

**MODUL /  
BAHAN AJAR**

**ILMU KEALAMAN DASAR**  
Oleh  
**Ir. Agung Priyo Hutomo, MS**

**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS  
UNIVERSITAS MULAWARMAN  
SAMARINDA  
2021**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penyusun ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan sehingga dapat disusun modul (bahan ajar) Ilmu Kealaman Dasar.

Modul Ilmu Kealaman Dasar ini sepenuhnya disusun untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa yang mengambil mata kuliah Ilmu Kealaman di Universitas Mulawarman.

Penyusun telah berusaha sekuat tenaga dalam menyelesaikan modul ini, namun demikian tentu saja masih banyak kekurangannya. Untuk itu penyusun mengucapkan kritik dan saran-saran dari siapa saja demi penyempurnaan modul ini dimasa yang akan datang.

Demikianlah, dengan harapan semoga modul ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Samarinda Agustus 2021

penyusun

**SILABUS ILMU KEALAMAN DASAR (IAD)**  
**(SK DIRJEN DIKTI NO. 44/DIKTI/Kep/2006)**

- I. Pengantar IAD
  - A. Hakikat dan Ruang Lingkup IAD
  - B. IAD sebagai bagian dari MBB
- II. Alam Pikiran Manusia dan Perkembangannya
  - A. Sifat Unik Manusia dan Keingintahuannya
  - B. Perkembangan Fisik, Sifat dan Pikiran Manusia
  - C. Sejarah Pengetahuan Manusia
- III. Perkembangan dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Alam
  - A. Metode Ilmiah sebagai Dasar IPA
  - B. Perkembangan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)
  - C. Ruang Lingkup IPA dan Pengembangannya
- IV. Bumi dalam Alam Semesta
  - A. Pembentukan Alam Semesta dan Tata Surya
  - B. Bumi Sebagai Planet
  - C. Struktur Bumi
  - D. Pembentukan Benua dan Samudra
- V. Keanekaragaman Makhluk Hidup dan Persebarannya
  - A. Biosfer dan Makhluk Hidup
  - B. Asal Mula Kehidupan di Bumi
  - C. Keanekaragaman Makhluk Hidup
  - D. Persebaran dan Sejarah Perkembangan Makhluk Hidup
- VI. Makhluk Hidup dalam Ekosistem Alam
  - A. Populasi dan Komunitas Makhluk Hidup
  - B. Berbagai Bentuk Ekosistem Alami
  - C. Aliran Energi dan Materi dalam Ekosistem Alami
  - D. Macam-macam Bentuk Pola Kehidupan
- VII. Sumberdaya Alam dan Lingkungan
  - A. Klasifikasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup
  - B. Konsep-konsep Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup
  - C. Masalah Kependudukan dan Lingkungan Hidup
  - D. Prinsip dan Usaha Pelestarian Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup
- VIII. Ilmu Pengetahuan Alam dan Teknologi bagi Kehidupan Manusia
  - A. IPA sebagai dasar Pengembangan Teknologi
  - B. Sejarah Peradaban Manusiadan Perkembangan Teknologi
  - C. Manfaat dan Dampak IPA & Teknologi terhadap Kehidupan Sosial
  - D. IPA dan Teknologi Masa Depan
- IX. Beberapa Perkembangan Teknologi Penting
  - A. Bioteknologi
  - B. Teknologi Informasi
  - C. Teknologi Kearifan Lokal
- X. Isu Lingkungan
  - A. Isu Lingkungan Global
  - B. Isu Lingkuan Nasional
  - C. Isu Hubungan Lokal
  - D. Studi Kasus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nur Wakhidah, Ulfah Utami, dan Turmudi, 2007. Ilmu Alamiah Dasar. Prestasi Pustakaraya, Bandung**
- Santi Sewiki dan Sri Yuniati PKH, 2005. Ilmu Alamiah Dasar. Modul UT 1-6. Universitas Terbuka. Jakarta.**
- Maskoeri Jasin, 2005. Ilmu Alamiah Dasar. Edisi Revisi. PT Rajagrafindo Persada, Jakarta.**
- Supartono Widyosiswoyo, Hariwijaya Soewandi, dan Nizamuddin, 2004. Ilmu Alamiah Dasar. Ghalia Indonesia, Bogor.**
- Abdullah Aly dan Eny Rahma, 2004. Ilmu Alamiah Dasar, PT Bumi Aksara, Jakarta.**

# I. PENGANTAR ILMU KEALAMAN DASAR (IKD)

## A. Hakikat dan Ruang Lingkup IKD

Ilmu alamiah sering disebut Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan akhir-akhir ini disebut Ilmu Kealaman yang dalam bahasa Inggris disebut *natural science* atau disingkat *science*. IKD merupakan yang mengkaji gejala-gejala dalam alam semesta, termasuk bumi ini, sehingga terbentuk konsep dan prinsip. Ilmu Kealaman Dasar (*basic natural science*) hanya mengkaji konsep-konsep dan prinsip-prinsip dasar yang esensial saja. Dengan mempelajari IAD mahasiswa diharapkan mempunyai cakrawala yang luas dalam bidang ilmu alam serta dapat memanfaatkannya dalam memecahkan persoalan yang terkait dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta mengembangkan kepribadian yang arif dalam mengambil tindakan yang terkait dengan sumber daya alam, sosial budaya dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa dan bernegara.

**Cakupan materi ilmu alamiah dasar adalah sebagai berikut:**

1. Pengantar IAD
2. Alam Pikiran Manusia dan Perkembangannya.
3. Perkembangan dan Pengembangan IPA
4. Bumi dan Alam Semesta
5. Keanekaragaman Makhluk Hidup dan Persebarannya
6. Makhluk Hidup dalam Ekosistem Alam
7. Sumber Daya Alam dan Lingkungan
8. IPA dan Teknologi bagi Kehidupan Manusia
9. Beberapa Perkembangan Teknologi Penting
10. Isu Lingkungan

## B. IAD sebagai bagian dari MBB

Sesuai SK DIRJEN DIKTI No. 44/DIKTI/Kep/2006, Ilmu Kealaman dasar adalah salah satu pokok kajian kelompok matakuliah berkehidupan bermasyarakat (MBB), disamping ilmu sosial dan budaya dasar (ISBD).

Visi Kelompok MBB di perguruan tinggi merupakan sumber nilai dan pedoman bagi program studi guna mengantarkan mahasiswa memantapkan: kepribadian, kepekaan sosial, kemampuan hidup bermasyarakat, pengetahuan tentang pelestarian, pemanfaatan SDA dan lingkungan hidup, dan mempunyai wawasan tentang perkembangan Iptek dan seni.

**Misi kelompok MBB di perguruan tinggi membantu menumbuhkembangkan: daya kritis, daya kreatif, apresiasi dan kepekaan mahasiswa terhadap nilai-nilai sosial dan budaya demi memantapkan kepribadiannya sebagai bekal hidup bermasyarakat selaku individu dan makhluk sosial yang:**

- a. bersikap demokratis, berkeadaban, dan menjunjung tinggi nilai kemanusiaan, bermartabat serta peduli terhadap pelestarian SDA dan lingkungan hidup;
- b. memiliki kemampuan untuk menguasai dasar-dasar ilmu pengetahuan, teknologi dan seni; dan
- c. ikut berperan mencari solusi pemecahan masalah sosial budaya dan lingkungan hidup secara arif.

**Standar kompetensi kelompok MBB yang harus dikuasai mahasiswa meliputi erpikir kritis, kreatif, sistemik dan ilmiah, berwawasan luas: etis, estetis; memiliki apresiai; kepekaan dan empati sosial, bersikap demokratis, berkeadaban, dan menjunjung tinggi nilai kemampuan; memiliki kepedulian terhadap pelestarian sumberdaya alam dan lingkungan hidup, mempunyai wawasan tentang perkembangan ilmu pengetahuan teknologi dan seni serta dapat ikut serta berperan mencari solusi pemecahan masalah sosial, budaya dan lingkungan hidup secara arif.**

**Selanjutnya kompetensi dasar untuk IAD diharapkan mahasiswa dapat menjadi ilmuwan dan professional yang berpikir kritis, kreatif, sistemik dan ilmiah, berwawasan luas; etis, estetis serta memiliki kepedulian terhadap pelerstarian SDA dan lingkungan hidup, serta mempunyai wawasan tentang perkembangan iptek serta dapat ikut berperan mencasi solusi pemecahan masalah lingkungan hidup secara arif.**

## II. ALAM PIKIRAN MANUSIA DAN PERKEMBANGANNYA

### A. SIFAT UNIK MANUSIA

Manusia sebagai makhluk hidup umumnya mempunyai ciri-ciri sebagai berikut.

