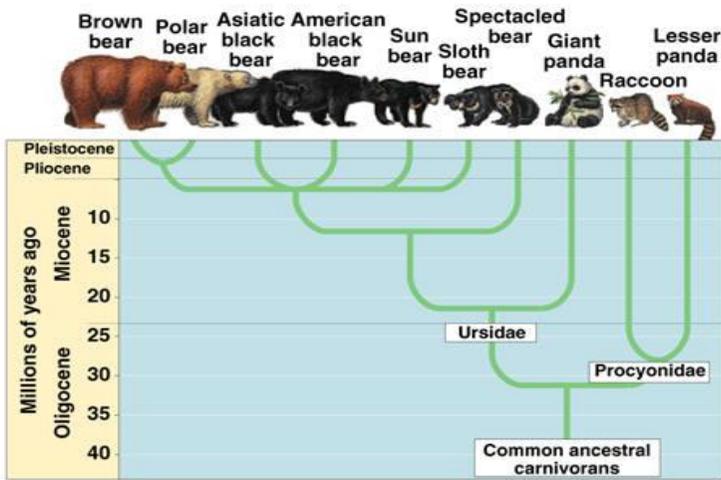
Suku Inuit telah mengembangkan adaptasi genetik yang memungkinkan mereka berkembang di lingkungan Arktik yang keras. Adaptasi utama termasuk varian dalam klaster gen fatty acid desaturase (FADS), yang meningkatkan kemampuan mereka untuk memetabolisme asam lemak omega-3 dan omega-6 dari makanan tradisional mamalia laut yang berlemak tinggi. Selain itu, perubahan genetik pada gen carnitine palmitoyltransferase 1A (CPT1A) meningkatkan produksi energi dari lemak, yang sangat penting untuk menjaga panas tubuh. Adaptasi ini mengurangi risiko penyakit kardiovaskular meskipun diet tinggi lemak. Selain itu, adaptasi pada gen yang mengatur aktivitas lemak coklat meningkatkan termogenesis, membantu orang Inuit menghasilkan panas dan mempertahankan suhu tubuh dalam cuaca yang sangat dingin. Adaptasi genetik ini secara kolektif mendukung kelangsungan hidup mereka dalam kondisi cuaca dingin. Perubahan ini tampaknya berasal dari setidaknya 20.000 tahun yang lalu, ketika nenek moyang Inuit tinggal di sekitar Selat Bering antara Rusia dan Alaska. Ini adalah contoh lain dari adaptasi genetik terhadap lingkungan yang berubah.



Gbr. 3.9. Orang Inuit yang gennya beradaptasi dengan lingkungan dingin

- Beruang Coklat menjadi Beruang Kutub melalui Adaptasi Genetik

Transisi dari beruang coklat ke beruang kutub adalah contoh yang baik dari adaptasi genetik yang didorong oleh tekanan lingkungan. Sekitar 400.000 tahun yang lalu, populasi beruang coklat terisolasi di Kutub Utara, di mana mereka menghadapi berbagai tantangan untuk bertahan hidup. Perubahan genetik yang memberikan keuntungan di lingkungan yang keras dan dingin secara alami dipilih dari waktu ke waktu.



Gbr. 3.10. Beruang coklat dan beruang kutub

Adaptasi utama meliputi perubahan gen yang berkaitan dengan metabolisme lemak, seperti gen apolipoprotein B (APOB), yang meningkatkan kemampuan untuk memproses makanan tinggi lemak dari anjing laut, sumber makanan utama mereka. Adaptasi pada gen seperti reseptor endotelin tipe B (EDNRB) dan tidak ada pada melanoma 1 (AIM1) juga menyebabkan perkembangan bulu putih, yang memberikan kamuflase terhadap salju dan es. Selain itu, perubahan genetik yang memengaruhi struktur kerangka dan morfologi anggota tubuh beruang meningkatkan kemampuan berenang mereka, yang sangat penting untuk berburu di perairan Kutub Utara.

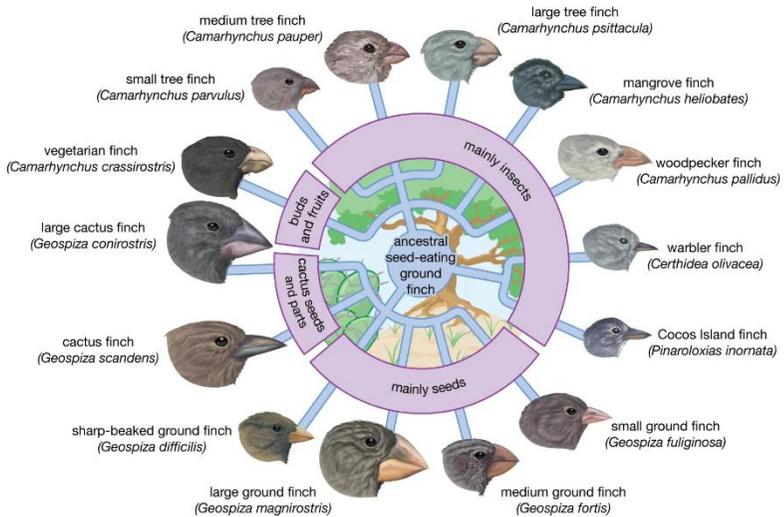
Adaptasi genetik ini memungkinkan beruang kutub untuk mengeksploitasi sumber daya Arktik secara efisien, bertahan hidup dalam cuaca dingin yang ekstrem, dan menjadi berbeda dari nenek moyang beruang coklat mereka. Penting untuk dicatat bahwa meskipun telah terjadi perubahan genetik selama 400.000 tahun, mereka tetaplah beruang dan tidak bertransformasi menjadi spesies yang berbeda.

- **Perubahan Paruh pada Burung Finch melalui Adaptasi Genetik**

Perubahan ukuran dan bentuk paruh pada kutilang Darwin merupakan contoh klasik adaptasi genetik dalam menanggapi tekanan lingkungan. Di Kepulauan Galapagos, burung kutilang telah mengubah berbagai bentuk paruh untuk mengeksploitasi sumber makanan yang berbeda. Selama periode kekeringan, ketika biji-bijian keras merupakan sumber makanan utama, burung kutilang dengan paruh yang lebih besar dan lebih kuat lebih mungkin memiliki keunggulan selektif dan berkembang biak. Sebaliknya, ketika lingkungan bergeser ke makanan yang lebih lunak, burung finch dengan paruh yang lebih kecil dan lebih lincah memiliki keunggulan selektif. Adaptasi ini merupakan hasil dari perubahan gen tertentu, seperti gen *aristaless-like homeobox 1 (ALX1)*, yang memengaruhi bentuk paruh, dan gen kelompok mobilitas tinggi *AT-hook 2 (HMGA2)*, yang memengaruhi ukuran paruh.

Perubahan lingkungan mempengaruhi variasi genetik ini, sehingga menghasilkan keragaman bentuk paruh yang sesuai dengan ceruk ekologi yang berbeda. Selama beberapa generasi, adaptasi genetik ini memungkinkan burung kutilang untuk mengeksploitasi sumber daya yang tersedia secara efisien, menunjukkan bagaimana perubahan genetik dapat mendorong bentuk dan ukuran paruh yang beragam sebagai respons terhadap tantangan lingkungan. Burung kutilang telah hidup di Kepulauan Galapagos selama sekitar 2 juta tahun. Meskipun dalam kurun waktu yang panjang ini, mereka tetap menjadi burung kutilang dan tidak bertransformasi menjadi spesies yang berbeda (tidak ada makroevolusi).

## Adaptive radiation in Galapagos finches



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Gbr. 3.11. Paruh burung kutilang Galapagos

Kesimpulannya, 'teori evolusi' Darwin seharusnya disebut 'teori adaptasi genetik', karena tidak ada bukti yang meyakinkan tentang evolusi makro. Mikroevolusi mengacu pada perubahan skala kecil dalam frekuensi alel dalam suatu populasi dari waktu ke waktu, sementara adaptasi genetik secara khusus menggambarkan perubahan yang meningkatkan kemampuan organisme untuk bertahan hidup dan berkembang biak di lingkungannya. Oleh karena itu, ketika merujuk pada perubahan yang meningkatkan kelangsungan hidup, istilah 'adaptasi genetik' tidak hanya lebih tepat tetapi juga akurat secara ilmiah, tidak seperti istilah 'evolusi' yang sering disalahgunakan.

### d. Apakah Kita Berevolusi dari Kera?

Para ahli antropologi berpendapat bahwa evolusi manusia dimulai dari Hominoidea sekitar 20,4 juta tahun yang lalu. Hominoidea terpecah menjadi Hominidae dan Hylobatidae (owa). Hominidae kemudian terpecah menjadi Homininae dan Ponginae (orangutan).

Homininae kemudian terbagi lagi menjadi Hominini dan Gorillini (gorila). Hominini terpecah menjadi Hominina (Australopithecina) dan Panina (simpanses). Hominina akhirnya menyimpang menjadi Australopithecus dan Ardipithecus. Manusia berevolusi dari Australopithecus sekitar 2,5 juta tahun yang lalu melalui Homo habilis, Homo erectus, dan Homo sapiens.



Gbr. 3.12. Apakah kita berevolusi dari kera?

Mari kita bahas apakah manusia bisa berevolusi dari Australopithecus (kera) melalui perubahan genetik selama 2,5 juta tahun terakhir. Peta genetik manusia sudah ada, tapi tidak ada peta genetik yang tersedia untuk Australopithecus. Lucy, Australopithecus yang paling terkenal, memiliki ukuran otak yang sebanding dengan simpanses modern. Oleh karena itu, mari kita asumsikan bahwa gen Australopithecus mirip dengan simpanses. Urutan DNA manusia dan simpanses berbeda sekitar 1,23% karena polimorfisme nukleotida tunggal (SNP), yaitu perubahan pasangan basa tunggal dalam urutan DNA. Ketika mempertimbangkan penyisipan dan penghapusan (indel) pasangan basa dalam genom, perbedaan total meningkat. Indel adalah segmen DNA yang ada pada satu spesies tetapi tidak ada pada spesies lainnya. Hal ini dapat menyumbang 3% perbedaan tambahan dalam genom. Secara keseluruhan, meski manusia dan simpanses memiliki sekitar 98-99% urutan DNA yang sama, perbedaan 1-2% yang tersisa, bersama dengan variasi regulasi gen, menjelaskan perbedaan fisik, kognitif, dan perilaku yang signifikan di antara kedua spesies.

Diketahui bahwa tingkat mutasi pada simpanses adalah sekitar 1

mutasi per 100 juta pasangan basa per generasi, sebanding dengan tingkat mutasi pada manusia. Jika kita mengasumsikan bahwa satu generasi Australopithecus adalah 25 tahun, maka 100.000 generasi akan berlalu dalam 2,5 juta tahun. Selama periode ini, tingkat mutasi total adalah 0,1% ( $100.000 / 100 \text{ juta}$ ). Tingkat mutasi ini hanya 10% dari perbedaan genetik antara manusia dan simpanse. Dengan demikian, tampaknya tidak mungkin Australopithecus dapat berevolusi menjadi manusia dalam waktu 2,5 juta tahun. Perkiraan ini mengasumsikan bahwa semua mutasi menguntungkan, meskipun sebagian besar mutasi berbahaya.

Argumen ini juga dapat diperiksa dengan mempertimbangkan perubahan kodon melalui mutasi genetik acak. Manusia dan simpanse memiliki sekitar 20.000 hingga 25.000 gen pengkode protein. Karena adanya penyambungan alternatif dan modifikasi pasca-translasi, setiap gen dapat menghasilkan beberapa varian protein, menghasilkan sekitar 80.000 hingga 100.000 protein fungsional yang unik. Jumlah asam amino dalam protein manusia berkisar antara 20 hingga 33.000. Dengan asumsi bahwa 1% gen berbeda antara manusia dan simpanse, dan kedua spesies memiliki 20.000 gen pengkode protein dengan rata-rata 100 asam amino per protein, kami memperkirakan bahwa setiap protein pada simpanse membutuhkan satu mutasi asam amino agar sesuai dengan protein pada manusia.

Agar mutasi ini dapat terjadi pada DNA simpanse, mereka harus menghindari mutasi kodon menjadi kodon stop (UAA, UAG, UGA) di antara 64 kodon yang mungkin terjadi karena perubahan ini akan menghasilkan protein yang tidak berfungsi. Probabilitas untuk mencapai tingkat mutasi 1% pada 20.000 protein tanpa bermutasi menjadi kodon penghenti dan kodon simpanse sendiri adalah  $(60/64)^{20000} = 10^{-561}$ . Bahkan tanpa mempertimbangkan mutasi pergeseran basa (penyisipan atau penghapusan nukleotida), probabilitas ini sangat rendah dan secara praktis tidak mungkin terjadi secara acak. Argumen ini menunjukkan bahwa perubahan makroevolusi, seperti transisi dari Australopithecus ke manusia,

hampir tidak mungkin terjadi melalui mutasi acak.