- 1 Organ tubuhnya kompleks dan sangat khusus, terutama otaknya sehinggamanusia merupakan makhluk yang sangat cerdas dan bijaksana (*homo sapiens*)
- 2 Mengadakan metabolisme atau pertukaran zat, yakni adanya zat yang masuk dan keluar dari tubuhnya.
- 3 Memberikan tanggapan terhadap rangsangan dari dalam dan luar. Manusia memiliki naluri untuk mempertahankan dirinya sehingga manusia dapat menciptakan peralatan canggih demi keselamatan dirinya.
- 4 Memiliki potensi untuk berkembang biak.
- 5 Tumbuh dan bergerak.
- 6 Berinteraksi dengan lingkungan, artinya:
  - a. Manusia dapat membuat alat-alat dan menggunakannya.
  - b. Manusia dapat berbicara, sehingga apa yang menjadi pemikiran dalam otaknya dapat disampaikan melalui bahasa lisan maupun tulisan kepada komunitas maupun generasi berikutnya.
  - c. Manusia dapat hidup bermasyarakat dan berbudaya, tidak bergerombol seperti hewan yang hanya mengenal hukum rimba, yang kuat itulah yang berkuasa. Dengan perkataan lain, manusia dapat bermasyarakat dengan tata tertib dan aturan yang diciptakan untuk kepentingan bersama dan saling tolong menolong.
  - d. Manusia dapat mengadakan usaha atas dasar perhitungan ekonomi, mengadakan tukar menukar barang maupun jual beli dengan prinsip ekonomi dan sekaligus kebutuhan materinya terpenuhi.
  - e. Manusia juga mengenal keindahan di sekelilingnya.
- 7 Bila tiba masanya, ia akan mati. Oleh karena itu, manusia menyadari adanya kekuatan gaib yang memiliki kemampuan lebih hebat dari manusia yang dapat mengatur jagad raya ini, sehingga menjadikan manusia berkepercayaan atau beragama (*homo religious*).

Bila kita bandingkan tubuh manusia dengan tubuh hewan tingkat tinggi lainnya, maka tubuh manusia lemah, misalnya gajah, harimau, burung, dan buaya. Gajah dapat mengangkat balok yang berat, harimau dapat berjalan cepat, burung dapat terbang, dan buaya dapat berenang cepat. Kelebihan manusia ialah rohaninya yaitu akal budi dan kemauannya sangat kuat sehingga dengan akal budi dan kemauannya itu manusia dapat

mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan kedua alat itu, manusia dapat menguasai dan mengungguli makhluk lain. Contohnya, manusia dapat bepergian dengan mobil super cepat, bergerak lebih cepat dengan kapal, terbang dengan pesawat terbang supersonic maupun mengangkat barang puluhan ton dengan mobil Derek. Akal budi dan kemauan keras itulah yang merupakan sifat unik manusia.

## 2. RASA INGIN TAHU

Ilmu Pengetahuan Alam itu, bermula dari rasa ingin tahu yang merupakan ciri khas manusia. Manusia mempunyai rasa ingin tahu tentang benda-benda di sekelilingnya, alam di sekitarnya baik bulan, bintang, maupun matahari yang dipandanginya, bahkan ingin tahu pula tentang dirinya sendiri.

Rasa ingin tahu seperti itu, tidak dimiliki oleh makhluk lain. Jelas kiranya bahwa rasa ingin tahu itu tidak dimiliki oleh benda-benda tak bernyawa seperti batu, tanah, sungai ataupun angin. Air dan udara memang bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain, namun gerakannya itu bukan atas kehendaknya sendiri, tetapi sekedar akibat dari pengaruh alamiah yang bersifat kekal.

Bagaimana halnya dengan makhluk-makhluk hidup seperti tumbuh-tumbuhan dan hewan? Sebatang pohon misalnya, menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan atau gerak, namun gerakan itu terbatas pada mempertahankan kelestarian hidupnya yang bersifat tetap, misalnya, akar pohon yang selalu cenderung mencari air yang kaya mineral untuk kebutuhan hidupnya. Kecenderungan semacam ini, tampak berlangsung sepanjang zaman.

Bagaimana dengan hewan yang menunjukkan adanya keinginan berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain? Mari kita ambil contoh ubur-ubur. Hewan sederhana ini berpindah tidak atas kehendak sendiri tetapi atas naluri untuk mencari makan. Bagaimana halnya dengan hewan tingkat lebih tinggi yang nyata-nyata mempunyai kemampuan untuk mengadakan eksplorasi terhadap alam sekitarnya? Misalnya ikan, burung, harimau maupun hewan yang sangat dekat dengan manusia, yakni monyet? Tentunya burung-burung bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain didorong oleh suatu keinginan, antara lain rasa ingin tahu, yaitu ingin tahu, apakah di suatu tempat cukup aman untuk membuat sarang? Setelah mengadakan eksplorasi, tentu mereka menjadi tahu.

Itulah pengetahuan dari burung tadi. Burung juga memiliki pengetahuan tentang bagaimana caranya membuat sarang di atas pohon. Burung Manyar atau burung Tempua, begitu pandai menganyam sarangnya yang begitu indah bergelantungan pada daun kelapa. Namun, pengetahuannya itu ternyata tidak berubah dari zaman ke zaman.

Bagaimana dengan monyet yang begitu pandai? Bila kita perhatikan baik-baik perilaku monyet-monyet itu, ternyata kehendak mereka untuk mengeksplorasi alam sekitarnya sangat besar. Hal itu didorong oleh rasa ingin tahu yang tetap sepanjang zaman atau yang oleh Issac Asimov (1920) disebut sebagai *idle curiosity* atau di buku lain disebut *instinct*. Insting itu berpusat pada satu hal saja, yakni untuk mempertahankan kelestarian hidup. Untuk itu mereka perlu makan, melindungi diri dan berkembang biak.



Bagaimana dengan manusia? Manusia juga memiliki insting seperti yang dimiliki oleh hewan dan tumbuh-tumbuhan. Dengan kemampuannya berbahasa, manusia memberikan nama pada setiap benda yang dikenalnya, sehingga dalam berkomunikasi dengan manusia lain, dapat menggunakan pengertian atau peristilahan yang sama. Dari benda-benda alam berdasarkan pengalaman, diketahuilah sifat-sifat dan kegunaannya bagi kehidupan manusia. Namun, dengan pertolongan akal budinya, manusia menemukan

berbagai cara untuk melindungi diri terhadap pengaruh lingkungan yang merugikan dan juga menimbulkan rasa ingin tahu yang selalu berkembang.

Rasa ingin tahu tidak terpuaskan sebab, jika salah satu soal dapat dipecahkan, maka timbul soal lain yang menunggu penyelesaian. Akal budi manusia pun tidak pernah puas dengan pengetahuan yang telah dimilikinya. Selalu timbul keinginan untuk menambah pengetahuan. Rasa ingin tahu pula yang mendorong manusia untuk melakukan berbagai kegiatan yang bertujuan untuk mencari jawaban atas berbagai persoalan yang muncul di dalam pikirannya.

Tiap individu atau kelompok individu mempunyai kelebihan yakni kemampuan berpikir atau dengan perkataan lain *curiosity*-nya tidak *idle*, tidak tetap seperti itu sepanjang zaman. Ia akan bertanya terus setelah tahu tentang apa-nya (*what*), mereka juga ingin tahu bagaimana (*how*) dan mengapa begitu (*why*). Manusia mampu menggunakan pengetahuannya yang terdahulu untuk dikombinasikan dengan pengetahuan yang baru sehingga menjadi pengetahuan yang lebih baru.

Hal tersebut berlangsung berabad-abad lamanya sehingga terjadi suatu akumulasi pengetahuan. Sebagai ilustrasi, kita bayangkan saja manusia purba zaman dahulu yang hidup di gua-gua atau di atas pohon. Namun, karena kemampuan berpikirnya tidak semata-mata didorong oleh sekedar kelesarian hidupnya, tetapi juga untuk membuat hidupnya lebih menyenangkan, mereka mampu membuat rumah di atas tiang-tiang kayu yang kokoh dan bahkan sekarang manusia mampu membuat istana ataupun gedung-gedung pencakar langit. Bandingkan, burung Tempura dengan sarangnya yang indah yang tampak tak mengalami perubahan sepanjang masa. Demikian juga harimau yang hidup di gua-gua atau monyet yang membuat sarang di atas pohon yang tidak berubah sepanjang zaman.



Gambar 1.1. Perkembangan kemampuan berpikir manusia untuk menyenangkan hidupnya

Rasa ingin tahu yang terus berkembang dan seolah-olah tanpa batas itu menimbulkan perbendaharaan pengetahuan pada manusia itu sendiri. Rasa ingin tahu manusia pada mulanya mengenai diri sendiri yang akhirnya disadari bahwa dirinya terdiri dari dua unsur, yaitu rohani dan jasmani. Diketahuinya bahwa roh itu ada dalam tubuh manusia, karena adanya pengalaman dan pengertian tentang mimpi dan orang meninggal. Roh dikatakan abadi walaupun telah meninggalkan badan, sedangkan tubuh yang telah ditinggalkan roh akan membusuk.

Penguburan atau pembakaran jenazah menunjukkan bahwa memang manusia memiliki peradaban yang lebih tinggi dari hewan. Pada hewan, bangkai hewan lain merupakan makanan.

Keingintahuannya dalam tahap berikutnya ialah apa yang terdapat di alam sekitarnya. Hal ini tidak saja meliputi kebutuhan-kebutuhan praktis untuk hidupnya sehari-hari seperti bercocok tanam, membuat panah atau lembing yang lebih efektif untuk berburu, tetapi pengetahuan manusia juga berkembang sampai kepada hal-hal yang menyangkut keindahan.

### 3. MANUSIA SELALU INGIN TAHU

Kaki manusia yang lebih panjang daripada lengannya dan mempunyai lekukan besar dengan ibu jari yang sebidang letaknya dengan jari-jari lainnya, sangat berbeda dengan kera. Kaki manusia sesuai untuk berjalan dengan tegak atau berlari, tetapi tidak sesuai untuk berpegangan pada dahan-dahan pohon.