#### e. Desain Cerdas

Desain cerdas, yang sering dianggap identik dengan kreasionisme, adalah teori ilmiah yang menyatakan bahwa alam semesta dan organisme hidup paling baik dijelaskan oleh suatu penyebab yang cerdas, bukan oleh proses yang tidak terarah seperti seleksi alam atau proses acak. Sebuah kasus penting yang berkaitan dengan desain cerdas adalah persidangan pengadilan federal tahun 2005 yang diadakan di Dover, Pennsylvania, Amerika Serikat. Persidangan ini dimulai ketika para orang tua mengajukan gugatan yang menyatakan bahwa pengajaran desain cerdas di sekolah-sekolah umum melanggar Konstitusi. Para orang tua berargumen bahwa desain cerdas pada dasarnya bersifat religius dan bahwa mengajarkannya di sekolah-sekolah umum bertentangan dengan Klausul Pembentukan Konstitusi AS, yang mengamanatkan pemisahan antara gereja dan negara.

Selama persidangan, para pendukung desain cerdas dan evolusi menyampaikan argumen masing-masing. Tokoh terkemuka yang mewakili desain cerdas adalah ahli biokimia Michael Behe, yang menyatakan bahwa struktur kompleks organisme hidup tidak dapat dijelaskan oleh seleksi alam saja dan menyarankan kemungkinan bahwa fitur-fitur tertentu dibentuk oleh penyebab cerdas.

Namun, pengadilan menolak argumen Behe dan para pendukung desain cerdas lainnya, dan sebaliknya menerima posisi pendukung evolusi. Hakim memutuskan bahwa pengajaran desain cerdas tidak konstitusional, dan dengan demikian menganggap pengajaran desain cerdas di sekolah-sekolah umum di Dover adalah ilegal.

Masalah utama dari keputusan ini terletak pada penerimaan pengadilan yang tidak kritis terhadap argumen-argumen yang dibuat oleh para pendukung evolusi dan makalah-makalah ilmiah terkait. Makalah-makalah ini secara implisit mengasumsikan bahwa kehidupan muncul secara kebetulan, dan salah mengartikan adaptasi genetik terhadap lingkungan sebagai bukti evolusi. Namun, seperti yang

dirangkum dalam Tabel 3.2, teori evolusi hanya berlaku untuk organisme hidup yang sudah ada dan tidak dapat menjelaskan asal-usul kehidupan. Selain itu, teori evolusi hanya menjelaskan perilaku gen yang sudah tertanam dalam kode genetik. Namun, pengadilan gagal mempertimbangkan fakta-fakta ilmiah ini dalam keputusannya, sehingga menimbulkan kekhawatiran yang signifikan tentang keadilan putusan tersebut.

William Paley, seorang filsuf abad ke-18, adalah tokoh penting dalam argumen ini, yang secara terkenal mengilustrasikannya dengan analogi pembuat arloji. Paley berpendapat bahwa sama seperti kompleksitas jam tangan yang menyiratkan seorang perancang, demikian juga kompleksitas kehidupan dan alam semesta menyiratkan Sang Pencipta. Ide-idenya menjadi dasar teori desain cerdas modern. Konsep-konsep kunci dari desain cerdas meliputi kompleksitas yang ditentukan, kompleksitas yang tidak dapat direduksi, dan penyempurnaan. Beberapa contoh penyempurnaan telah ditunjukkan dalam Bab 1 dan 2. Sekarang, mari kita periksa kompleksitas yang ditentukan dan kompleksitas yang tidak dapat direduksi secara rinci.

### i. Kompleksitas yang Ditentukan

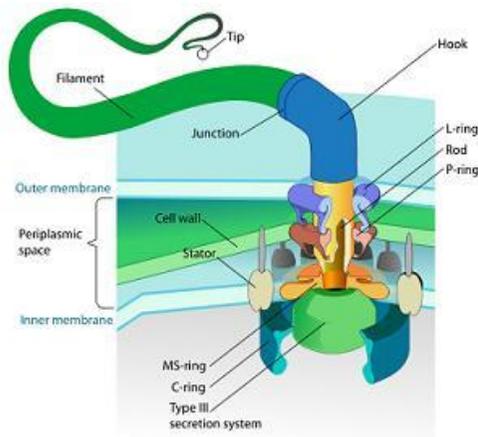
Kompleksitas yang ditentukan, sebuah konsep utama dalam desain cerdas, menyatakan bahwa pola tertentu di alam sangat kompleks dan diatur secara khusus untuk memenuhi fungsi tertentu, yang mengindikasikan adanya desain yang disengaja. Tidak seperti kompleksitas acak, kompleksitas yang ditentukan tidak hanya rumit tetapi juga diatur sedemikian rupa untuk mencapai hasil tertentu. Karakteristik ganda ini menunjukkan bahwa pola-pola tersebut tidak mungkin muncul secara kebetulan.

Salah satu contoh kompleksitas tertentu adalah struktur DNA. Urutan nukleotida dalam DNA sangat kompleks, dengan miliaran kombinasi potensial dalam satu untai. Kompleksitas ini memastikan bahwa susunannya bukanlah hasil dari proses acak yang sederhana. Mekanisme replikasi dan perbaikan DNA semakin menyoroti

kompleksitasnya. Proses ini melibatkan banyak protein dan enzim yang bekerja dalam koordinasi untuk menyalin dan mempertahankan informasi genetik secara akurat. Urutan nukleotida tidak hanya kompleks tetapi juga sangat spesifik, karena mengkodekan instruksi yang tepat untuk mensintesis protein. Setiap gen dalam urutan DNA berhubungan dengan protein tertentu, dan bahkan perubahan kecil dalam urutan tersebut dapat secara signifikan memengaruhi fungsi protein yang dihasilkan. DNA juga mengandung elemen pengatur yang mengontrol kapan dan di mana gen diekspresikan, menambahkan lapisan kekhususan lain pada fungsinya.

Kompleksitas tertentu yang diamati dalam DNA tidak mungkin muncul melalui proses yang tidak terarah seperti mutasi acak dan seleksi alam. Sebaliknya, hal ini menunjukkan bahwa penyebab cerdas adalah penjelasan yang lebih masuk akal untuk asal-usul informasi yang rumit dan spesifik secara fungsional.

Contoh lain dari kompleksitas tertentu adalah flagel bakteri, struktur bermotor seperti cambuk yang digunakan oleh bakteri tertentu untuk bergerak. Berikut ini adalah penjelasan rinci mengapa flagel bakteri dianggap sebagai contoh kompleksitas tertentu.



Gbr. 3.13. Flagel bakteri

Flagel bakteri terdiri dari sekitar 40 protein berbeda yang membentuk berbagai komponen seperti filamen, pengait, dan badan basal. Badan basal itu sendiri berfungsi seperti mesin putar, lengkap dengan rotor, stator, poros penggerak, dan baling-baling. Agar flagel dapat bekerja, semua bagian ini harus ada dan terpasang dengan benar. Ketiadaan salah satu dari komponen-komponen ini membuat flagel tidak berfungsi, yang menunjukkan kerumitannya.

Komponen-komponen flagel harus disusun dengan cara yang sangat spesifik agar dapat berfungsi. Protein harus disusun dalam urutan yang tepat, dan bentuknya harus sesuai satu sama lain, seperti bagian-bagian mesin yang direkayasa dengan baik. Flagel tidak hanya kompleks, tetapi juga memiliki fungsi yang sangat spesifik: mendorong bakteri. Flagel beroperasi pada kecepatan yang luar biasa, dapat mengubah arah, dan hemat energi, yang semuanya menunjukkan desain yang terarah.

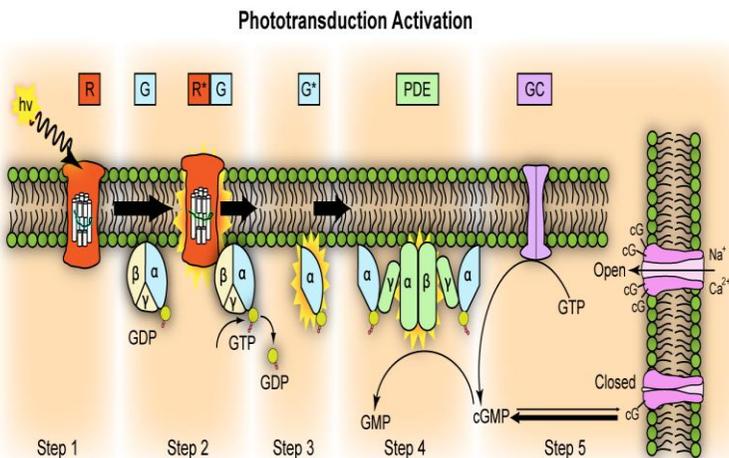
Kompleksitas tertentu dari flagel bakteri tidak dapat dijelaskan secara memadai oleh mutasi acak dan seleksi alam. Kemungkinan sistem yang sangat terintegrasi dan fungsional seperti itu muncul secara kebetulan sangatlah kecil. Selain itu, karena bentuk peralihan dari flagel kemungkinan besar tidak berfungsi, jalur evolusi tradisional yang berupa perbaikan bertahap dan selangkah demi selangkah tampaknya tidak masuk akal. Flagel juga mencontohkan kompleksitas yang tidak dapat direduksi, suatu bagian dari kompleksitas yang ditentukan, seperti yang akan dijelaskan pada bagian berikut. Argumennya adalah bahwa semua bagian flagel diperlukan untuk fungsinya, dan oleh karena itu, tidak mungkin berevolusi melalui modifikasi kecil yang berurutan, seperti yang disarankan oleh evolusi Darwin.

## ii. Kompleksitas yang tidak dapat direduksi

Kompleksitas yang tidak dapat direduksi adalah sebuah konsep yang diperkenalkan oleh ahli biokimia Michael Behe, yang menyatakan bahwa sistem biologis tertentu terlalu rumit untuk berevolusi melalui

modifikasi bertahap dan selangkah demi selangkah. Sistem-sistem ini, seperti flagel bakteri atau kaskade pembekuan darah, terdiri dari beberapa bagian yang saling bergantung yang semuanya harus ada dan berfungsi agar sistem dapat bekerja. Penghapusan satu bagian saja akan membuat sistem tidak berfungsi. Struktur yang rumit dan saling bergantung seperti itu menunjukkan adanya perancang yang cerdas, karena tidak dapat dijelaskan oleh seleksi alam dan mutasi acak saja. Konsep ini menantang teori evolusi konvensional dan mendukung gagasan tentang desain yang disengaja di alam.

Salah satu contoh kompleksitas yang tidak dapat direduksi adalah siklus visual, sebuah proses biokimia dalam mata yang mengubah cahaya menjadi sinyal listrik, yang memungkinkan penglihatan. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian yang saling bergantung, yang semuanya harus ada dan berfungsi agar proses tersebut dapat bekerja secara efektif. Jika ada komponen yang hilang atau tidak berfungsi, seluruh siklus visual akan gagal, yang menggambarkan konsep kompleksitas yang tidak dapat direduksi. Komponen utama dari siklus visual adalah fotoreseptor (batang dan kerucut), rhodopsin, opsins, retina, jalur transduksi sinyal, dan pemrosesan saraf.



Gbr. 3.14. Langkah-langkah molekuler dalam siklus visual

Fotoreseptor adalah sel dalam retina yang mendeteksi cahaya. Batang bertanggung jawab untuk penglihatan cahaya rendah, sedangkan kerucut mendeteksi warna. Setiap fotoreseptor mengandung molekul peka cahaya yang disebut fotopigmen, terutama rhodopsin pada batang. Fotopigmen pada batang ini terdiri dari protein yang disebut opsin dan molekul peka cahaya yang disebut retina. Kerucut mengandung opsin yang berbeda yang merespons berbagai panjang gelombang cahaya, memungkinkan penglihatan warna. Retina, turunan dari vitamin A, berubah bentuk ketika menyerap cahaya. Perubahan bentuk ini mengaktifkan opsin, memulai kaskade transduksi visual. Opsin yang diaktifkan pada gilirannya mengaktifkan protein-G yang disebut transducin. Transducin mengaktifkan fosfodiesterase (PDE), yang menurunkan tingkat GMP siklik (cGMP) di dalam sel. Penurunan cGMP menutup saluran ion dalam membran sel fotoreseptor, yang menyebabkan hiperpolarisasi sel dan menghasilkan sinyal listrik. Sinyal listrik ditransmisikan melalui sel bipolar ke sel ganglion, yang mengirimkan sinyal melalui saraf optik ke otak. Otak memproses sinyal-sinyal ini untuk membentuk gambar visual.

Setiap komponen dari siklus visual saling bergantung. Fotoreseptor, rhodopsin, retina, transducin, PDE, dan saluran ion harus ada dan berfungsi dengan baik agar penglihatan dapat terjadi. Menghilangkan satu komponen saja akan menyebabkan sistem gagal. Kita dapat berargumen bahwa sistem yang begitu kompleks tidak mungkin berevolusi melalui serangkaian perubahan kecil dan bertahap karena tahap peralihan tanpa semua komponen akan menjadi tidak berfungsi dan dengan demikian tidak disukai oleh seleksi alam. Jalur biokimia yang rumit dan interaksi molekuler yang tepat yang terlibat dalam siklus visual menyoroti kompleksitas dan kekhususan yang diperlukan untuk penglihatan. Sifat saling ketergantungan dari komponen-komponennya dan kerumitan proses biokimiawi yang terlibat menunjukkan bahwa sistem ini tidak mungkin muncul melalui proses evolusi yang tidak terarah, melainkan menunjukkan adanya perancang yang cerdas, yaitu Sang Pencipta yang ilahi.

Siklus visual dalam hal program komputer dapat membantu mengilustrasikan kompleksitas dan proses yang saling bergantung. Berikut ini adalah analogi konseptual dengan menggunakan python:

### Siklus visual yang ditulis dalam program komputer

inisialisasi # inisialisasi: menyiapkan lingkungan untuk siklus visual termasuk fotoreseptor (batang dan kerucut)

kelas VisualCycle:

```
def __init__(self):
    self.photoreceptors = {'batang': [], 'kerucut': []}
    self.inisialisasi_photopigments()
    self.signal_pathway_active = False
```

# masukan pengguna: mendeteksi cahaya yang masuk dan memulai proses aktivasi fotopigmen

```
def detect_light(self, panjang_gelombang_cahaya):
    if panjang_gelombang_cahaya dalam visible_spectrum:
        self.activate_photopigment(panjang_gelombang_cahaya)
```

# Peristiwa pemicu: mengubah bentuk retina dan mengaktifkan opsin, yang kemudian memicu jalur transduksi sinyal

```
def activate_photopigment(self, panjang_gelombang):
    retina = self.change_retinal_shape(panjang_gelombang)
    opsin = self.bind_retinal_to_opsin(retina)
    self.start_signal_transduction(opsin)
```

# Penyerahan acara: mengaktifkan transducin dan PDE, yang mengarah ke penurunan kadar cGMP, menutup saluran ion, dan menghasilkan sinyal listrik

```
def start_signal_transduction(self, opsin):
    self.signal_pathway_active = True
    transducin = self.activate_transducin(opsin)
    pde = self.activate_pde(transducin)
    self.regulate_cGMP_levels(pde)
    self.generate_electrical_signal()
```

# penanganan sinyal: menyesuaikan saluran ion berdasarkan tingkat

cGMP untuk memfasilitasi pembangkitan sinyal listrik

```
def regulate_cGMP_levels(self, pde):  
    cGMP_level = self.reduce_cGMP(pde)  
    self.adjust_ion_channels(cGMP_level)
```

Keluaran sinyal #: menciptakan dan mengirimkan sinyal listrik ke otak

```
def generate_electrical_signal(self):  
    if self.signal_pathway_active:  
        sinyal_listrik = self.create_signal()  
        self.transmit_signal_to_brain(sinyal_listrik)
```

# komunikasi jaringan: memproses dan meneruskan sinyal melalui sel bipolar dan ganglion, yang pada akhirnya mengirimkannya melalui saraf optik

```
def transmit_signal_to_brain(self, signal):  
    bipolar_cells = self.process_signal_with_bipolar_cells(signal)  
    ganglion_cells = self.forward_signal_to_ganglion(bipolar_cells)  
    saraf_optik = self.send_signal_via_saraf_optik(sel_ganglion)  
    self.visual_perception(saraf_optik)
```

# Output akhir: otak menerjemahkan dan memproses sinyal untuk menciptakan gambar visual

```
def visual_perception(self, optic_nerve):  
    visual_cortex = self.decode_signal(optic_nerve)  
    self.render_image(visual_cortex)
```

Analogi ini menggambarkan langkah-langkah yang saling bergantung dan kerumitan siklus visual, seperti program komputer dengan sejumlah fungsi dan penanganan peristiwa yang bekerja bersama untuk mencapai output tertentu. Jika kita melewatkan salah satu langkah atau menggunakannya dalam urutan yang salah, hasil yang diinginkan tidak akan tercapai.

Fakta bahwa siklus visual dapat direpresentasikan sebagai program komputer menunjukkan bahwa mata dirancang secara cerdas. Cetak biru untuk desain mata terkait dengan gen PAX6, yang terletak pada kromosom 11, yang memainkan peran penting dalam perkembangan

mata.

### iii. Buku-buku Penting tentang Desain Cerdas

**Evolusi: Sebuah Teori dalam Krisis** (Michael Denton: 1985): Denton mengkritik evolusi Darwin, dengan menyatakan bahwa kompleksitas sistem biologis tidak dapat dijelaskan secara memadai oleh seleksi alam saja. Denton menyajikan bukti-bukti dari berbagai bidang, seperti biologi molekuler dan paleontologi, untuk menyoroti kesenjangan dan ketidakkonsistenan dalam teori evolusi. Dia berpendapat bahwa struktur dan fungsi rumit yang diamati pada organisme hidup lebih mengarah pada desain cerdas daripada mutasi dan seleksi acak. Buku ini menantang konsensus ilmiah yang ada dan menunjukkan bahwa penjelasan alternatif diperlukan untuk menjelaskan asal-usul dan keanekaragaman kehidupan.

**Kotak Hitam Darwin: Tantangan Biokimia terhadap Evolusi** (Michael J. Behe: 2006): Dalam buku penting ini, Michael Behe memperkenalkan konsep kompleksitas yang tidak dapat direduksi, dengan menyatakan bahwa sistem biologis tertentu, seperti flagel bakteri, terlalu kompleks untuk berevolusi melalui seleksi alam saja. Behe berpendapat bahwa sistem-sistem ini paling baik dijelaskan oleh desain cerdas. Buku ini menantang kecukupan evolusi Darwin dalam menjelaskan mesin kehidupan yang rumit di tingkat molekuler dan telah memicu perdebatan yang signifikan baik di kalangan ilmiah maupun filosofis.

**Darwin diadili** (Phillip Johnson: 2010): Buku ini mengkritik dasar-dasar ilmiah evolusi Darwin. Johnson, seorang profesor hukum, meneliti bukti-bukti evolusi dengan pengamatan seorang analis hukum. Dia berpendapat bahwa seleksi alam dan mutasi acak tidak cukup menjelaskan kompleksitas kehidupan. Johnson berpendapat bahwa sebagian besar dukungan untuk Darwinisme didasarkan pada naturalisme filosofis dan bukan pada ilmu pengetahuan empiris. Dia menantang keengganan komunitas ilmiah untuk mempertimbangkan penjelasan alternatif, seperti desain cerdas, dan menyerukan diskusi yang lebih terbuka tentang asal-usul kehidupan. Buku ini berpengaruh

dalam mempromosikan desain cerdas dan mempertanyakan dominasi teori Darwin dalam biologi.

**Signature in the Cell** : DNA dan Bukti Desain Cerdas (Stephen C. Meyer, 2010): Buku ini mengeksplorasi asal-usul kehidupan dan informasi yang dikodekan dalam DNA. Meyer berargumen bahwa informasi yang kompleks dan spesifik dalam DNA paling baik dijelaskan oleh penyebab cerdas, karena proses naturalistik gagal menjelaskan asal-usul informasi tersebut. Dia menyajikan kasus terperinci untuk desain cerdas berdasarkan seluk-beluk informasi genetik, yang menunjukkan bahwa asal usul kehidupan menunjuk pada penciptaan yang disengaja dan bukan proses acak.

**Darwin Devolves** : Ilmu Pengetahuan Baru Tentang DNA yang Menantang Evolusi (Michael J. Behe, 2020): Buku Behe yang lain berargumen bahwa penemuan genetik baru-baru ini meruntuhkan evolusi Darwin tradisional. Dia menegaskan bahwa meskipun seleksi alam dan mutasi acak dapat menjelaskan adaptasi kecil, mereka gagal menjelaskan kompleksitas mesin molekuler di dalam sel. Dia memperkenalkan konsep 'devolusi', di mana mutasi menyebabkan hilangnya informasi genetik dan bukannya menciptakan sifat baru yang bermanfaat. Behe berpendapat bahwa keterbatasan genetik ini menunjukkan perlunya perancang yang cerdas, menantang kerangka kerja evolusi tradisional dan mengusulkan bahwa desain cerdas menawarkan penjelasan yang lebih masuk akal untuk kompleksitas kehidupan.

**Misteri Asal Usul Kehidupan**: Meninjau Kembali Teori-teori Saat Ini (Charles B. Thaxton dkk., 2020): Karya inovatif ini mengkritik berbagai teori naturalistik tentang asal usul kehidupan dan mengusulkan desain cerdas sebagai penjelasan yang lebih masuk akal. Mereka berpendapat bahwa kimia prebiotik dan pembentukan kehidupan dari non-kehidupan lebih baik dijelaskan oleh penyebab cerdas. Buku ini membahas kekurangan teori-teori asal-usul kehidupan kontemporer dan memperkenalkan desain cerdas sebagai alternatif yang layak secara ilmiah, meletakkan dasar bagi gerakan desain cerdas modern.

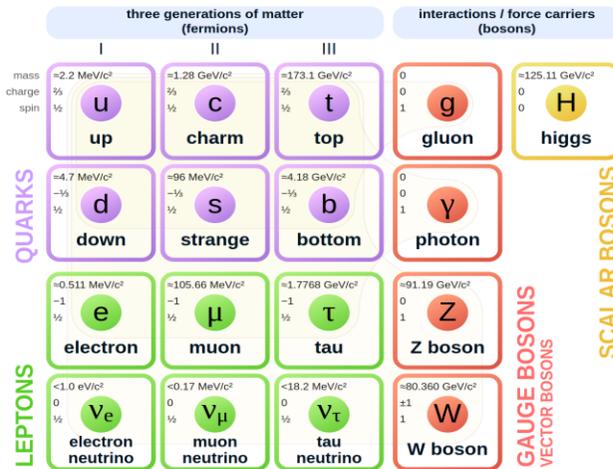
**Inferensi Desain** : Menghilangkan Peluang melalui Probabilitas Kecil (William A. Dembski & Winston Ewert, 2023): Buku ini meletakkan dasar teori untuk mendeteksi desain di alam. Mereka mengeksplorasi kerangka kerja matematis untuk mendeteksi desain cerdas. Para penulis menyajikan argumen bahwa sistem kompleks yang menunjukkan kompleksitas tertentu paling baik dijelaskan oleh penyebab cerdas daripada proses acak. Mereka memperkenalkan konsep 'kompleksitas yang ditentukan', yang menggabungkan kompleksitas dengan pola yang diberikan secara independen. Buku ini menggunakan teori probabilitas untuk menunjukkan bahwa pola-pola tertentu di alam terlalu mustahil untuk muncul secara kebetulan. Melalui analisis yang ketat, Dembski dan Ewert berpendapat bahwa mengenali desain adalah praktik ilmiah yang sah dan menyediakan alat untuk membedakan desain dari kebetulan dalam sistem biologis.

#### **f. Fisika Partikel dan Penciptaan**

Pada bagian sebelumnya, kita telah menjelajahi asal usul kehidupan melalui yang membahas blok bangunan fundamentalnya, termasuk asam amino, RNA, protein, DNA, dan sel. Komponen-komponen ini terdiri dari atom, yang secara implisit kita asumsikan ada secara alami. Atom terdiri dari partikel-partikel dasar. Pada bagian ini, kita akan melihat lebih dekat pada asal-usul partikel-partikel ini, mengeksplorasi apakah mereka muncul secara spontan atau terbentuk melalui proses yang disengaja.

Menurut Model Standar fisika partikel, semua materi di alam semesta tersusun dari 17 partikel elementer. Partikel-partikel tersebut meliputi 6 quark, 6 lepton, 4 boson pengukur (gluon, foton, boson Z, dan boson W), dan boson Higgs. Masing-masing partikel ini memiliki sifat spesifik, seperti massa, muatan, dan spin, dan masing-masing memainkan peran unik dalam interaksi partikel, mirip dengan bagaimana organel dalam sel menjalankan fungsi yang berbeda.

## Standard Model of Elementary Particles



Gbr. 3.15. Partikel-partikel dasar dari Model Standar

Quark adalah komponen dasar materi, yang penting dalam membentuk proton dan neutron. Proton terdiri dari dua quark naik dan satu quark turun, sedangkan neutron terbuat dari satu quark naik dan dua quark turun. Quark disatukan oleh gaya yang kuat, yang dimediasi oleh gluon. Tidak seperti gaya gravitasi atau elektromagnetik, yang berkurang seiring dengan jarak, gaya kuat antara quark meningkat ketika mereka bergerak menjauh dan berkurang ketika mereka semakin dekat, mempertahankan pemisahan tertentu. Quark dapat berubah jenis selama interaksi partikel, seperti peluruhan beta, di mana neutron berubah menjadi proton dengan mengubah quark down menjadi quark up.

Gauge boson adalah partikel fundamental yang menjadi perantara kekuatan dasar alam. Ini termasuk foton untuk gaya elektromagnetik, boson W dan Z untuk gaya lemah, dan gluon untuk gaya kuat. Setiap boson pengukur dikaitkan dengan medan tertentu dan membawa gaya antar partikel. Mereka sangat penting untuk menjelaskan interaksi pada tingkat kuantum, mengatur bagaimana partikel berinteraksi dan berikatan untuk membentuk materi.

Mekanisme Higgs adalah proses yang menjelaskan bagaimana partikel elementer memperoleh massa. Proses ini melibatkan medan Higgs, sebuah medan energi yang menembus alam semesta. Ketika partikel berinteraksi dengan medan Higgs, mereka memperoleh massa, mirip dengan bagaimana benda yang bergerak melalui medium mengalami hambatan. Boson Higgs, sebuah partikel yang terkait dengan medan Higgs, ditemukan pada tahun 2012, yang mengkonfirmasi teori ini. Tanpa mekanisme Higgs, partikel akan tetap tidak bermassa, dan alam semesta tidak akan memiliki struktur yang diperlukan untuk pembentukan atom, organisme hidup, planet, dan bintang.