Kepalanya terletak pada tulang belakang sedemikian rupa sehingga memungkinkan manusia untuk dapat melihat lurus ke depan jika berdiri tegak. Tempurung kepala manusia relatif lebih besar dibandingkan dengan binatang menyusui lainnya yang jalannya masih horizontal. Hal itu disebabkan karena volume otak manusia relatif lebih besar, walaupun tidak ada hubungan yang mutlak antara besarnya volume otak dengan kecerdasan. Volume otak manusia sekarang sebesar 1.200 - 1.500 cc, sedangkan simpanse hanya 350 - 450 cc. Manusia sebagai binatang menyusui memiliki sistem syaraf sentral yang berpusat di otaknya, di samping sistem syaraf periferi yang ada di seluruh tubuh. Selain secara biologis keadaan otak manusia seperti yang disebutkan tadi, otak perlu selalu memperoleh latihan berpikir terus-menerus, sehingga memiliki ketajaman.

Dalam kondisi otak demikianlah, manusia memiliki sifat selalu ingin tahu. Dalam benaknya manusia selalu bertanya karena keingintahuan apa sesungguhnya (*know why*). Seseorang merasa kurang puas, bila apa yang ingin diketahui tidak terjawab.

Dalam hubungan kenampulan manusia dengan alam, dibedakan atas dua tingkat peradaban, sebagai berikut.

*Pertama*, manusia masih sangat bergantung pada alam, sehingga ada kesan bahwa manusia ialah bagian dari alam. Manusia tingkat demikian disebut manusia alam (*natural man*) yang hidupnya bergantung pada pemberian alam (*food gathering*) dengan jalan meramu untuk memperoleh sayuran atau buah-buahan dan berburu untuk memperoleh daging. Kebutuhan primernya berupa sandang, papan, dan pangan juga masih sangat bergantung pada alam, misalnya, pakaian dibuat dari kulit kayu, rumahnya masih dibuat di atas pohon untuk menghindari bahaya dari binatang, dan makanannya masih dicari secara meramu dan berburu.

*Kedua*, manusia yang sudah menguasai alam, sehingga ada kesan manusia sebagai raja dunia. Manusia di tingkat demikian disebut manusia budaya (*cultural man*) yang hidupnya dilakukan dengan cara menghasilkan apa yang dibutuhkan (*food producing*). Pada awalnya, sifat *food producing* masih berkaitan dengan alam seperti bercocok tanam maupun memelihara ternak yang merupakan tingkat primer. Kemudian diusahakan jasa seperti sumber kehidupan yang lebih banyak lagi hasilnya dan merupakan tingkat sekunder dalam *food producing*. Kebutuhan hidup primer pada umumnya sudah dapat dipenuhi, sehingga kebutuhan sekunder lebih mewarnai kehidupannya seperti, pakaian merupakan sarana untuk menjaga gengsi, rumah merupakan tempat hidup sejahtera, dan

pangan merupakan sesuatu yang dinikmati di samping fungsi politiknya untuk dapat memelihara hidup. Manusia juga dikenal sebagai pencipta kedua (*second creator*), karena banyak mengubah yang ada di alam sehingga suatu daerah yang semula merupakan hutan pohon berubah menjadi hutan beton, karena manusia bukan hanya membangun rumah atau rumah ibadah, melainkan untuk pabrik dan kantor guna memperlancar bisnisnya.

#### 4. PERKEMBANGAN ALAM PIKIRAN MANUSIA

Rasa ingin tahu yang dimiliki manusia, menyebabkan alam pikiran manusia berkembang. Ada dua macam perkembangan yang dapat kita ketahui, sebagai berikut.

##### a. Perkembangan Alam Pikiran Manusia Sejak Dilahirkan Sampai Akhir Hayatnya

Alam pikiran seorang bayi yang baru dilahirkan, mengalami perkembangan yang hampir serupa dari zaman ke zaman. Ketika bayi tumbuh menjadi anak kecil yang mulai bisa mengamati lingkungan, muncul bermacam-macam pertanyaan di dalam pikirannya. Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan itu, anak kecil mengadakan penyelidikan sendiri atau bertanya kepada ibu, ayah, kakak atau orang lain yang mengasuhnya.

Alam pikiran anak berkembang dengan pesat. Rasa ingin tahu seorang anak akan melemah, apabila orang-orang di sekelilingnya terlalu sibuk, terlalu malas atau terlalu terdoh untuk memuaskan rasa ingin tahu anak tersebut. Dengan demikian perkembangan alam pikiran anak akan terhambat. Alam pikiran manusia semakin berkembang sesuai dengan peningkatan umurnya, sampai pada suatu saat di mana umurnya semakin tua akan terjadi penurunan daya ingat sehingga alam pikiran manusia tidak lagi berkembang tetapi berhenti bahkan seringkali kembali seperti masa kanak-kanak.

#### 4. Perkembangan Alam Pikiran Manusia Sejak Zaman Purba Hingga Dewasa Ini

Pada zaman purba, manusia sudah menghadapi berbagai teka-teki yakni terbit dan terbenamnya matahari, perubahan bentuk bulan, pertumbuhan dan pembiakan makhluk hidup, adanya angin, petir, hujan dan pelangi.

Terdorong rasa ingin tahu yang sangat kuat, manusia purba mulai menyelidiki apa penyebab terjadinya fenomena-fenomena itu dan apa akibatnya. Penyelidikan ini menghasilkan jawaban atas banyaknya persoalan, tetapi kemudian akan timbul persoalan-persoalan baru. Dengan demikian alam pikiran manusia purba mulai berkembang.

Perkembangan itu berlangsung terus sampai sekarang dan akan berlanjut di masa mendatang. Meskipun semua orang memiliki rasa ingin tahu, tetapi tidak setiap orang mampu dan mau mengadakan penyelidikan sendiri. Banyak yang sudah merasa puas dengan memilih jalan pintas yakni bertanya kepada orang lain yang telah menyelidiki atau bertanya kepada orang lain yang sudah bertanya. Jadi, dari tangan kedua, ketiga dan seterusnya. Cara melalui jalan pintas ini pun menyebabkan alam pikiran manusia berkembang. Pengetahuan yang terkumpul diwariskan dari generasi ke generasi, lalu ditambah dengan pengetahuan yang baru didapat.

## B. Perkembangan Fisik, Sifat dan Pikiran Manusia

### 1. Perkembangan Fisik Manusia

Fisik atau tubuh manusia mengalami proses pertumbuhan sedikit demi sedikit mulai dari masa di rahim ibu, masa setelah dilahirkan sampai dewasa. Proses perubahan tersebut diawali dari bentuk sel yang sangat sederhana pada saat pembuahan sampai ke bentuk sel yang sangat kompleks. Embrio atau janin di rahim induk terjadi dari hasil pembuahan sel telur induk oleh sel telur pejantannya. Sel telur yang dibuahi disebut *zygot*, yang terdiri dari satu set *kromosom* lengkap. Dari sel ini terbentuklah sel lain melalui proses mitosis atau disebut juga pembelahan sel, diferensiasi sel sehingga terbentuk janin, dan transformasi bentuk tubuh.

Perkembangan fisik manusia (normal) dimulai dari pertemuan sel telur dengan sperma di tuba falopii (tempat pembuahan) hingga mencapai usia kehamilan 9 bulan. Perkembangan fisik manusia di tuba falopii dijelaskan sebagai berikut:

Setelah ovulasi, sel telur turun ke tuba falopii. Jika satu sperma masuk ke dalam rahim melalui vagina sekitar 24 jam, terjadilah konsepsi. Lima minggu pertama terbentuk embrio atau janin sebesar 0,25 cm. Jantung walaupun tidak lebih besar dari benih opium, sudah mulai berdenyut.

Akhir bulan kedua (usia 9 minggu), panjang embrio 2,5 cm dan mulai terlihat jari-jari dengan selaput tipis antar jari. Pembuluh darah tampak jelas, plasenta (ari-ari atau tembuni) siap memberi makanan yang bergizi bagi bayi melalui *tali umbilical*. Jantung sudah terbagi menjadi 2 serambi kanan dan kiri.

Mulai minggu kedelapan, janin itu disebut *fetus*. Akhir dari tiga bulan pertama (minggu ke-13), fetus tumbuh menjadi 7,5 cm dan bertambah kuat. Ia mulai menelan dan menendang. Semua organ dan otot telah terbentuk dan mulai berfungsi. Akhir bulan keempat (usia 18 minggu) panjang fetus bertambah menjadi sekitar 14 cm. Ia dilapisi oleh selaput tebal dan rambut halus yang disebut *lanugo*. Denyut jantung terdengar jelas. Pada saat ini, ibu merasakan getaran tendangan bayinya.

Selaput pelindung kulit bayi yang disebut *vernix caseosa* mulai terbentuk. Dengan pemeriksaan USG, terlihat fetus mengisap ibu jari. Akhir dari bulan kelima (usia 22 minggu), fetus bertambah panjang menjadi 19 cm dari piuncak kepala sampai pinggul/pantai dengan berat sekitar 340 g - 500 g.

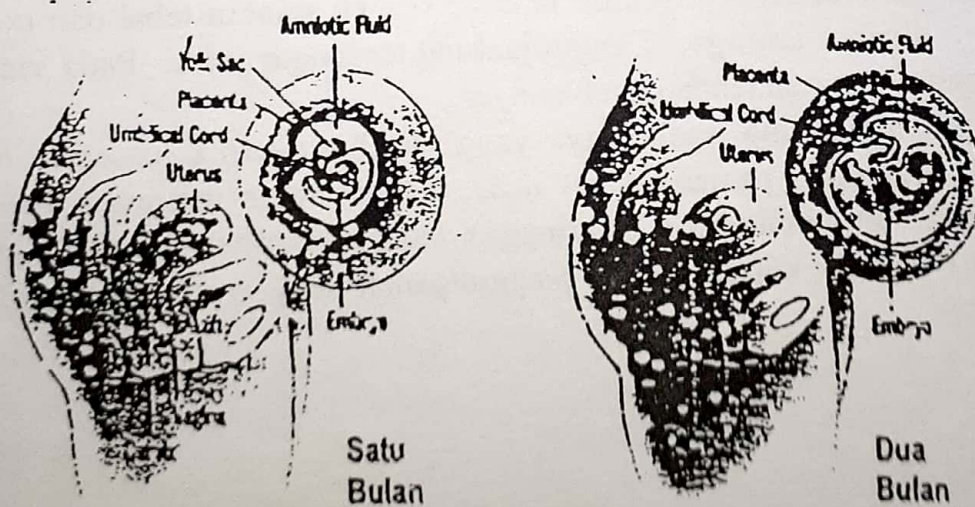
Alis mata, dan kelopak mata sudah terlihat. Faru-paru fetus terisi dengan cairan *amniotic* dan mulai berlatih bernafas. Jika sang ibu berbicara atau bemyanyi, fetus dapat mendengarnya. Akhir dari tiga bulan kedua (minggu ke-27), panjang fetus menjadi 33 cm dari kepala sampai jari kaki atau 25,5 cm dari kepala sampai pantat.

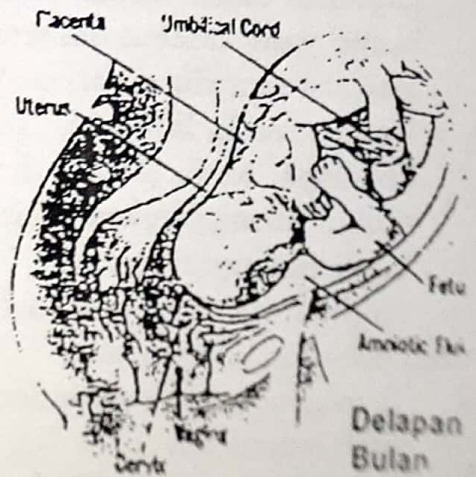
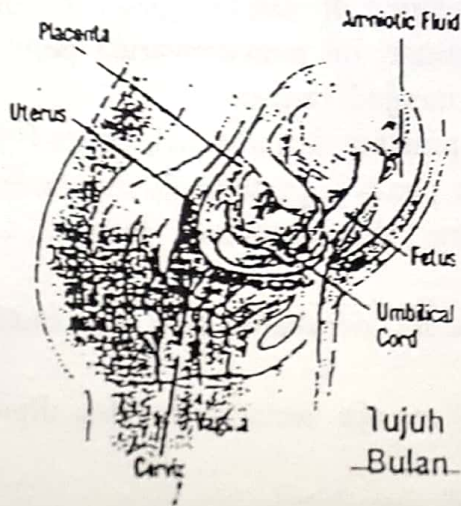
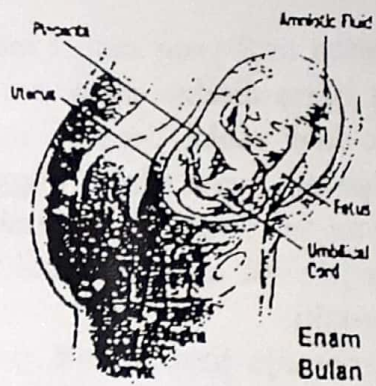
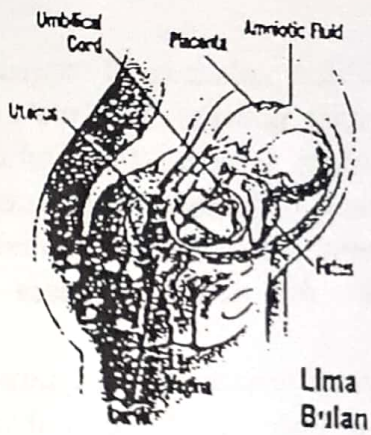
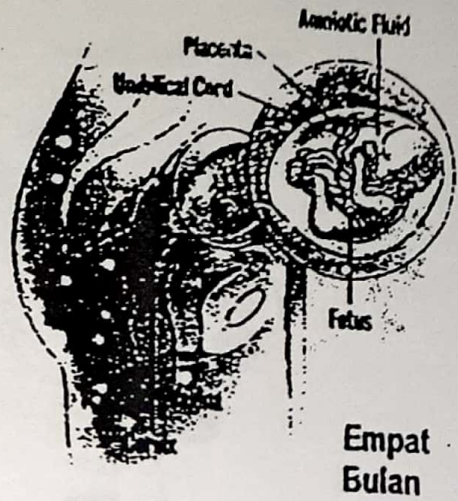
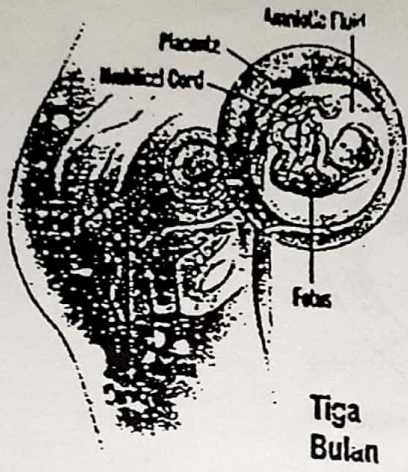
Akhir dari bulan ketujuh (usia 31 minggu), panjang fetus 45 cm dari atas sampai jari kaki. Badannya sudah normal terbentuk, kuku-kuku jari mempunyai ujung jari. Dia mencoba menuju ke tempat terang. Pada bulan kedelapan, fetus bertambah beratnya, rata-rata 1 pound per minggu dan lapisan lemak telah mengisi jaringan di bawah kulit. Ia mungkin bergerak dengan kepala ke bawah untuk persiapan kelahiran. Beratnya antara 1,8 sampai 2,7 gram.

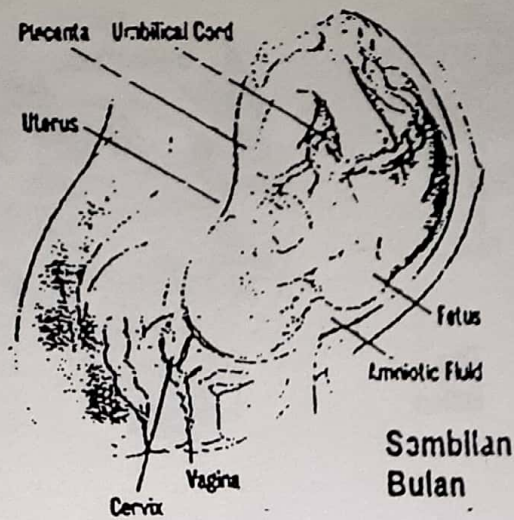
Setelah usia fetus mendekati kelahiran, beratnya bias mencapai 2,7 sampai 4,1 kg. Dan panjangnya antara 48 sampai 49 cm. Apabila fetus mendekati lubang kelahiran gerakannya berkurang.

Masa pertumbuhan manusia cukup cepat pada masa kanak-kanak sampai remaja kemudian menurun menjadi sangat lambat setelah mencapai dewasa sampai tua. Namun demikian, secara umum pertumbuhannya dinyatakan sangat lambat karena memakan waktu sekitar 30 % dari masa hidupnya.

Bentuk tubuh manusia mengalami perubahan yang sistematis dan teratur sesuai dengan kodratnya sejak bayi hingga dewasa. Perubahan fisik yang sangat nyata terjadi pada masa pubertas, terutama pada tanda-tanda kedewasaan seperti tumbuhnya rambut pada bagian tertentu dan fungsi genetaliaanya. Perubahan morfologis wanita pada masa pubertas, yang tidak dialami laki-laki, ialah pinggul membesar, pinggang meramping. Terbentuknya payudara serta datangnya siklus haid. Perbedaan bentuk tubuh dan alat genetalia tersebut dapat dimaklumi karena secara biologis mereka mempunyai peran yang berbeda dalam kehidupannya.







Perubahan fisik yang sangat menyolok terlihat pada usia 10 sampai 15 tahun yang biasa disebut masa pra remaja (masa puber). Pada masa ini, tubuh anak-anak mulai berubah menjadi seorang dewasa. Pertumbuhan fisik yang paling nyata adalah tinggi badan yang bertambah dengan cepat. Disusul dengan tumbuhnya rambut di ketiak dan sekitar kemaluan, munculnya jerawat atau menjadi berminyak, dan perubahan suara pada remaja laki-laki.