Fisika partikel beroperasi pada tingkat yang sangat canggih dan rumit, menawarkan wawasan yang mendalam tentang sifat dan asal-usul alam semesta. Hal ini mendorong kita untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan mendasar berikut ini, di antara banyak pertanyaan lainnya:

- Bagaimana 17 partikel fundamental diciptakan dengan sifat yang begitu tepat?
- Bagaimana boson pengukur memperoleh sifat mediasi gaya?
- Bagaimana mekanisme Higgs berasal?
- Bagaimana mekanisme peluruhan beta berasal?
- Bagaimana sifat-sifat partikel elementer dapat dijelaskan secara matematis?

Jika jawaban dari pertanyaan-pertanyaan di atas murni hasil dari proses acak, dunia yang kita kenal sekarang ini mungkin tidak akan ada. Sebagai contoh, jika satu saja partikel fundamental hilang, jika mekanisme Higgs tidak terbentuk, atau jika nilai massa dan spin partikel elementer sedikit berbeda, neutron, proton, dan elektron tidak akan bisa bersatu. Hal ini akan mengakibatkan runtuhnya semua materi, membuat pembentukan apa pun termasuk manusia-menjadi tidak mungkin. Ketepatan yang begitu halus dalam struktur fundamental alam semesta mencontohkan konsep 'kompleksitas yang tidak dapat direduksi' dalam bidang fisika partikel, sebuah prinsip yang

sering dikaitkan dengan desain cerdas.

Penciptaan partikel elementer untuk membentuk materi dapat dibandingkan dengan pembentukan sel dan organel pada organisme multiseluler. Sama seperti sel dan organel tertentu yang masing-masing memiliki peran dan sifat yang berbeda yang berkontribusi pada fungsi kompleks makhluk hidup, partikel elementer memiliki karakteristik yang tepat yang memungkinkan pembentukan atom, molekul, dan pada akhirnya, semua materi. Paralel ini menggarisbawahi kecanggihan dan kesengajaan yang melekat pada dunia alam-baik pada tingkat mikroskopis sel hidup, ranah subatomik partikel dasar, atau skala makroskopis organisme hidup, bintang, dan galaksi.

Fakta bahwa pembentukan partikel elementer dan interaksinya dapat dijelaskan secara tepat dengan menggunakan persamaan matematis mekanika kuantum menunjukkan bahwa hal tersebut merupakan hasil dari desain matematis yang disengaja, bukan hanya kebetulan. Jika tidak, kita harus mengasumsikan bahwa partikel-partikel elementer memiliki kecerdasan dan kemampuan untuk menentukan sendiri nilai massa, muatan, dan spin yang tepat yang diperlukan untuk membentuk materi dan berinteraksi dengan partikel lain. Namun, kita tahu bahwa hal ini tidak benar, karena partikel elementer tidak memiliki kesadaran atau pemahaman intrinsik tentang mekanika kuantum.

Desain dan koordinasi yang rumit yang diamati pada sistem biologis dan fisika partikel sangat menunjukkan adanya kecerdasan yang mendasari dan penciptaan yang disengaja—sebuah ciri khas desain cerdas—daripada serangkaian kejadian acak.

### **g. Makhluk Asing dan Penciptaan**

Kemungkinan adanya alien, atau kehidupan di luar bumi, telah membuat para ilmuwan dan publik terpesona selama beberapa dekade. Mengingat luasnya alam semesta, dengan miliaran galaksi yang masing-masing berisi miliaran bintang dan kemungkinan lebih banyak lagi planet, secara statistik tampaknya masuk akal bahwa

kehidupan bisa ada di tempat lain jika kehidupan muncul secara spontan. Jumlah peradaban luar angkasa di sebuah galaksi dapat diperkirakan dengan Persamaan Drake:  $N = R \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times L$  di mana,  $N$  adalah jumlah peradaban maju,  $R$  adalah laju pembentukan bintang,  $f_p$  adalah fraksi yang memiliki planet,  $n_e$  adalah jumlah planet yang mendukung kehidupan,  $f_i$  adalah fraksi planet di mana kehidupan berkembang,  $f_c$  adalah fraksi planet di mana kehidupan cerdas berevolusi,  $L$  adalah fraksi peradaban yang dapat mengirim sinyal, dan  $L$  adalah lamanya waktu peradaban dapat berkomunikasi. Dengan nilai yang sesuai untuk setiap parameter, perkiraan jumlah peradaban di sebuah galaksi adalah sekitar 2.



Gbr. 3.16. Apakah alien itu ada?

Proyek pencarian kecerdasan luar angkasa (SETI) dimulai pada tahun 1960. Proyek-proyek ini menggunakan berbagai metode dan teknologi untuk memindai kosmos untuk mencari bukti peradaban alien. Berikut adalah beberapa proyek utama SETI.

Proyek Ozma adalah eksperimen SETI modern pertama. Eksperimen ini menggunakan teleskop radio untuk memindai bintang Tau Ceti dan Epsilon Eridani untuk mencari sinyal-sinyal potensial dari luar angkasa. SETI@home adalah proyek komputasi terdistribusi yang memanfaatkan kekuatan pemrosesan komputer rumah yang tidak digunakan. Para sukarelawan memasang perangkat lunak di komputer pribadi mereka untuk menganalisis sinyal radio untuk mencari tanda-

tanda kecerdasan luar angkasa. Allen Telescope Array adalah jaringan teleskop radio khusus yang dirancang untuk mencari sinyal-sinyal luar angkasa secara terus menerus dan sistematis. Terdiri dari beberapa parabola kecil yang bekerja bersama untuk mensurvei area langit yang luas. Breakthrough Listen merupakan proyek SETI yang paling komprehensif hingga saat ini, yang bertujuan untuk mensurvei satu juta bintang terdekat dan 100 galaksi terdekat untuk mencari sinyal potensial. Proyek Fast Radio Burst menyelidiki semburan radio cepat misterius yang terdeteksi dari luar angkasa, yang dapat memberikan wawasan tentang fenomena kosmik yang tidak diketahui. Laser SETI adalah proyek yang berfokus pada pendeteksian sinyal optik dari peradaban luar angkasa, mengeksplorasi kemungkinan komunikasi antarbintang melalui transmisi laser.

Meskipun terus melakukan pencarian dengan menggunakan teleskop radio dan optik yang canggih, proyek SETI gagal menemukan bukti definitif dari kehidupan di luar bumi yang cerdas.

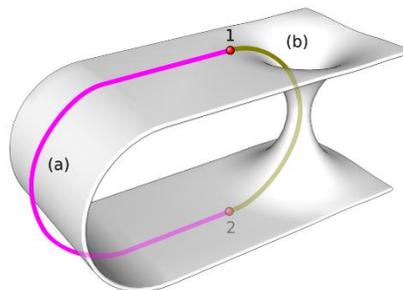


Gbr. 3.17. Teleskop radio yang digunakan untuk SETI

Jika banyak peradaban luar angkasa yang ada, mereka bisa saja mengunjungi atau mungkin sedang mengunjungi kita sekarang. Dalam kasus seperti itu, metode perjalanan ruang angkasa seperti apa yang akan mereka gunakan? Bepergian ke luar angkasa menggunakan benda terbang (roket atau UFO) menghadapi tantangan yang tidak dapat

diatasi karena ukuran alam semesta yang sangat besar. Bahkan bintang terdekat, Proxima Centauri, berjarak 4,24 tahun cahaya, dan membutuhkan waktu puluhan ribu tahun untuk mencapainya dengan teknologi yang ada saat ini. Jarak yang sangat jauh ini membuat penjelajahan galaksi kita, apalagi alam semesta, tidak mungkin dilakukan dalam rentang waktu hidup manusia.

Metode propulsi canggih yang mungkin dapat digunakan adalah warp drive atau perjalanan melalui lubang cacing. Penggerak lungsin adalah konsep teoretis untuk perjalanan ruang angkasa yang lebih cepat dari cahaya, yang terinspirasi oleh relativitas umum Einstein. Diusulkan oleh fisikawan Miguel Alcubierre pada tahun 1994, warp drive melibatkan penciptaan 'gelembung lungsin' yang mengerutkan ruang di depan pesawat ruang angkasa dan memperluas ruang di belakangnya. Hal ini akan memungkinkan pesawat ruang angkasa bergerak lebih cepat daripada cahaya relatif terhadap pengamat eksternal tanpa melanggar hukum fisika. Tantangan utamanya adalah bahwa hal ini membutuhkan materi eksotis dengan kepadatan energi negatif, yang belum ditemukan atau diciptakan. Meskipun menjanjikan secara teori, kemajuan ilmiah dan teknologi yang signifikan diperlukan untuk membuat penggerak warp layak untuk penggunaan praktis dalam eksplorasi ruang angkasa.



Gbr. 3.18. Lubang cacing

Perjalanan ruang angkasa melalui lubang cacing adalah konsep teoritis yang melibatkan jalan pintas melalui ruang-waktu yang

menghubungkan titik-titik yang jauh di alam semesta. Diprediksi oleh relativitas umum Einstein, lubang cacing, atau jembatan Einstein-Rosen dapat berpotensi memungkinkan perjalanan instan melintasi jarak kosmik yang sangat jauh. Untuk penggunaan praktis, lubang cacing yang dapat dilalui perlu distabilkan, secara teoritis membutuhkan materi eksotis dengan kepadatan energi negatif untuk mencegah keruntuhan. Meskipun menjadi kiasan fiksi ilmiah yang populer, lubang cacing tetaplah spekulatif tanpa bukti eksperimental. Jika memungkinkan, lubang cacing dapat merevolusi perjalanan ruang angkasa, memungkinkan eksplorasi galaksi jauh dan mengurangi waktu tempuh dari bertahun-tahun menjadi beberapa saat saja. Namun, terobosan ilmiah dan teknologi yang signifikan diperlukan untuk membuat konsep ini menjadi kenyataan.



Gbr. 3.19. Teleportasi

Teleportasi melalui hyperspace atau ruang hampa bisa menjadi metode lain untuk mencapai perjalanan instan melintasi jarak yang sangat jauh dengan melewati ruang tiga dimensi konvensional. Hyperspace mengacu pada dimensi tambahan atau serangkaian dimensi di luar tiga dimensi spasial dan satu dimensi temporal yang sudah dikenal, yang menyediakan jalan pintas melalui struktur alam

semesta. Demikian pula, bulk adalah istilah yang digunakan dalam teori-teori seperti kosmologi brane dalam teori dawai, di mana alam semesta kita dibayangkan sebagai 'brane' dalam ruang dimensi yang lebih tinggi yang disebut bulk. Dalam teori-teori ini, teleportasi melibatkan pergerakan melalui dimensi yang lebih tinggi ini untuk muncul kembali secara instan di lokasi lain di alam semesta kita. Kerangka kerja teoritis seperti model Randall-Sundrum mengusulkan keberadaan dimensi yang lebih tinggi yang memungkinkan jalan pintas melalui ruang-waktu. Jika dimensi semacam itu ada dan dapat diakses, mungkin saja kita dapat memanfaatkannya untuk teleportasi, menghindari kendala perjalanan relativistik dan berpotensi membuat perjalanan yang lebih cepat dari cahaya menjadi mungkin.

Jika kehidupan muncul secara spontan seperti yang diasumsikan persamaan Drake, maka jumlah total peradaban luar angkasa di alam semesta adalah sekitar 400 milyar (2 peradaban di setiap 200 milyar galaksi). Kehidupan di Bumi dimulai sekitar 4 miliar tahun yang lalu. Sekarang, bayangkan 1% dari peradaban luar angkasa dimulai 1 juta tahun lebih awal dari peradaban kita dan mengikuti jalur evolusi yang sama. Dalam hal ini, peradaban mereka akan 1 juta tahun lebih maju daripada peradaban kita. Dengan kemajuan yang signifikan, mereka mungkin telah mengembangkan teknologi canggih untuk teleportasi, yang memungkinkan mereka melakukan perjalanan ke mana saja di alam semesta semudah kita mengunjungi tetangga kita. Jika populasi salah satu peradaban seperti itu adalah 1 miliar, maka jumlah total alien adalah satu kuintiliun ( $10^{18}$ ). Jika hanya 1% dari mereka yang bisa mengunjungi Bumi selama satu hari setiap 10 tahun, Bumi akan dipenuhi oleh sekitar 10 triliun alien setiap harinya—1.000 kali lipat dari populasi manusia saat ini. Namun, kita belum menemukan bukti kehadiran mereka. Bagaimana kita bisa menjelaskan kontradiksi yang tampak jelas ini?

Masalah ini dikenal sebagai Paradoks Fermi, diambil dari Enrico Fermi, yang secara terkenal bertanya, "Di manakah semua orang? Jawabannya bisa jadi: (i) asumsi (evolusi) dalam Persamaan Drake

salah, atau (ii) peradaban maju mungkin menggunakan teknologi yang tidak dapat dideteksi dengan metode yang ada saat ini atau dengan sengaja menghindari deteksi. Jika makhluk luar angkasa bukanlah bakteri atau makhluk tak kasat mata, keberadaan mereka mungkin sudah terungkap kepada kita sekarang. Namun, fakta bahwa kita belum mendeteksi bukti keberadaan mereka menunjukkan bahwa asumsi evolusi dalam Persamaan Drake kemungkinan besar tidak benar.