- a. Pada remaja perempuan, perubahan yang terjadi ialah payudaranya membesar, kadang disertai rasa nyeri atau tidak sama besar tumbuhnya. Hal ini normal adanya. Selain yang terlihat di luar perubahan juga terjadi di dalam tubuh. Kelenjar-kelenjar di otak mengeluarkan zat-zat kimia yang disebut hormon. Hormon ini mempengaruhi perubahan alat-alat reproduksi dari anak-anak menjadi remaja.
- b. Pada remaja laki-laki, kelenjar prostate dan seminal, uretra (saluran kencing), testis (buah zakar) dan penis juga tumbuh membesar dan mulai mengeluarkan cairan yang diperuntukkan sebagai tempat berkembangnya sperma.

Hormon-hormon yang mempengaruhi perubahan fisik dan emosi pada masa pubertas ini, terutama:

- a. Estrogen dan progesterone, pada remaja perempuan dan diproduksi oleh indung telur;
- b. Testosterone, pada remaja laki-laki diproduksi oleh testis.



## 2. PERKEMBANGAN SIFAT DAN PIKIRAN MANUSIA

Cara orang dewasa mencari pengetahuan umumnya sangat dipengaruhi oleh pengembangan pengetahuan pada masa anak-anak. Bila pada masa perkembangan, kecerdasannya kurang mendapatkan bimbingan yang baik, maka kemampuannya akan terus terbawa sampai tingkat dewasa. Berikut ini pengelompokan perkembangan kecerdasan manusia berdasarkan usia dari bayi hingga dewasa.

### a. Masa bayi (0 - 2 tahun)

Masa bayi menurut psikolog disebut juga *periode sensorimotorik*. Pada periode ini perkembangan kecerdasan bayi sangat cepat. Ia mulai belajar makan, berjalan, berbicara, dan mengikatkan diri pada orang lain. Dengan gerakan-gerakan anggota tubuhnya, ia belajar memadukan keterangan - keterangan melalui semua alat inderanya.

### b. Masa kanak-kanak (3 - 5 tahun)

Masa kanak-kanak disebut sebagai *periode praoperasional*, dengan kisaran usia 2 - 5 tahun. Pada periode ini, dorongan keingintahuannya sangat besar. Sehingga banyak yang menyebutkan masa ini sebagai masa bertanya, apalagi pada masa ini si anak sudah memiliki keterampilan berbahasa lisan. Namun pada masa ini pengungkapan sering menggunakan lambang-lambang, seperti bermain mobil-mobilan dengan garasinya menggunakan kotak kosong.

### c. Masa usia sekolah (6-12 tahun)

Masa ini disebut juga sebagai *periode operasional nyata*, dengan kisaran usia 6-12 tahun. Pada periode ini anak sangat aktif, ditandai dengan perkembangan fisik dan motorik yang baik. Para ahli psikologi menyebut juga masa ini sebagai "masa tenang", karena proses perkembangan emosional si anak telah mendapatkan kepuasan maksimal sesuai dengan kemampuan individu. Perolehan pengetahuannya masih dengan induksi (pengamatan dan percobaan), walaupun sudah mulai menggunakan penalaran dan logika.

### d. Masa remaja (13-20 tahun)

Masa remaja disebut juga dengan *periode operasional formal (11-15 tahun)*. Periode ini merupakan masa pertentangan (konflik), baik dengan dirinya sendiri maupun dengan

orang dewasa. Mereka berusaha mengekspresikan dirinya sebagai orang dewasa. Padahal secara fisik, mental, dan emosional belum mampu berbuat demikian. Perolehan pengetahuan mulai dilakukan secara deduksi dan mampu menggunakan nalar serta berhipotesis.

### e. Masa dewasa (> 20 tahun)

Masa dewasa ditandai dengan kemampuan individu untuk berdiri sendiri. Mereka mampu mengendalikan perilakunya dengan baik, menempatkan dirinya sebagai anggota dalam kelompok serta merupakan individu yang bertanggung jawab.

Masa balita merupakan masa emas (*golden age*) bagi anak. Di masa ini, anak manusia mengalami tumbuh kembang yang luar biasa, baik dari segi fisik, emosi, kognitif maupun psikososial. Perkembangan tersebut dapat kita lihat pada tabel 1, di bawah ini.

Tabel 1.1. Pertumbuhan dan perkembangan balita

Umur	Motorik Kasar	Motorik Halus	Komunikasi/Bicara	Sosial/ kemandirian
1 bl	Tangan dan kaki bergerak aktif	Kepala menoleh ke samping kanan dan kiri	Bereaksi terhadap bunyi lonceng	Menatap wajah bu/pengasuh
2 bl	Mengangkat kepala ketika lengkurap		Bersuara	Tersenyum spontan
3 bl	Kepala tegak ketika didudukkan	Memegang mainan	Tertawa/berteriak	Memandang tangannya
4 bl	Tengkurap-terlentang sendiri			
5 bl		Meraih, menggapai	Menoleh ke suara	Meraih mainan
6 bl	Duduk tanpa berpegangan			Memasukkan biskuit ke mulut
7 bl		Mengambil mainan dengan tangan kanan dan kiri	Bersuara ma...ma...	
8 bl	Berdiri berpegangan			
9 bl		Menjimpit		Melambaikan tangan
10 bl		Memukul mainan di kedua tangan		Bertepuk tangan
11 bl			Memanggil mama, papa	Menunjuk, meminta
15 bl	Berjalan	Mencoret-coret	Berbicara 2 kata	Minum dari gelas
1,5 th	Lari naik tangga	Menumpuk 2 mainan	Berbicara beberapa kata (mimik, pipis)	Memakai sendok, menyuapi
2 th	Menendang bola	Menumpuk 4 mainan	Menunjuk gambar (bola, kucing)	Melepas pakaian, memakai pakaian, menyikat gigi

Lanjutan,

Umur	Motorik Kasar	Motorik Halus	Komunikasi/Bicara	Sosial/Kemandirian
2,5 th	Melompat		Menggabung beberapa kata (mama pipis), menunjuk bagian tubuh (mata, mulut)	Mencuci tangan dan mengeringkan tangan
3 th		Menggambar garis legak	Menyebutkan warna benda, menyebutkan penggunaan benda (gelas untuk minum)	Menyebutkan nama teman
3,5 th	Berdiri 1 kaki	Menggambar lingkaran		Memakai baju kaos
4 th	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemampuan berlari meningkat dalam bentuk dan kekuatan</li> <li>- Kemampuan mengendalikan diri ketika berlari pun meningkat, terutama ketika berhenti, mulai berlari dan berbalik arah<sup>1</sup></li> <li>- Melompat dari ketinggian <math>\pm</math> 60 -70 cm dengan kedua kaki mendarat bersamaan</li> <li>- Mampu berdiri lalu melompat sejauh <math>\pm</math> 25 cm.</li> <li>- Dapat menuruni undakan yang tinggi dengan kaki bergantian (dengan tuntunan Anda)</li> </ul>	Menggambar tanda tambah		Memakai baju tanpa dibantu
4,5 th	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menuruni tangga yang sempit dengan kaki bergantian</li> <li>- Jarak lemparan meningkat<sup>2</sup></li> <li>- Menangkap bola besar dengan tangan dilenturkan di daerah siku<sup>3</sup></li> </ul>	Menggambar manusia (kepala, badan, kaki)		Bermain kartu, menyikat gigi tanpa dibantu

<sup>1</sup> 72% anak usia ini dapat menguasai kemampuan ini

<sup>2</sup> 20% anak usia ini menguasai kemampuan melempar

<sup>3</sup> 29% anak usia ini mulai menguasai kecakapan menangkap benda

Umur	Motorik Kasar	Motorik Halus	Komunikas/Bicara	Sosial/kemandirian
5 th	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemampuan bicaranya hampir menyerupai orang dewasa, dan melakukannya dalam permainan seperti bermain kejar-kejaran.</li> <li>- Mampu berlari, lalu melompat sejauh <math>\pm 60-75</math> cm<sup>4</sup></li> <li>- Dapat merunuti undakan yang panjang atau tangga yang lebar dengan kaki bergantian</li> <li>- Mulai memahami cara melempar dengan melangkahkan kaki kanan ke depan sambil melempar<sup>5</sup></li> <li>- Menangkap bola kecil dengan menggunakan telapak tangan<sup>6</sup></li> </ul>	Menghitung mainan		

Sumber: Subbarian Tumbuh Kembang-Pediatri Sosial, Esic: Ilmu Kesehatan Anak FKUI-RSCM, Jakarta (2001) dalam Nova, no. 355/XVII, 18 Juli 2004

Manusia sebagai *homo socius* yang senang mengadakan hubungan dengan sesama atau sekelompok manusia lainnya mulai mempelajari bahasa sejak ia berumur sekitar 12 bulan. Pada Tabel 1, sudah dirinci perkembangan komunikasi atau bicara anak, sedangkan pada Tabel 2, kita akan melihat gambaran usia anak dan pencapaian perkataan yang harus dikuasai ketika anak berusia 46 bulan atau menjelang usia 4 tahun. Usia di atas 4 tahun dapat memperhatikan perkembangan bahasa pada tahap pertama hingga keempat.

Tabel 1.2. Lima tahap perkembangan bahasa anak

Tahap	Hasil yang diperoleh
Pertama Usia rata-rata 12 - 26 bulan	<b>Kemampuan berbicara</b> Menghasilkan beberapa kata secara konsisten walaupun masih terbatas, dan secara bertahap mulai mengikuti aturan fonologi, seperti <i>cucu</i> untuk kata <i>susu</i> . Kini secara bertahap mampu mengucapkan kata <i>susu</i> dengan benar.  <b>Kemampuan berbahasa</b> Menggunakan satu kata untuk mengucapkan suatu objek dan beberapa objek ( <i>holofrase</i> ) ataupun mengungkapkan sesuatu hal yang berarti, mulai menggunakan kombinasi 2 kata untuk mengungkapkan

<sup>4</sup> 80% anak usia ini menguasai kemampuan melompat

<sup>5</sup> 74% anak usia ini menguasai kecakapan melempar

<sup>6</sup> 56% anak usia ini sudah mulai menguasai kecakapan menangkap

Tahap	Hasil yang diperoleh
	<p>keberadzan, pengingkaran, menyatakan rasa sakit, kepemilikan, menunjukkan lokasi dan tingkah laku.</p> <p><b>Kemampuan berkomunikasi</b></p> <p>Menggunakan bahasa tubuh untuk mengungkapkan maksud, menggunakan bahasa tubuh dan vokalisasi untuk mengomunikasikan keinginan dan menghadapi perilaku orang lain.</p>
<p><b>Kedua</b></p> <p>Usia rata-rata 27 – 30 bulan</p>	<p><b>Kemampuan berbicara</b></p> <p>Mulai mengikuti aturan fonologi untuk menghasilkan tampilan berbicara yang konsisten</p> <p><b>Kemampuan berbahasa</b></p> <p>Mulai menghasilkan morfem seperti, <i>di dalam, di atas, bentuk jamak, keterangan masa lampau, pernyataan kepemilikan</i>, dan mulai menggunakan kata pengganti orang seperti <i>saya, kamu, ia, dan mereka</i>.</p> <p><b>Kemampuan berkomunikasi</b></p> <p>Mampu bercakap-cakap dengan lawan bicara dan terlibat dalam percakapan pendek, menggunakan kata penunjuk seperti <i>di sini, di sana</i> untuk menyatakan lokasi</p>
<p><b>Ketiga</b></p> <p>Usia rata-rata 31 – 34 bulan</p>	<p><b>Kemampuan berbicara</b></p> <p>Mampu mengucapkan semua vokal dan konsonan dengan baik</p> <p><b>Kemampuan berbahasa</b></p> <p>Melanjutkan eksperimen berbahasanya melalui modifikasi kalimat pernyataan sederhana, mulai menghasilkan bentuk kalimat pengingkaran, interogatif dan perintah</p> <p><b>Kemampuan berkomunikasi</b></p> <p>Belajar untuk menjadi seorang lawan bicara yang baik, seperti menanti giliran berbicara dan menggunakan aturan bertanya yang baik, menggunakan berbagai pernyataan yang baik untuk mengungkapkan keinginan akan sesuatu objek dan pelayanan, mulai dapat menarik garis besar atau maksud dari percakapan yang dilakukannya.</p>
<p><b>Keempat</b></p> <p>Usia rata-rata 35 – 40 bulan</p>	<p><b>Kemampuan berbicara</b></p> <p>Mulai menyederhanakan kata-kata dan mengurangi kumpulan konsonan seperti mengucapkan <i>bangkal</i> untuk kata <i>b(e)rangkal</i>.</p> <p><b>Kemampuan berbahasa</b></p> <p>Menghasilkan kalimat pertanyaan dalam bentuk yang biasa digunakan oleh orang dewasa sehingga menghasilkan kalimat dalam bentuk yang lebih kompleks</p> <p><b>Kemampuan berkomunikasi</b></p> <p>Mulai memiliki kesadaran yang baik terhadap aspek sosial dari suatu percakapan, mulai menggunakan kalimat permohonan secara tidak langsung.</p>
<p><b>Kelima</b></p> <p>Usia rata-rata 41 – 46 bulan</p>	<p><b>Kemampuan berbicara</b></p> <p>Menghasilkan beberapa kelompok konsonan dan mulai menyatukannya seperti mampu mengucapkan kata-kata <i>b(e) rangkat</i> atau <i>tabruk</i> dengan benar.</p>

Tahap	Hasil yang diperoleh
	<p><b>Kemampuan berbahasa</b>  Mampu menggunakan keterangan masa lampau dalam berbahasa, mampu membalikan susunan pokok kalimat dan sebutan dalam membuat suatu kalimat pertanyaan, mampu menggunakan kata dan dan jika untuk menggabungkan suatu erak kalimat.</p> <p><b>Kemampuan berkomunikasi</b>  Mampu menyatakan perasaan dan emosi yang dimilikinya, menghasilkan suatu permohonan tidak langsung yang diucapkan melalui pertanyaan ataupun pernyataan.</p>

Sumber, *Ralita dan Masalah Perkembangannya, Seri Aychhanda, Jari 20001*

Perkembangan kemampuan berbicara, berbahasa dan berkomunikasi membutuhkan pendidikan dan latihan. Dengan pendidikan formal yang baik, maka manusia dapat mengemukakan pendapat, ide, maupun gagasan yang menjadi buah pikirannya, guna mengembangkan teknologi bagi kemudahan hidupnya. Pendidikan yang baik akan mudah ditangkap dan dicerna manusia bila sejak dari rahim ibu mendapat gizi yang baik

## **e. Sejarah Pengetahuan Manusia**

### **1. Mitos**

Rasa ingin tahu manusia menyebabkan manusia mengamati dan memperhatikan benda-benda di sekitarnya, yang pada akhirnya akan membentuk pengetahuan. Pengetahuan satu dengan yang lain kemudian berasosiasi membentuk pengetahuan yang baru. Disebabkan rasa ingin tahu manusia pengetahuannya akan berkembang, juga daya pikirnya. Perkembangan lebih lanjut dari rasa ingin tahu ialah keingintahuan untuk memenuhi kebutuhan non fisik atau kebutuhan alam pikirannya. Rasa ingin tahu manusia ternyata tidak dapat terpuaskan hanya atas dasar pengamatan maupun pengalamannya, mengingat indera manusia sangat terbatas. Untuk memuaskan alam pikirannya, manusia mereka-reka sendiri jawabannya.

Menurut A Comte sejarah perkembangan manusia itu ada tiga tahap yaitu:

#### **a. Tahap teologi atau fiktif**

Pada tahap ini manusia berusaha untuk mencari dan menemukan sebab yang pertama dan tujuan yang terakhir dari segala sesuatu dan selalu dihubungkan dengan kekuatan gaib. Sehingga manusia selalu beranggapan bahwa setiap gejala dan peristiwa dikuasai dan doleh para dewa dan kekuatan gaib lainnya.

#### **b. Tahap filsafat**

Pada tahap ini manusia tetap mencari sebab utama dan tujuan akhir, tetapi tidak lagi menyandarkan kepercayaan akan adanya kekuatan gaib, melainkan kepada akal nya sendiri, yakni akal yang mampu melakukan abstraksi guna menemukan hakikat dari segala sesuatu yang ingin diketahuinya.

#### **c. Tahap positif atau tahap ilmu**

Tahap positif merupakan tahap di mana manusia mampu berpikir secara positif, atas dasar pengetahuan yang telah dicapai dan dikembangkan secara pesat melalui pengamatan, percobaan dan perbandingan.

Mitos termasuk dalam tahap teologi. Mitologi berarti pengetahuan tentang mitos, yaitu kumpulan ceritera tentang mitos. Mitologi banyak muncul dalam zaman prasejarah. Mitos diciptakan untuk memuaskan rasa ingin rahu manusia untuk menjawab keterbatasan manusia tentang alam. Dalam alam pikiran mitos, rasio atau penalaran belum terbentuk, yang bekerja hanya daya khayal, intuisi, atau imajinasi.

Menurut C.A. van Peursen, mitos adalah suatu ceritera yang memberikan pedoman atau arah tertentu kepada sekelompok orang. Ceritera itu

dapat ditularkan, dapat pula diungkapkan lewat tari-tarian atau pementasan wayang dan sebagainya. Lewat mitos, manusia dapat turut serta mengambil bagian dalam kejadian alam sekitarnya dan dapat juga menanggapi daya kekuatan alam.

Contoh mitos, apakah pelangi itu? Mereka tak dapat menjawabnya. Maka, mereka mencoba menjawab dengan mengatakan bahwa pelangi adalah selendang bidadari. Jadi, muncul pengetahuan baru yakni bidadari. Selanjutnya, tentang mengapa gunung meletus, mereka mengatakan yang berkuasa marah. Dari jawaban itu muncul pengetahuan-pengetahuan yang berkuasa. Pengetahuan baru yang merupakan kombinasi antara pengaliaman, pengalaman dan kepercayaan disebut *mitos*. Ceritera-ceritera mitos itu disebut *legenda*. Cara berpikir untuk mencari jawaban atas masalah atau peristiwa (obyek) yang dihubungkan dengan makhluk gaib disebut cara berpikir *irasional*. Pengetahuan Mitos dapat diterima orang pada saat itu karena keterbatasan pengetahuan manusia, keterbatasan penalaran manusia, keingintahuan manusia dapat terpenuhi sementara dan keterbatasan alat indera manusia.