#### **h. Naluri dalam Makhluk Hidup dan Penciptaan**

Komputer terdiri dari tiga komponen utama: perangkat keras, perangkat lunak, dan firmware. Firmware adalah perangkat lunak khusus yang diprogram ke dalam ROM atau UEFI, menyediakan kontrol penting untuk perangkat keras tertentu dan bertindak sebagai perantara antara perangkat keras dan perangkat lunak. Hal ini sangat penting untuk boot-up sistem, mengelola operasi perangkat keras, dan memastikan fungsionalitas perangkat.

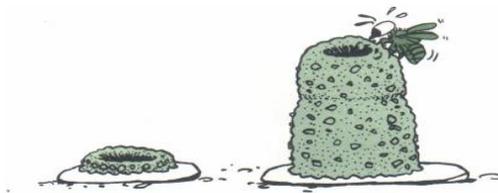
Firmware pada komputer dan naluri pada organisme hidup memiliki kesamaan utama: keduanya merupakan sistem intrinsik yang telah diprogram sebelumnya yang mengatur fungsi-fungsi penting. Firmware menginisialisasi dan mengelola operasi, memastikan fungsi yang tepat sejak dinyalakan. Demikian pula, naluri adalah pola perilaku alami dan bawaan yang mengarahkan aktivitas bertahan hidup, seperti makan, kawin, dan melarikan diri dari bahaya. Kedua sistem beroperasi secara otomatis tanpa input yang disadari, memberikan panduan dasar untuk fungsi yang efektif dan respons terhadap lingkungan. Pada intinya, firmware bagi komputer adalah naluri bagi organisme hidup - sistem yang tertanam dan telah dikonfigurasi sebelumnya yang penting untuk operasi dan kelangsungan hidup dasar. Sama seperti firmware yang ditanamkan dalam ROM oleh para perancang komputer, naluri juga ditanamkan dalam otak dan sistem saraf organisme hidup oleh Sang Pencipta. Izinkan saya menunjukkan beberapa contoh naluri yang mengilustrasikan konsep ini.

### i. Bangunan Sarang Lebah Mason

Dalam buku Jean-Henri Fabre 'The Mason Bees' (bagian dari 'Book of Insects'), ia menjelaskan proses pembangunan sarang lebah yang rumit. Lebah-lebah ini memilih permukaan datar yang cocok, seringkali berupa batu, untuk memulai pembangunannya. Mereka mengumpulkan lumpur dan kerikil kecil, dengan cermat menciptakan sel untuk keturunan mereka. Lebah betina membawa pelet lumpur ke lokasi, membentuk dan memadatkannya menjadi dinding sel yang aman. Lebah betina kemudian mengumpulkan nektar dan serbuk sari untuk memenuhi kebutuhan setiap sel, bertelur sebelum menutupnya dengan lebih banyak lumpur. Proses ini diulangi, menghasilkan serangkaian sel lumpur yang tersusun rapi dan diperkuat kerikil yang melindungi larva yang sedang berkembang. Pengamatan Fabre menyoroti ketepatan dan ketekunan yang luar biasa dari lebah penyendiri ini.

Dia menggambarkan sebuah eksperimen di mana dia menukar sarang yang belum selesai dengan sarang yang sudah selesai. Lebah tukang batu, ketika kembali untuk menemukan sarangnya yang belum selesai diganti dengan sarang yang sudah selesai, menunjukkan perilaku yang menarik. Alih-alih melanjutkan pekerjaan di sarang yang baru, lebah melanjutkan pembangunannya seolah-olah tidak ada perubahan yang terjadi. Ia tidak mengenali sarang yang sudah jadi itu sebagai hasil karyanya sendiri dan tetap melakukan tindakan yang biasa ia lakukan, membawa lumpur dan terus membangun.

Eksperimen ini menggambarkan sifat naluriah dan terprogram dari perilaku lebah, yang digerakkan oleh urutan tindakan internal daripada isyarat visual dari kondisi sarang .



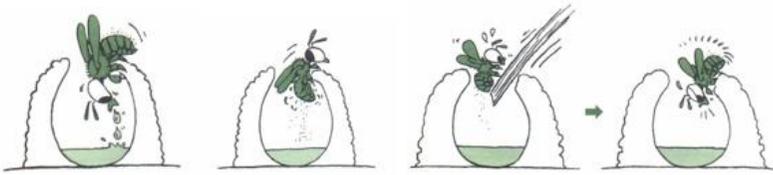
Gbr. 3.20. Lebah Mason membangun sarang di atas sarang yang sudah selesai

Fabre melakukan eksperimen sebaliknya dengan menukar sarang lebah yang sudah selesai dibangun dengan sarang yang belum selesai. Dia mengamati bahwa ketika lebah batu kembali ke lokasi dan menemukan sarang yang sudah selesai diganti dengan sarang yang belum selesai, dia tidak melanjutkan pengerjaan sarang baru yang belum selesai. Sebaliknya, lebah itu tampak bingung dan menghabiskan waktu untuk memeriksa sarang yang telah diubah, tetapi pada akhirnya tidak melanjutkan pembangunan. Ia kemudian beralih ke tindakan berikutnya yaitu mengisinya dengan madu, meskipun madu itu meluap. Perilaku ini menunjukkan keterikatan lebah batu yang kuat pada sarangnya yang spesifik dan kesulitan dalam beradaptasi dengan perubahan tak terduga di lingkungannya. Eksperimen ini juga menyoroti sifat naluriah dari proses pembangunan sarang lebah batu.



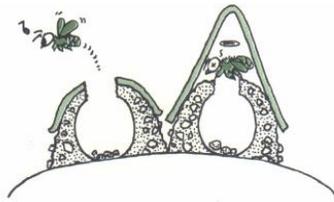
Gbr. 3.21. Lebah Mason mengisi madu ke sarang yang belum selesai

Fabre melakukan eksperimen menarik lainnya. Lebah batu mengisi sarangnya dengan nektar terlebih dahulu, lalu berbalik 180 derajat dan membersihkan serbuk sari dari kaki dan tubuhnya. Jika ia diganggu saat hendak membersihkan serbuk sari, ia akan terbang menjauh dan menunggu ancaman itu berlalu. Setelah kembali ke sarang, ia memulai lagi dari awal. Mengisi sarangnya dengan nektar meskipun tidak ada nektar yang melorot. Eksperimen ini menunjukkan bahwa lebah secara naluriah mengikuti program pengumpulan nektar yang sudah ada, dan urutan tindakan mereka tidak dapat diubah.



Gbr. 3.22. Perilaku lebah tukang batu ketika diganggu

Ketika lebah batu selesai membangun sarangnya, ia mengisinya dengan nektar dan serbuk sari, bertelur di atasnya, lalu menutup bagian atas sarang. Bagian atas yang tertutup rapat sekeras semen, Fabre melakukan percobaan lain: untuk satu sarang, dia menempelkan kertas di bagian atas, dan untuk sarang yang lain, dia meletakkan kerucut kertas di atasnya. Dia mengamati perilaku lebah yang menetas. Untuk sarang dengan kertas yang ditempelkan, lebah menggunakan rahangnya yang kuat untuk memotong bagian atasnya tanpa masalah. Untuk sarang dengan kerucut kertas, dia memotong bagian atasnya tetapi tidak tahu apa yang harus dilakukan selanjutnya. Berharap untuk melihat langit terbuka, ia menjadi bingung dengan kerucut kertas, tidak berusaha menembusnya, dan akhirnya mati.



Gbr. 3.23. Sarang lebah ditempelkan dengan kertas dan ditutup dengan kerucut kertas

Semua eksperimen di atas menunjukkan sifat naluriah dan terprogram dari perilaku lebah batu, yang didorong oleh urutan tindakan internal yang tertanam dalam kode genetiknya.

## ii. Bangunan Sarang Burung Penenun

Burung Penenun, yang dikenal dengan sarangnya yang rumit dan

rumit, dengan terampil menenun bilah rumput dan bahan tanaman lainnya ke dalam struktur yang rumit, menampilkan keahlian dan teknik naluriah yang luar biasa.



Gbr. 3.24. Sarang burung penenun

Eugène Marais, seorang naturalis dan penyair Afrika Selatan, melakukan eksperimen yang menarik pada burung penenun untuk mempelajari perilaku membangun sarang dan peran naluri. Marais bertujuan untuk memahami apakah keterampilan membangun sarang yang rumit dari burung penenun adalah murni naluri atau jika mereka melibatkan perilaku yang dipelajari.

Marais memelihara burung tenun secara terisolasi dari lingkungan alamnya untuk memastikan mereka tidak terpapar dengan burung lain atau aktivitas membangun sarang. Dia mengamati burung-burung yang terisolasi ini sejak menetas hingga dewasa, memastikan mereka tidak memiliki kesempatan untuk belajar dari burung penenun lainnya selama empat generasi. Untuk generasi kelima, Marais menyediakan bahan-bahan yang sama yang digunakan burung-burung penenun liar untuk membangun sarang, seperti rumput dan ranting. Meskipun tidak pernah melihat sarang atau burung lain membangun sarang, burung-burung penenun yang terisolasi mulai membangun sarang yang hampir sama dengan sarang yang dibangun oleh rekan-rekan mereka di alam liar. Mereka menunjukkan teknik menenun yang sama rumitnya, metode simpul, dan struktur keseluruhan. Sarang yang dibangun oleh

burung-burung yang terisolasi ini menunjukkan fitur desain yang konsisten yang khas dari spesies mereka, yang menunjukkan bahwa keterampilan membangun sarang mereka adalah bawaan dan bukannya dipelajari melalui observasi atau mimikri.

Marais menyimpulkan bahwa perilaku membangun sarang yang rumit dari burung penenun didorong oleh naluri. Perilaku bawaan ini dikodekan dalam otak dan sistem saraf mereka, yang memungkinkan mereka membangun sarang yang rumit tanpa pengalaman atau pembelajaran sebelumnya. Perilaku bawaan ini sengaja dirancang dan diwariskan dari generasi ke generasi melalui DNA.

### iii. Pembentukan Cangkang Nautilus

Nautilus adalah moluska laut yang dikenal karena cangkangnya yang indah dan khas. Bentuk cangkangnya mengikuti spiral logaritmik yang tepat. Pembentukan cangkang nautilus adalah contoh lain dari naluri yang luar biasa, yang melibatkan interaksi yang kompleks dari proses biologis dan kimiawi yang dikoordinasikan secara rumit untuk menghasilkan strukturnya yang unik.

Prosesnya dimulai ketika nautilus masih berupa embrio di dalam telur. Cangkang awal, yang disebut protoconch, terbentuk selama tahap ini. Cangkang pertama ini berukuran kecil dan menjadi fondasi bagi pertumbuhan cangkang selanjutnya. Mantel, jaringan khusus yang melapisi cangkang, mengeluarkan lapisan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam bentuk aragonit, sebuah struktur kristal. Sel-sel mantel mengekstrak ion kalsium dari air laut dan menggabungkannya dengan ion karbonat untuk membentuk kalsium karbonat. Mantel juga mengeluarkan matriks organik yang terdiri dari protein dan polisakarida, yang berfungsi sebagai perancah untuk pengendapan kalsium karbonat. Matriks ini membantu mengontrol bentuk dan orientasi kristal aragonit, memastikan kekuatan dan daya tahan cangkang.



Gbr. 3.25. Cangkang Nautilus yang menunjukkan pola spiral logaritmik

Saat nautilus tumbuh, ia secara berkala menambahkan ruang-ruang baru pada cangkangnya. Setiap ruang baru lebih besar dari yang sebelumnya, untuk mengakomodasi ukuran nautilus yang semakin besar. Nautilus bergerak maju di dalam cangkang dan menutup ruang yang lebih tua dengan dinding yang disebut septum, menciptakan serangkaian ruang yang semakin besar dan saling berhubungan. Sebuah organ khusus yang disebut siphuncle berjalan melalui semua ruang cangkang. Struktur yang menyerupai tabung ini mengatur kandungan gas dan cairan di dalam ruang-ruang tersebut. Dengan mengatur kadar gas (sebagian besar nitrogen) dan cairan, siphuncle membantu nautilus mengendalikan daya apungnya, sehingga memungkinkannya untuk bergerak naik dan turun di kolom air. Lapisan terluar cangkang, yang dikenal sebagai periostracum, adalah lapisan organik yang melindungi lapisan kalsium karbonat di bawahnya dari pelarutan dan kerusakan fisik. Di bawah periostracum terdapat lapisan aragonit, yang tersusun dalam struktur nacreous atau prismatic, yang berkontribusi pada warna-warni dan kekuatan cangkang.

Koordinasi rumit yang diperlukan untuk sekresi kalsium karbonat, pembentukan bilik, dan pengaturan daya apung melalui siphuncle mengindikasikan adanya sistem yang terlalu rumit untuk muncul melalui evolusi bertahap. Tidak adanya fosil transisi yang jelas dalam catatan, ditambah dengan nautilus yang diberi label 'fosil hidup', menyiratkan kemunculannya yang tiba-tiba dan menunjukkan bahwa pembentukan cangkangnya yang canggih mengarah pada penciptaan yang disengaja, bukan evolusi yang tidak terarah. Nautilus tidak

memiliki pengetahuan matematika atau biokimia; oleh karena itu, pembentukan yang tepat dari bentuk cangkang logaritmiknya, regulasi biokimia yang kompleks dari sekresi cangkang, dan integrasi yang mulus dari sistem daya apungnya bukanlah hasil dari proses acak. Sebaliknya, fitur-fitur ini menunjukkan cetak biru genetik yang telah diprogram sebelumnya yang memungkinkan nautilus membangun cangkangnya yang rumit dengan ketepatan yang luar biasa, memperkuat gagasan tentang desain yang disengaja dan bukan evolusi yang tidak terarah.