Keterbatasan alat indera manusia sebagai berikut.

a. **Alat penglihatan**

Mata tak dapat membedakan sepuluh gambar yang berbeda satu dengan yang lain dalam satu detik. Jika ukuran partikel terlalu kecil (< 1 mikron) atau terlalu jauh mata tak dapat melihat

b. **Alat pendengaran**

Pendengaran manusia terbatas pada getaran yang mempunyai frekuensi dari 30 sampai 30,000 hertz per detik. Getaran di bawah 30 atau di atas 30.000 hertz per detik tidak akan terdengar oleh telinga manusia.

c. **Alat pencium dan pengecap**

Manusia hanya bias membedakan 4 jenis rasa yaitu rasa manis, asam, asin dan pahit. Bau seperti parfum dan bau-bauan lain dapat dikenal oleh hidung kita jika konsentrasinya di udara lebih dari sepersepuluh juta bagian.

d. **Alat perasa**

Alat perasa pada kulit manusia dapat membedakan panas atau dingin, namun sangat relatif, sehingga tidak bias dipakai sebagai alat observasi.

Alat indera manusia berbeda-beda satu dengan yang lain, ada yang sangat tajam penglihatannya ada yang tidak. Akibat keterbatasan alat indera tersebut maka mungkin timbul salah informasi, salah tafsir dan mungkin juga salah pemikiran. Latihan dapat meningkatkan ketepatan alat indera,



namun tetap sangat terbatas. Usaha-usaha lain dengan mencipta-kan alat, meskipun alat yang diciptakan masih mengalami kesalahan. Pengulangan pengamatan dengan berbagai cara dapat mengurangi kesalahan pengamatan tersebut.

Puncak pemikiran mitos adalah pada zaman Babilonia, yaitu  $\pm$  700-600 SM. Orang-orang Babilonia berpendapat bahwa alam semesta itu sebagai ruang setengah bola dengan bumi yang datar sebagai lantainya dan langit dengan bintang-bintang sebagai atapnya. Namun, yang menakjubkan adalah mereka telah mengenal bidang ekleptika sebagai bidang edar matahari dan menetapkan perhitungan satu tahun, yaitu satu kali matahari beredar sampai kembali ke tempat semula, yakni selama 365,25 hari. Horoskop atau ramalan nasib manusia berdasarkan perbintangan juga berasal dari zaman Babilonia.

Sejarah pengetahuan manusia dikelompokkan dibagi menjadi zaman purba, zaman Babilonia, zaman pertengahan dan zaman modern.

## 2. Zaman Purba

Pengetahuan yang dikumpulkan zaman purba berasal dari kemampuan mengamati, membedakan dan dari hasil percobaan yang sifatnya trial and error. Semua pengetahuan yang diperoleh diterima begitu saja tanpa mencari tahu sebab akibatnya. Setelah manusia memiliki kemampuan menulis, membaca dan berhitung, pengetahuan yang terkumpul dicatat. Misalnya, pengamatan dan pencatatan peredaran matahari, ahli astronomi Babilonia menetyapkan pembagian waktu seperti, tahun dibagi dalam 12 bulan, minggu dibagi dalam 7 hari dan hari dalam 24 jam. Selanjutnya jam dibagi dalam 60 menit dan menit dalam 60 detik. Kemudian satuan 60 juga digunakan untuk pengukuran sudut, 60 detik sama dengan 1 menit, 60 menit sama dengan  $1^\circ$  dan satu lingkaran penuh ialah  $360^\circ$ . Para ahli Babilonia dapat juga meramalkan terjadinya gerhana matahari tiap 18 tahun tambah sepuluh atau sebelas hari. Ini terjadi kira-kira 3000 SM.

Kurang lebih tahun 1600 SM, orang Mesir telah menghitung keliling lingkaran sama dengan 3 kali garis tengahnya, sedang luas lingkaran sama dengan seperdua belas kuadrat kelilingnya.

## 3. Pengetahuan yang Berkembang pada Zaman Babylonia (600 – 200 SM)

Pengetahuan perbintangan pada zaman itu memang berkembang dan muncul pengetahuan tentang rasi-rasi atau kelompok bintang seperti rasi scorpio, virgo, Leo dan sebagainya. Pengetahuan dan ajaran orang

Babilonia tersebut setengahnya merupakan berasal dari hasil pengamatan dan pengalaman. Namun setengahnya berupa dugaan, imajinasi, kepercayaan atau mitos. Pengetahuan semacam itu dapat disebut *Pseudo science* (*scins palsu*), artinya mirip sains, tetapi bukan sains sebenarnya.

Suatu pola berpikir yang satu langkah lebih maju daripada *mitos* dan *pseudo science*, ialah penggabungan antara *pengamatan*, *pengalaman* dan akal sehat atau *rasional*. Contohnya ajaran-ajaran orang Yunani sekitar tahun 600 – 200 SM.

Tokoh-tokoh pembaharu di zaman Babilonia, sebagai pengubah pola pikir masa itu, antara lain adalah:

a. **Thales (624 – 546 SM)**

Seorang astronom Yunani yang juga ahli di bidang matematika dan teknik. Ia pertama yang berpendapat bahwa bintang-bintang mengeluarkan sinarnya sendiri, sedangkan bulan hanya memantulkan cahaya dari matahari. Bumi merupakan suatu piring yang datar yang terapung di atas air. Ia juga berpendapat keanekaragaman benda yang ada di alam raya merupakan gejala alam saja. Bahan dasarnya amat sederhana dan sama alam yaitu air.

b. **Anaximander (610 – 546 SM)**

Berpendapat bahwa alam semesta ini berbentuk seperti bola dengan bumi sebagai pusatnya. Langit dengan segala isinya, beredar mengelilingi bumi. Pendapat ini bertahan 2 abad. Ia juga membuat jam matahari atau petunjuk waktu dengan sebuah tongkat.

c. **Anaximenes (560 – 520 SM)**

Ia berpendapat, bahwa unsure dasar pembentukan semua benda ialah air. Namun air, merupakan salah satu bentuk saja. Ia dapat merenggang menjadi api (gas) atau memadat menjadi tanah. Inilah yang merupakan teori pertama tentang *transmutasi* unsur-unsur.

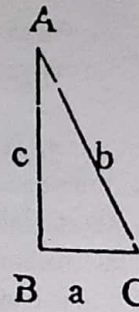
d. **Herakleitos (560 - 470 SM)**

Tokoh Yunani yang memberikan koreksi terhadap pendapat Anaximenes. Ia berpendapat, bahwa justru apilah yang menjadi penyebab adanya transmutasi itu. Tanpa api, benda-benda akan tetap seperti apa adanya.

e. **Phythagoras (580 – 500 SM)**

Ia berpendapat unsur dasar ada empat, bukan satu yang dapat berubah ke dalam tiga bentuk unsur. Keempat unsur dasar itu ialah tanah, api, udara dan air. Ia juga penemu dalil Pythagoras tentang segitiga siku-siku, yakni:

Kuadrat panjang sisi miring sebuah segitiga siku-siku sama dengan jumlah kuadrat panjang kedua sisi siku-sikunya



$$b^2 = a^2 + c^2$$

Gambar 1. Rumus Pythagoras

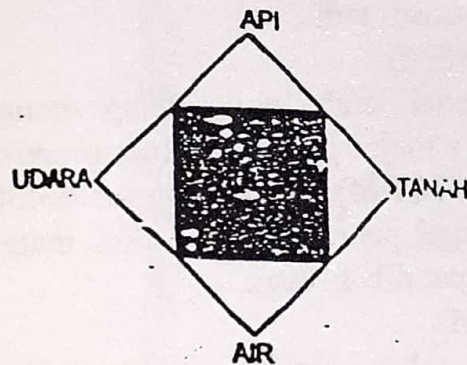
- f. **Empedokles (480 – 430 SM)**  
Tokoh ini menyempurnakan ajaran Pythagoras tentang empat unsur dasar yakni tanah, air, udara dan api, dengan memperkenalkan adanya tenaga penyekat atau tarik menarik dan tenaga pemisah atau tolak menolak. Kedua tenaga tadi adalah yang dapat mempersatukan atau memisahkan unsure-unsur tadi.
- g. **Socrates (470 – 399 SM)**  
Ilmunya yang terkenal ialah logika yang mengajar manusia untuk berpikir yakni adanya major premise, minor premise dan conclusion.
- h. **Demokritos (460 – 370 SM) dan Leucippus (±450 SM)**  
Mereka dinilai sebagai penemu atom yakni materi terkecil dari suatu benda yang tidak dapat dibagi lagi.
- i. **Plato (423 – 347 SM)**  
Ia mempunyai titik tolak berpikir yang berbeda dengan orang-orang sebelumnya. Ia yang sastrawan menghindari pemikiran yang terlalu materialistik seperti Demokritos dan Empedokles. Plato berpendapat bahwa keanekaragaman yang tampak ini sebenarnya suatu duplikat dari suatu yang kekal dan material.
- j. **Aristoteles (348 – 322 SM)**  
Ia merupakan pemikir terbesar pada zamannya. Ia membukukan intisari dari ajaran orang-orang sebelumnya. Aristoteles membuang hal-hal yang tidak masuk diakalnya dan menambahkan pendapatnya sendiri. Bukunya merupakan ensiklopedia pengetahuan masa itu. Tentang unsur dasar, ia menyebutkan adanya zat tunggal yang disebut *Hule*. Zat tunggal ini tergantung dari kondisinya, dapat berbentuk tanah, air, udara, atau api. Adanya transmudasi ini disebabkan keadaan dingin, lembab, panas dan kering. Contoh, bila *Hule* dalam kondisi lembab dan panas, maka ia berbentuk udara. Bila dalam keadaan panas

### j. Aristoteles (348-322 SM)

Ia merupakan pemikir terbesar pada zamannya. Ia membukukan intisari dari ajaran orang-orang sebelumnya. Aristoteles membuang hal-hal yang tidak masuk diakalnya dan menambahkan pendapatnya sendiri.