### i. Matematika dalam Alam dan Penciptaan

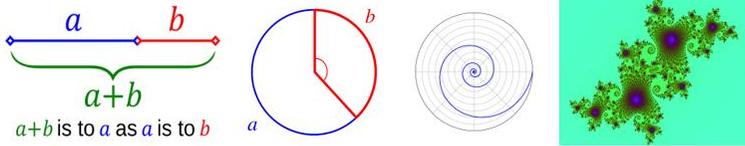
"Matematika adalah bahasa yang digunakan Tuhan untuk menulis alam semesta. - Galileo Galilei

Pola dan prinsip matematika banyak ditemukan di alam, termasuk rasio emas, sudut emas, deret Fibonacci, spiral logaritmik, dan fraktal.

- Rasio emas, sering dilambangkan dengan huruf Yunani  $\phi$  ( $=\frac{a+b}{a}=\frac{a}{b}$ ), adalah bilangan irasional yang kurang lebih sama dengan 1,618. Ini terjadi ketika rasio dua kuantitas sama dengan rasio jumlah keduanya terhadap kuantitas yang lebih besar.
- Sudut emas adalah sudut yang dibagi oleh dua jari-jari yang membagi lingkaran menjadi dua panjang busur dalam rasio emas. Sudut emas adalah sudut yang lebih kecil dari dua sudut ( $\sim 137,5$  derajat) yang dibuat ketika membagi keliling lingkaran menurut rasio emas.
- Deret Fibonacci adalah deret angka di mana setiap angka adalah jumlah dari dua angka sebelumnya, dimulai dari 0 atau 1 (misalnya, 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, ...).
- Spiral logaritmik adalah kurva spiral yang mirip dengan dirinya sendiri, yang sering muncul di alam. Hal ini ditandai dengan sifat bahwa sudut antara garis singgung dan garis radial pada titik

mana pun adalah konstan.

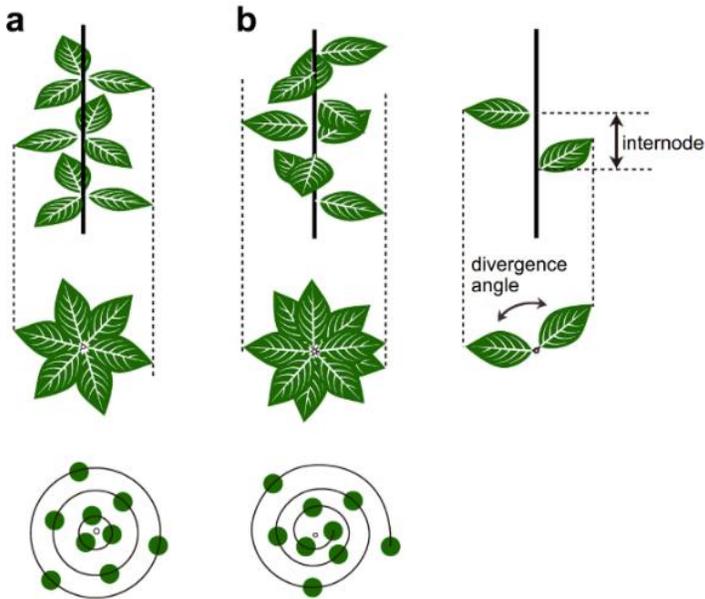
- Fraktal adalah pola kompleks yang mirip dengan dirinya sendiri di berbagai skala. Fraktal sering kali dibuat dengan mengulangi proses sederhana berulang-ulang dalam lingkaran umpan balik yang berkelanjutan.



Gbr. 3.26. Rasio emas, sudut emas, spiral logaritmik, dan fraktal

Mari kita telusuri di mana prinsip-prinsip matematika ini ditemukan di alam.

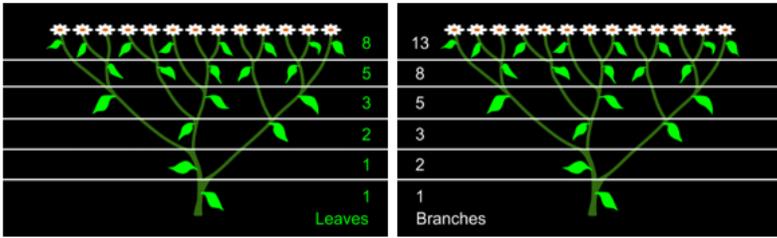
Phyllotaxis adalah susunan daun, bunga, atau struktur botani lainnya pada batang tanaman. Ini adalah konsep utama dalam botani dan mencerminkan cara tanaman memaksimalkan paparan sinar matahari dan sumber daya lingkungan lainnya. Susunan daun mengikuti deret Fibonacci, di mana jumlah daun dalam spiral yang berurutan adalah angka Fibonacci. Pola phyllotaxis yang mungkin terjadi adalah  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $3/8$ ,  $5/13$ ,  $8/21$ , dan seterusnya, di mana pembilang dan penyebutnya membentuk deret Fibonacci.



Gbr. 3.27. 2/5 phyllotaxis (a) dan 3/8 phyllotaxis (b)

Filotaksis 3/8 mengacu pada pola pengaturan daun di mana setiap daun dipisahkan dari daun berikutnya oleh tiga per delapan dari rotasi 360 derajat penuh di sekitar batang. Ini berarti bahwa setiap daun yang berurutan diposisikan pada sudut  $\frac{3}{8} \times 360 = 135$  derajat (disebut sudut divergensi) dari daun sebelumnya. Sudut divergensi menyatu dengan sudut emas 137,5 derajat pada tanaman dengan jumlah daun yang banyak. Perbedaan fraksional ini membantu mendistribusikan daun dengan cara memaksimalkan paparan sinar matahari dan meminimalkan tumpang tindih dan keteduhan, memastikan bahwa setiap daun menerima cahaya dan udara yang cukup. Jarak tanam yang tepat memungkinkan distribusi air dan nutrisi yang optimal ke seluruh tanaman.

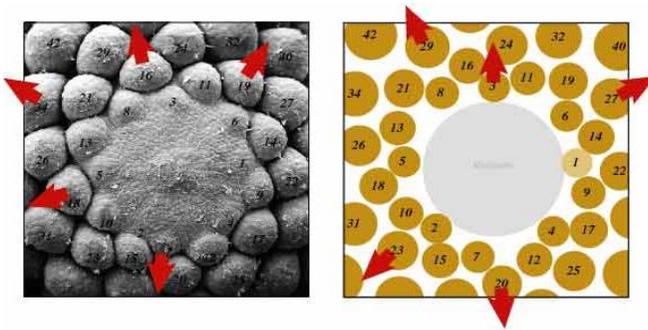
Pola yang sama juga dapat ditemukan pada banyak bunga. Sebagai contoh, jumlah daun, cabang, dan kelopak pada bunga sedap malam membentuk angka Fibonacci yang berurutan. 1, 1, 2, 3, 5, 8 untuk daun, 1, 2, 3, 5, 8, 13 untuk cabang, dan 5, 8 atau 8, 13 untuk kelopak.



Gbr. 3.28. Daun dan cabang-cabang tanaman bersin-bersin

Tidak hanya daun, tetapi juga pucuk, buah, dan biji tanaman diatur oleh deret Fibonacci dan sudut emas.

Pola tunas pohon cemara Norwegia mengikuti prinsip-prinsip deret Fibonacci dan sudut emas. Setiap tunas baru muncul pada sudut sekitar 137,5 derajat (sudut emas) dari tunas sebelumnya. Hasilnya, cabang-cabang terbentuk dalam pola spiral di sekitar batang, selaras dengan angka Fibonacci dalam distribusinya. Pola alami ini meningkatkan kemampuan pohon untuk secara efisien mengumpulkan sinar matahari, air, dan nutrisi, sehingga mendukung pertumbuhan dan kesehatannya.



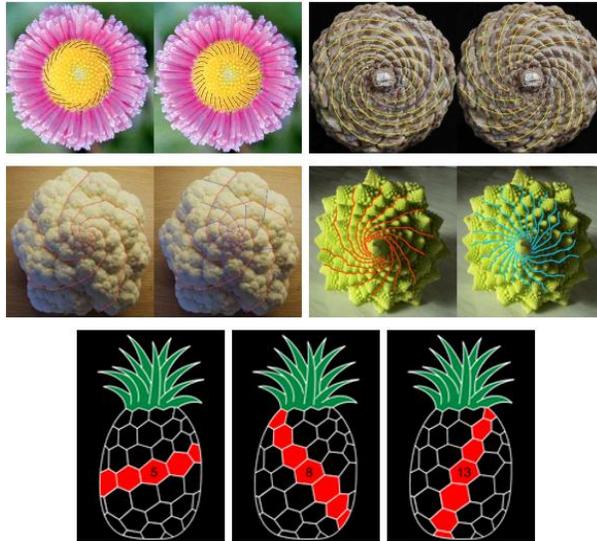
Gbr. 3.29. Pola pertumbuhan pohon cemara Norwegia

Bunga aster juga menunjukkan pola Fibonacci dan sudut emas dalam rangkaian bunganya. Kelopak dan biji bunga sejajar dalam bentuk spiral yang mengikuti deret Fibonacci, di mana jumlah spiral di setiap arah biasanya sesuai dengan angka Fibonacci yang berurutan, seperti 21 dan

34. Selain itu, sudut divergensi antara kelopak atau biji yang berurutan adalah sekitar sudut emas. Jika spiral dililitkan pada sudut emas, maka akan membentuk spiral logaritmik. Jika kuntum bunga aster membentuk spiral logaritmik, maka kuntum bunga aster akan mempertahankan bentuknya saat tumbuh. Spiral logaritmik serupa dengan dirinya sendiri, yang berarti bahwa bentuk spiral tetap konsisten bahkan saat spiral itu mengembang. Sifat yang melekat pada spiral logaritmik memungkinkan bunga aster untuk mempertahankan struktur geometrisnya secara keseluruhan sepanjang pertumbuhannya.

Pola serupa ditemukan pada buah pinus, kembang kol, dan brokoli Romanesco. Sisik buah pinus tersusun secara rumit dalam bentuk spiral yang mengikuti angka Fibonacci, umumnya menampilkan 8 spiral pada satu arah dan 13 spiral pada arah yang berlawanan, dengan setiap sisik diposisikan secara hati-hati pada sudut emas. Demikian pula, kuntum kembang kol dililitkan dalam 5 spiral di satu arah dan 8 di arah lainnya, yang mencerminkan urutan angka yang sama. Pada brokoli Romanesco, kuntum bunga disusun dalam 13 spiral di satu arah dan 21 spiral di arah lainnya.

Angka Fibonacci pada nanas dapat ditemukan pada susunan matanya. Mata ini disusun dalam bentuk spiral yang mengikuti angka Fibonacci, biasanya membentuk tiga set spiral yang berbeda. Umumnya, Anda dapat menemukan 8 spiral yang menanjak ke satu arah, 13 spiral ke arah yang berlawanan, dan terkadang 21 spiral ke arah yang lain, masing-masing set sejajar dengan angka Fibonacci yang berurutan. Pola ini memastikan pengemasan yang efisien dan memaksimalkan integritas struktural buah. Pengaturan ini memungkinkan nanas untuk tumbuh secara seragam dan mendistribusikan nutrisi secara merata, menampilkan aplikasi alami dari deret Fibonacci dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman.



Gbr. 3.30. Deret Fibonacci dan spiral logaritmik yang ditemukan pada tanaman

Kurva pertumbuhan yang mengikuti spiral logaritmik tidak hanya dapat ditemukan pada tumbuhan, tetapi juga pada manusia dan hewan lainnya. Contohnya adalah pinna manusia, rumah siput di telinga, jari-jari manusia, ekor kuda laut, tanduk kambing gunung, dan cangkang berbagai jenis siput, termasuk nautilus. Jika pola pertumbuhan ini tidak mengikuti spiral logaritmik, mereka tidak akan mampu mempertahankan bentuk karakteristik mereka saat mereka terus tumbuh, dan pada akhirnya kehilangan fungsi yang berbeda dan integritas struktural yang unik.

Sebagai contoh, jika pola pertumbuhan rumah siput tidak mengikuti spiral logaritmik, maka secara signifikan akan mempengaruhi kemampuannya untuk memproses suara secara efisien. Spiral logaritmik memungkinkan gradien frekuensi terdeteksi di sepanjang panjangnya, dengan frekuensi tinggi di bagian dasar dan frekuensi rendah di bagian puncak. Penyimpangan dari pola ini dapat mengakibatkan jarak yang tidak merata pada area deteksi frekuensi, yang menyebabkan gangguan pendengaran atau kesulitan

membedakan antara frekuensi suara yang berbeda. Pengaturan yang tepat ini sangat penting untuk peran rumah siput dalam mengubah gelombang suara menjadi sinyal saraf, sehingga memungkinkan persepsi pendengaran yang akurat.



Gbr. 3.31. Koklea, telinga, kuda laut, dan tulang buku-buku jari tangan

Banyak pola fraktal yang dapat ditemukan di alam, termasuk pola percabangan pakis dan pohon, struktur daun pakis, susunan kuntum bunga pada kembang kol, brokoli, dan brokoli romanesco, sistem perakaran banyak tanaman, dan pohon cemara.



Gbr. 3.32. Fraktal yang ditemukan pada pakis dan brokoli Romawi

Pola fraktal juga hadir dalam sistem biologis. Percabangan pembuluh darah, dari arteri utama hingga kapiler terkecil, mengikuti pola fraktal. Struktur fraktal memaksimalkan area permukaan untuk pertukaran nutrisi dan gas sekaligus meminimalkan energi yang dibutuhkan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Percabangan fraktal memastikan bahwa setiap sel mendapatkan suplai oksigen dan nutrisi yang cukup.

Selain itu, sifat fraktal pembuluh darah berkontribusi pada ketahanan dan kemampuan beradaptasi. Pola yang berulang dapat dengan mudah beradaptasi dengan pertumbuhan dan perbaikan, mempertahankan sirkulasi yang efisien meskipun terjadi perubahan atau kerusakan.

Sistem pernapasan manusia juga memiliki pola fraktal. Struktur paru-paru terdiri dari trakea yang bercabang menjadi bronkus, yang selanjutnya terbagi menjadi bronkiolus yang lebih kecil, yang berpuncak pada alveoli tempat pertukaran gas terjadi. Setiap divisi mempertahankan pola fraktal. Arsitektur fraktal ini memaksimalkan luas permukaan, yang sebesar ukuran lapangan tenis, untuk pertukaran gas sambil meminimalkan volume yang ditempati oleh paru-paru. Dengan mengikuti pola fraktal, paru-paru dapat secara efisien menyalurkan oksigen ke aliran darah dan mengeluarkan karbon dioksida, sehingga mengoptimalkan fungsi pernapasan.

Kehadiran pola-pola matematis seperti sudut emas, deret Fibonacci, dan fraktal di alam dan sistem biologis menantang gagasan mutasi acak dan seleksi alam. Jarak optimal sudut emas untuk daun dan efisiensi deret Fibonacci dalam pengaturan biji, misalnya, menunjukkan desain yang disengaja untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya. Kompleksitas fraktal yang mirip dengan struktur seperti pembuluh darah dan akar tanaman menunjukkan tingkat organisasi yang canggih yang tidak dapat dicapai dengan proses acak. Kompleksitas, ketepatan, dan keberadaan universal dari struktur-struktur ini menunjukkan desain cerdas yang telah ditentukan sebelumnya, bukan proses evolusi yang tidak terarah.

## 4. Undangan untuk Injil

"Ketika aku memperhatikan langit-Mu, karya jari-jari-Mu, bulan dan bintang-bintang, yang telah Engkau tetapkan,

apakah manusia sehingga Anda memperhatikan mereka, manusia sehingga Anda peduli terhadap mereka?

Engkau telah membuat mereka sedikit lebih rendah daripada para malaikat dan memahkotainya dengan kemuliaan dan kehormatan.

Engkau telah menjadikan mereka penguasa atas pekerjaan tangan-Mu; Engkau telah meletakkan segala sesuatu di bawah kaki mereka:

semua kewanan dan kewanan ternak, dan binatang-binatang di alam liar,

burung-burung di udara, dan ikan-ikan di laut, semua yang berenang di lautan.

TUHAN, Tuhan kami, betapa agungnya nama-Mu di seluruh bumi!"  
(Mazmur 8:3-9)

Ayat-ayat Alkitab di atas dengan indah mencerminkan kekaguman dan keajaiban ciptaan, mengakui keagungan langit dan desain alam semesta yang rumit sebagai bukti dari Sang Pencipta. Dalam ayat-ayat ini, pemazmur mengagumi bulan, bintang-bintang, dan bentangan langit yang luas, yang telah ditetapkan Tuhan, mengakui tindakan penciptaan yang disengaja dan memiliki tujuan. Kreasionisme mengacu pada rasa kagum ini, menegaskan bahwa kompleksitas dan keteraturan yang terlihat di alam bukanlah hasil dari kebetulan, melainkan rancangan yang disengaja oleh Sang Pencipta yang ilahi. Refleksi pemazmur tentang kecilnya umat manusia dibandingkan dengan keagungan kosmos menyoroti keyakinan bahwa, terlepas dari luasnya alam semesta, Tuhan telah memilih untuk memahkotai kita dengan kemuliaan dan kehormatan, memberi kita kekuasaan atas karya tangan-Nya. Hubungan yang mendalam antara Allah dan umat manusia ini menunjukkan kasih-Nya yang mendalam kepada kita dan kerinduan-Nya agar kita hidup dalam persekutuan dengan-Nya.

Dalam bab ini, saya ingin memperkenalkan Injil, yang mengungkapkan bagaimana kasih dan kerinduan Allah akan persekutuan dengan kita digenapi melalui Yesus Kristus, yang menawarkan kepada kita kesempatan untuk diperdamaikan dengan-Nya dan hidup dalam kepenuhan kasih karunia-Nya. Bagi mereka yang masih bergumul untuk mempercayai keberadaan Allah yang dinyatakan melalui alam semesta dan seluruh ciptaan, saya juga ingin mempersembahkan Pascal's Wager.

Blaise Pascal adalah seorang filsuf, matematikawan, fisikawan, dan penulis Prancis abad ke-17 yang terkenal dengan refleksi filosofisnya mengenai sifat dan keyakinan manusia, terutama dalam karyanya 'Pensées'. Dia menyajikan argumen filosofis tentang keberadaan Tuhan yang disebut Taruhan Pascal. Pascal berpendapat bahwa hidup seolah-olah Tuhan itu ada adalah keputusan yang rasional karena jika Tuhan itu ada, maka orang yang beriman akan mendapatkan kebahagiaan abadi, sementara jika Tuhan tidak ada, maka kerugiannya tidak berarti. Sebaliknya, jika seseorang hidup seolah-olah Tuhan tidak ada dan salah, potensi kerugiannya sangat besar, termasuk penderitaan kekal, sementara keuntungannya jika benar sangat kecil. Oleh karena itu, Pascal menyimpulkan bahwa percaya kepada Tuhan adalah 'taruhan' yang lebih aman dan menguntungkan.

	Tuhan ada	Tuhan tidak ada
Percaya kepada Tuhan	Sukacita abadi (surga)	Tidak ada yang terjadi
Tidak percaya pada Tuhan	Penderitaan kekal (neraka)	Tidak ada yang terjadi

Tabel 4.1. Taruhan Pascal

Sejauh ini, kita telah melakukan diskusi yang panjang lebar tentang penciptaan dan evolusi, dengan mengakui keberadaan Allah. Jika Anda mengakui kebenaran ini, maka Taruhan Pascal menyajikan dua pilihan yang jelas: sukacita abadi (surga) atau penderitaan abadi (neraka).

Semua orang ingin memilih pilihan pertama, dan tidak ada yang ingin memilih pilihan kedua. Pada tahap ini, Anda mungkin meragukan keberadaan surga, tetapi surga benar-benar ada. Dalam 2 Korintus, Rasul Paulus membagikan pengalaman yang mendalam dan misterius yang memberikan gambaran sekilas tentang keberadaan surga. Ia menulis:

"Saya mengenal seorang pria di dalam Kristus yang empat belas tahun yang lalu terangkat ke langit ketiga. Entah itu di dalam tubuh atau di luar tubuh, aku tidak tahu - hanya Allah yang tahu. Dan aku tahu, bahwa orang itu - entah di dalam tubuh atau di luar tubuh, aku tidak tahu, tetapi Allah yang tahu - telah terangkat ke sorga dan telah mendengar hal-hal yang tidak dapat diungkapkan, yaitu hal-hal yang tidak boleh diceritakan kepada siapa pun." (2 Korintus 12:2-4)

Catatan Paulus menunjukkan bahwa surga, atau 'surga ketiga', adalah sebuah alam dengan keindahan yang tak terlukiskan dan kehadiran ilahi, yang berbeda dengan pengalaman duniawi kita. 'Surga ketiga' ini dianggap sebagai bagian tertinggi dari surga, tempat realitas spiritual tertinggi dan persekutuan dengan Tuhan. 'Hal-hal yang tidak dapat diungkapkan' yang didengar Paulus di sana menunjukkan bahwa pengalaman dan kebenaran surga berada di luar pemahaman dan bahasa manusia.

Perikop ini meyakinkan orang-orang percaya akan realitas surga dan sifatnya yang mendalam dan transenden, menawarkan pengharapan dan janji akan misteri-misteri ilahi yang menanti di balik keberadaan kita di bumi. Penglihatan Paulus ini menjadi bukti yang kuat akan keberadaan surga surgawi, sebuah tempat yang dipersiapkan oleh Allah bagi mereka yang mengasihi Dia.

Surga terbuka bagi siapa saja yang percaya kepada Yesus Kristus. Yesus Kristus datang ke bumi untuk menyelamatkan manusia dari dosa. Yesus adalah sosok yang bersejarah. Sejarah kita terbagi dalam periode SM (Sebelum Masehi) dan AD (Anno Domini, yang berarti 'pada tahun TUHAN kita'). Seperti yang tertulis dalam empat kitab Injil, Yesus

melakukan banyak mukjizat selama pelayanan-Nya, yang menunjukkan kuasa ilahi dan belas kasihan-Nya. Dia menyembuhkan orang sakit, seperti menyembuhkan orang kusta (Matius 8:1-4) dan memulihkan penglihatan orang buta (Yohanes 9:1-7). Dia juga melakukan mukjizat alam, termasuk meredakan badai (Markus 4:35-41) dan berjalan di atas air (Matius 14:22-33). Selain itu, Yesus membangkitkan orang mati, terutama Lazarus (Yohanes 11:1-44), dan melipatgandakan roti dan ikan untuk memberi makan ribuan orang (Matius 14:13-21). Mujizat-mujizat ini menegaskan identitas-Nya sebagai Anak Allah dan membawa pengharapan dan iman bagi banyak orang.

Jika Anda ingin percaya kepada Yesus dan mencari jaminan untuk masuk surga, Anda dapat mengikuti langkah-langkah berikut ini berdasarkan prinsip-prinsip inti dari iman Kristen:

Sadarilah bahwa Anda adalah orang berdosa yang membutuhkan pengampunan Tuhan. Dosa meliputi penghujatan, kesombongan, keserakahan, hawa nafsu, kemarahan, penyembahan berhala, perzinahan, pencurian, kebohongan, tipu daya, kebencian, perjudian, kemabukan, penyalahgunaan obat-obatan, dan banyak lagi-tidak ada yang terbebas darinya. Dosa ini telah merusak persekutuan kita dengan Allah, menciptakan jurang pemisah antara kita dengan-Nya. Alkitab berkata,

"Karena semua orang telah berbuat dosa dan telah kehilangan kemuliaan Allah," (Roma 3:23).

Percayalah bahwa Yesus Kristus adalah Anak Allah yang telah mati untuk dosa-dosa Anda dan bangkit kembali.

"Karena begitu besar kasih Allah akan dunia ini, sehingga Ia telah mengaruniakan Anak-Nya yang tunggal, supaya setiap orang yang percaya kepada-Nya tidak binasa, melainkan beroleh hidup yang kekal." (Yohanes 3:16)

Akuilah dosa-dosa Anda kepada Tuhan dan berpalinglah dari dosa-

dosa itu.

"Jika kita mengaku dosa kita, maka Ia adalah setia dan adil, sehingga Ia akan mengampuni segala dosa kita dan menyucikan kita dari segala kejahatan." (1 Yohanes 1:9)

Undanglah Yesus ke dalam hidup Anda untuk menjadi Juruselamat dan Tuhan Anda. Ini berarti mempercayai Dia untuk keselamatan Anda dan berkomitmen untuk mengikuti-Nya.

"Tetapi semua orang yang menerima-Nya, yaitu semua orang yang percaya dalam nama-Nya, diberi-Nya kuasa untuk menjadi anak-anak Allah." (Yohanes 1:12)

Berikut ini adalah doa sederhana yang dapat Anda ucapkan untuk mengekspresikan iman dan komitmen Anda kepada Yesus:

"Saya datang ke hadapan-Mu, mengakui dosa-dosa saya dan kebutuhan saya akan kasih karunia-Mu. Saya percaya Yesus telah mati untuk dosa-dosa saya dan bangkit kembali untuk memberikan saya hidup yang baru. Saya menerima Dia sebagai TUHAN dan Juruselamat saya, menyerahkan hati dan hidup saya kepada-Mu. Ampunilah saya, bersihkanlah saya, dan bimbinglah saya dengan Roh-Mu. Tolonglah saya untuk hidup dengan setia, berjalan dalam kasih dan tujuan-Mu. Terima kasih atas belas kasihan dan keselamatan-Mu. Dalam nama Yesus, Amin."

Setelah menerima Yesus, penting untuk bertumbuh dalam iman Anda yang baru. Bacalah Alkitab secara teratur, berdoa, dan temukan gereja lokal di mana Anda dapat menjadi bagian dari komunitas orang percaya yang akan mendukung dan menyemangati Anda.

Tunjukkan iman Anda melalui tindakan Anda dengan mengasihi orang lain, membagikan iman Anda, dan hidup sesuai dengan ajaran Yesus.

"Dengan demikian semua orang akan tahu, bahwa kamu adalah murid-murid-Ku, yaitu jikalau kamu saling mengasihi." (Yohanes 13:35)

Percaya kepada Yesus dan menyerahkan hidup Anda kepada-Nya adalah dasar dari iman Kristen dan jalan menuju kehidupan kekal di surga.

"Percayalah kepada Tuhan Yesus, dan engkau akan selamat - engkau dan seisi rumahmu!" (Kisah Para Rasul 16:31)

## Ucapan Terima Kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Pdt. Hwan-Chull Park dari Bridge Church, yang dengan cermat membaca seluruh draf dan membuat revisi yang cermat dan tambahan yang diperlukan.

Saya juga sangat berterima kasih kepada Pdt. Yong-Cheol Kim, Pdt. Jong-Kug Kim, Misionaris Kyoung Kim, dan Ny. Hyun-Ah Kim yang telah menginspirasi penerbitan buku ini melalui berbagai percakapan tentang Alkitab dan astronomi.

Selain itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. dan Pdt. Jun-Sub Im dari Gereja Korea BLOO-gene di Charlottesville, Dr. Kyoung-Joo Choi dari Arcturus Therapeutics, dan Dr. Chi-Hoon Park dari Korea Research Institute of Chemical Technology yang telah membaca naskah ini dan memberikan umpan balik yang sangat berharga. Terima kasih secara khusus kepada putra-putra saya, Samuel dan Daniel, atas bantuan mereka dalam pengerjaan gambar.

Pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, sekitar 150 hingga 200 misionaris Amerika tiba di Korea, meletakkan dasar bagi penginjilan Kristen, pendidikan, dan misi medis. Upaya mereka memainkan peran penting dalam menyebarkan Injil ke seluruh negeri dan pada akhirnya berdampak pada hidup saya juga. Oleh kasih karunia Yesus, saya menerima keselamatan dan menjadi anggota keluarga iman. Saya ingin menggunakan kesempatan ini untuk mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus atas dedikasi dan pelayanan mereka.

**Segala kemuliaan bagi Tuhan!**

## Image Credit

### 1. The Creation of the Universe

Fig. 1.1: NASA/JPL, Fig. 1.2: Hubble Heritage Team, Fig. 1.3: R. Hurt/JPL-Caltech/NASA, Fig. 1.4: Hubble/NASA/ESA, Fig. 1.5: Wikipedia/R. Powell, Fig. 1.6: Wikimedia/D. Leinweber, Fig. 1.7: NASA/CXC/M. Weiss(left), NASA/D. Berry (right), Fig. 1.8: Stellarium, Fig. 1.9: Physics Forums, Fig. 1.10: NASA/JPL-Caltech (left), A. Sarangi, 2018, SSR, 214, 63 (right), Fig. 1.11: Wikimedia/ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) (left), T. Müller (HdA/MPIA)/G. Perotti (The MINDS collaboration)/M. Benisty (right), Fig. 1.12: TASA Graphic Arts, Inc., Fig. 1.14: Jon Therkildsen, Fig. 1.15: www.neot-kedumim.org.il

### 2. God's Masterpiece, the Earth

Fig. 2.1: R. Narasimha, Fig. 2.3: NASA, Fig. 2.4: NASA/Goddard/Aaron Kaase, Fig. 2.6: Wikimedia, Fig. 2.7: Linda Martel, Fig. 2.8: Wikimedia, Fig. 2.9: NASA/ESA/H. Weaver & E. Smith (left), NASA/HST Comet Team (right), Fig. 2.10: Wikimedia/M. Bitton, Fig. 2.11: Wikimedia/John Garrett, Fig. 2.12: UK Foreign and Commonwealth Office, Fig. 2.13: Wikipedia, Fig. 2.16: Wikipedia/G. Taylor, Fig. 2.17: NASA/Caltech

### 3. Creation or Evolution?

Fig. 3.1: Wikipedia/Yassine Mrabet, Fig. 3.2: OpenEd/Christine Miller , Fig. 3.3: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.4: Wikipedia/Messer Woland & Szczepan (left), Wikipedia/LadyofHats (right), Fig. 3.5: J.E. Duncan & S.B. Goldstein, Fig. 3.6: Wikipedia/Fiona 126, Fig. 3.7: NASA, Fig. 3.8: R. Cui, Fig. 3.9: Wikipedia/Ansgar Walk, Fig. 3.10: The Whisker Chronicles, Fig. 3.11: Encyclopedia Britanica Inc., Fig. 3.12: Wikipedia, Fig. 3.13: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.14: Wikipedia/J.J. Corneveaux, Fig. 3.15: Smithsonian Institution, Fig. 3.17: NRAO/AUI/NSF (left), Wikipedia/Colby Gutierrez-Kraybill (right), Fig. 3.18: Wikipedia/MikeRun, Fig. 3.20 - Fig. 3.23: Shueisha, Inc./Obara Takuya, Fig. 3.24: Wikipedia/Pinakpani, Fig. 3.25: Wikipedia/Dicklyon, Fig. 3.26: Wikipedia/Stannered (1<sup>st</sup> img), Dicklyon (2<sup>nd</sup> img), Morn the Gom (3<sup>rd</sup> img), Eequor (4<sup>th</sup> img), Fig. 3.27: M. Kitazawa/J. Plant Res., Fig. 3.28: S.R. Rahaman, Fig. 3.30: Jill Britton

(pineapple), Fig. 3.32: Wikipedia/Farry (left), Wikimedia/Ivar Leidus (right).

## References

### 1. The Creation of the Universe

- 제자원 (2002), Oxford Bible Encyclopedia, *Bible Textbook Co.*, Genesis Chap. 1-11.
- Another universe existed before Big Bang? 우주먼지의 현자타임즈, 2/24/2024, <https://www.youtube.com/watch?v=RckLkaVzFe0>
- A Big Ring on The Sky: AAS 243rd Press conference. Alexia M. Lopez, 1/11/2024, <https://www.youtube.com/watch?v=fwRJGalcX6A>
- Bogdan, A., et al. (2024), 'Evidence for heavy-seed origin of early supermassive black holes from a  $z \approx 10$  X-ray quasar', *Nature Astronomy*, 8, 126.
- Bonanno, A., & Fröhlich, H.-E. (2015), 'A Bayesian estimation of the helioseismic solar age', *Astronomy & Astrophysics*, 580, A130.
- Karim, M. T., & Mamajek, E. E. (2017), 'Revised geometric estimates of the North Galactic Pole and the sun's height above the Galactic mid-plane', *MNRAS*, 465, 472.
- Lopez, A. M., et al. (2022), 'Giant Arc on the sky', *MNRAS*, 516, 1557.
- Lopez, A. M., Clowes, R. G., & Williger, G. M. (2024), 'A Big Ring on the Sky', *JCAP*, 07, 55.
- Lyra, W., et al. (2023), 'An Analytical Theory for the Growth from Planetesimals to Planets by Polydisperse Pebble Accretion', *The Astrophysical Journal*, 946, 60.
- Penrose, R. (2016), *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Perotti, G., et al. (2023), 'Water in the terrestrial planet-forming zone of the PDS 70 disk', *Nature*, 620, 516.
- Sandor, Zs., et al. (2024), 'Planetesimal and planet formation in transient dust traps', *Astronomy & Astrophysics*, in press.
- Schiller, M., et al. (2020), 'Iron isotope evidence for very rapid accretion and differentiation of the proto-earth', *Science Advances*, 6, 7.

- Tonelli, G. (2019), *Genesis: The story of how everything began*, Farrar, Straus and Giroux, New York, pp 19-44
- Tryon, E. P. (1973), 'Is the Universe a vacuum fluctuation', *Nature*, 246, 396.
- Vorobyov, E. I., et al. (2024), 'Dust growth and pebble formation in the initial stages of protoplanetary disk evolution', *Astronomy & Astrophysics*, 683, A202.
- Yi, S., et al. (2001), 'Toward Better Age Estimates for Stellar Populations: The Y2 Isochrones for Solar Mixture', *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 136, 417.

## 2. God's Masterpiece, the Earth

- Comins, N. F. (1993), *What If the Moon Didn't Exist?* HarperCollins Publishers Inc., New York, NY.
- Gonzalez, G. & Richards, J. W. (2004), *The privileged planet: How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery*, Regnery Publishing, Inc.
- Lineweaver, C. H., et al. (2004), 'The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way', *Science*, 303 (5654), 59.
- Lüthi, D. et al. (2008), 'High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000 - 800,000 years before present', *Nature*, 453, 379.
- Narasimha, R., et al. (2023), 'Making Habitable Worlds: Planets Versus Megastructures', *arXiv:2309.06562*.
- OpenAI. (2024), *ChatGPT (4o)* [Large language model], <https://chatgpt.com>
- Ward, Peter D. & Brownlee, Donald (2000), *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*, Copernicus Books (Springer Verlag).

## 3. Creation or Evolution?

- Abelson, P. H. (1966), 'Chemical Events on the Primitive Earth', *Proc*

- Nat Acad Sci*, 55, 1365.
- Behe, M. J. (2006). *Darwin's black box: The biochemical challenge to evolution*. Free Press.
- Behe, M. J. (2020). *Darwin devolves: The new science about DNA that challenges evolution*. HarperOne.
- Bernhardt, H. S. (2012), 'The RNA world hypothesis: the worst theory of the early evolution of life (except for all the others)', *Biology Direct*, 7, Article number: 23.
- Chyba, C. F., & Sagan, C. (1992), 'Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: An inventory for the origins of life'. *Nature*, 355, 125.
- Cui, R., 'The transcription network in skin tanning: from p53 to microphthalmia',  
<https://www.abcam.com/index.html?pageconfig=resource&rid=11180&pid=10026>
- Dembski, W. A., & Ewert, W. (2023). *The design inference: Eliminating chance through small probabilities*. Discovery Institute.
- Danielson, M. (2020), 'Simultaneous Determination of L- and D- Amino Acids in Proteins', *Foods*, 9 (3), 309.
- Fabre, J.-H. (2015), *The Mason -Bees (Perfect Library)*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Higgins, M. (2014), 'Bear evolution 101', *The Whisker Chronicles*,  
<https://thewhiskerchronicles.com/2014/01/03/bear-evolution-101/>
- Kasting, J. F. (1993). 'Earth's Early Atmosphere.' *Science*, 259(5097), 920.
- Maslin, M. (2016), 'Forty years of linking orbits to ice ages', *Nature*, 540 (7632), 208.
- Miller, S. L. (1953), 'A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions', *Science*, 117, 528
- Mumma, M. M., et al. (1996), 'Detection of Abundant Ethane and Methane, Along with Carbon Monoxide and Water, in Comet

- C/1996 B2 Hyakutake: Evidence for Interstellar Origin', *Science*, 272 (5266), 1310.
- OpenAI. (2024), *ChatGPT* (4o) [Large language model], <https://chatgpt.com>
- Park, Chi Hoon (2024), 'Stop codon points to GOD', Proceedings of the 20<sup>th</sup> Anniversary KRAID Symposium
- Pinto, J. P., Gladstone, G. R., & Yung, Y. L. (1980), 'Photochemical Production of Formaldehyde in Earth's Primitive Atmosphere', *Science*, 210, 183.
- Pinto, O. H., et al. (2022), 'A Survey of CO, CO<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>O in Comets and Centaurs', *Planet. Sci. J.*, 3, 247.
- Russo, D., et al. (2016), 'Emerging trends and a comet taxonomy based on the volatile chemistry measured in thirty comets with high resolution infrared spectroscopy between 1997 and 2013', *Icarus*, 278, 301.
- Sanjuán, R., Moya, A., & Elena, S. F. (2004), 'The distribution of fitness effects caused by single-nucleotide substitutions in an RNA virus', *Proc Natl Acad Sci*, 101(22), 8396.
- Trail, D., et al. (2011), 'The oxidation state of Hadean magmas and implications for early Earth's atmosphere', *Nature*, 480, 79.
- Urey, H. C. (1952). 'On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life.' *Proc Natl Acad Sci*, 38(4), 351.
- Wikipedia, Mutation (Distribution of fitness effects).
- Wikipedia, Visual phototransduction.
- Yang, P.-K. (2016), 'How does Planck's constant influence the macroscopic world?', *Eur. J. Phys.*, 37, 055406.
- Zahnle, K. J. (1986), 'Photochemistry of methane and the formation of hydrocyanic acid (HCN) in the Earth's early atmosphere', *J. Geophys Res*, 91, 2819.



## About the Author

Dr. Dongchan Kim earned his B.S. in Astronomy from Yonsei University in Seoul, Korea, and his Ph.D. in Astronomy from the University of Hawaii. After completing his doctoral studies, he pursued astronomical research at several institutions, including NASA's Jet Propulsion Laboratory/Caltech, Seoul National University, and the University of Virginia.

Dr. Kim's research focuses on luminous infrared galaxies (LIRGs), ultraluminous infrared galaxies (ULIRGs), quasars, and recoiling supermassive black holes.

He is affiliated with the National Radio Astronomy Observatory in Charlottesville, Virginia, USA.

The English version of this book was published under the title '**DIVINE GENESIS: Exploring Creation through Astronomy and Biology**' on Amazon USA. The PDF version of this book, along with translations in multiple languages, can be downloaded from [divine-genesis.org](http://divine-genesis.org).