Bukunya merupakan ensiklopedia pengetahuan masa itu. Tentang unsur dasar, ia menyebutkan adanya zat tunggal yang disebut *Hule*. Zat tunggal ini tergantung dari kondisinya, dapat berbentuk tanah, air, udara atau api. Adanya transmutasi ini disebabkan oleh keadaan dingin, lembab, panas dan kering. Contoh, bila *Hule* dalam kondisi lembab dan panas, maka ia berbentuk udara. Bila dalam keadaan panas dan kering akan berbentuk api dan bila kering dan dingin berbentuk tanah.

Aristoteles tidak percaya adanya ruang hampa. Ia berpendapat bahwa bila di suatu tempat tidak ada apa-apanya (benda), di situ ada sesuatu yang *immaterial*, yakni *Ether* (bukan eter yang kita kenal sebagai senyawa kimia). Ajaran Aristoteles yang penting ialah suatu pola berpikir dalam memperoleh kebenaran berdasarkan logika. Dia juga sebagai orang pertama yang menyusun klasifikasi bintang yang ada di muka bumi ini.



Gambar 1.4. Transmutasi unsur-unsur dasar

### k. Archimedes (287 - 212 SM)

Seorang pakar di zamannya yang sudah menggunakan cara empiris didasarkan pada pengalaman atau percobaan. Ia ahli menemukan hukum-hukum di bidang matematika, fisika, dan mekanika. Salah satu hukumnya yang terkenal ialah benda yang terapung di air akan kehilangan berat sesuai dengan air yang ke luar.

### l. Ptolomeus (127-151 M)

Seorang tokoh besar setelah Aristoteles. Buah pikirannya yang penting ialah tentang bumi sebagai pusat sistem tata surya (*geosentris*), yakni bumi berbentuk bulat, diam seimbang tanpa tiang penyangga. Bintang-bintang menempel tetap pada langit dan berputar mengelilingi bumi, sekali dalam 24 jam. Planet beredar melalui orbitnya sendiri, terletak di antara bumi dan bintang.

## 4. PENGETAHUAN DI ZAMAN PERTENGAHAN (780 M - 828 M)

Perkembangan ilmu pengetahuan selanjutnya terjadi dan berkembang di Timur Tengah pada abad pertengahan yang diprakarsai oleh bangsa Arab. Banyak peninggalan pengetahuan bangsa Yunani yang diterjemahkan ke dalam bahasa Arab dan ditulis dalam bentuk buku serta dipakai sebagai acuan pada dunia Islam dan Eropa.

Pada zaman ini juga banyak dikembangkan metode eksperimen yang memungkinkan perluasan bidang kedokteran, farmasi, astronomi, kimia dan biologi. Penemuan penting yang digunakan sampai saat ini ialah penulisan bilangan (angka Arab) dan desimal yang memunculkan ilmu aljabar.

Tokoh pembaharu pada zaman ini menurut Supartono, dkk dalam bukunya *Ilmu Alamiah Dasar*, ialah sebagai berikut.

### a. Kwarizmi (+ 780 - 850 M)

Ia menghasilkan karya *Al Jabr wal Mukabala* yang berarti pengutuhan kembali dan perbandingan, memperkenalkan asas *algorisme* yang merupakan sistem hitungan nilai angka menurut tempat dari kanan ke kiri, satuan, puluhan, ribuan dan seterusnya. Sehingga penjumlahan bilangan dari atas ke bawah untuk sejumlah deret angka tidak mengalami kesulitan. Inilah yang kemudian menjadi dasar mesin hitung dan kalkulator. Sistem persepuluhan (*decimal*) yang sejajar dengan asas algoritme segera dapat menggantikan sistem perenam-puluhan (*hexadesimal*) yang sebelumnya digunakan oleh bangsa Semit. Angka Romawi yang tidak mengenal nol, tidak cocok dipakai dalam sistem persepuluhan dengan angka dibelakang koma, dan tidak dapat dipakai dalam penjumlahan dari atas ke bawah. Dari sistem Kwarizmi yang berasal dari bahasa Arab inilah, bangsa Barat menyebutkannya sebagai angka Arab, walaupun penulisannya sudah lain.

### b. Ar Razi (866 - 909 M)

Tokoh kedokteran dari kimia, orang Barat menyebutnya Raza. Ar-Razi merupakan orang pertama yang mendiagnosis penyakit cacar dengan cara membedakan antara cacar air (*variola*) dan cacar merah (*rougella*). Ia juga berhasil melaksanakan pengobatan dengan pemansan saraf, pengobatan penyakit kepala, mendiagnosis tekanan darah tinggi, dan menggunakan kayu pengikat untuk patah tulang (*smalk*). Sebagai ahli kimia ia menemukan air raksa (*mercury*).

### c. Nirazi (wafat 922 M)

Ia telah membuat planetarium dengan ketepatan yang diakui oleh para ahli. Ia mengkritik pendapat Ptolomeus yang berpaham geosentris, dan menulis sejumlah buku yang memuat tentang cuaca dan iklim, serta pengetahuan tentang bintang. Ia membuat alat bantu ilmu bintang yang dapat menggambarkan gerak-gerak benda langit dan mengukur jaraknya.

### d. Tsabit ibnu Qurrah (wafat 901 M)

Ia merupakan tokoh lain di bidang astronomi yang membahas waktu matahari (*Syamsiah*) yang lamanya setahun 365 hari, 5 jam, 49 menit, 1 detik

2. Ibnu Sina (980 – 1037 M)

Ia adalah tokoh kedokteran, orang Barat menyebutnya Avicenna. Dialah yang pertama kali menunjukkan bahwa udara merupakan penyalur penyakit dan merintis pengobatan penyakit saraf (*neurasthenia*). Karyanya yang berjudul *Al-Qanun jī'ih Thibb* atau *Pedoman Kedokteran* merupakan buku terluas yang dipergunakan dalam dunia Islam maupun Barat, seluruh karyanya berjumlah 170 buah yang sebagian besar sudah diterjemahkan dalam bahasa Latin.

f. Ibnu Rusyd (1126 – 1198 M)

Seorang penulis kedokteran umum, orang Barat menyebutnya Averroes. Ia merintis ilmu jaringan tubuh (*histology*) dan berjasa dalam penelitian pembuluh-pembuluh darah, ia juga mengatakan bahwa seseorang yang telah terkena penyakit cacar (seperti yang dikemukakan Ar-Razi) akan kebal terhadap penyakit tersebut.

g. Az Zahrawi (wafat 1013)

Orang yang merintis ilmu pengenalan penyakit (*diagnostic*) dan cara penyembuhan (*therapeutic*) penyakit telinga. Selain itu, juga merupakan perintis pembedahan telinga dan pelopor penyakit kulit (*dermatology*). Karya-karyanya yang telah diterjemahkan dalam bahasa Latin dan dicetak berulang kali di Eropa ialah *Genua* (1497), *Basel* (1541) dan *Oxford* (1778)

h. Ibnu Baithar (wafat 1248)

Di Barat, ia dikenal sebagai *Alpetragius* yakni seorang ahli tumbuhan. Karena ia banyak melakukan terapannya sebagai *applied science* untuk keperluan obat-obatan. Sebagian ilmunya memang berasal dari Yunani, tetapi 1.400 ramuan obat yang dikemukakannya, sebanyak 300 ramuan merupakan temuannya sendiri dan 200 merupakan ramuan dari tumbuhan. Karyanya yang terkenal ialah *Al Adwiyati'l Bashtithah* yang artinya *Ramuan-Ramuan Sederhana* dicetak dalam bahasa Latin dengan judul *Simplicia* (1758)

i. Al Ashama'I (740 M – 828 M)

Seorang sarjana ilmu hewan. Karyanya berjudul *Al Hayawan* yang berarti hewan. Di dalam buku tersebut dipaparkan tentang singa, harimau, gajah dan unggas. Ia meneliti binatang-binatang tersebut dalam alamnya serta perpindahannya yang berhubungan dengan musim.

## 5. PENGETAHUAN DI ZAMAN MODERN (ABAD 15 – HINGGA KINI)

Zaman ini dimulai pada abad ke-15, karena banyaknya penemuan yang mengubah pola pikir sebelumnya terutama dengan penemuan empiris yang didukung oleh alat bantu yang lebih baik. Perubahan pola pikir yang sangat radikal ialah perubahan paham *geocentris* menjadi *heliocentris* yang sangat bertentangan dengan paham dan kepercayaan maupun kekuasaan saat itu.

Pakar yang penting pada era itu ialah Copernicus (1473 – 1543) dan Galileo (1564 – 1642). Copernicus dalam bukunya *De Revolutionibus Orbium Caelestium* atau *Peredaran Alam Semesta* menyatakan sistem *heliosentris*. Penemuan tersebut didukung juga oleh penemuan Galileo. Era ini dianggap sebagai titik awal ilmu pengetahuan modern yang berdasarkan pada teori induksi atau suatu kebenaran harus dibuktikan secara empiris. Penemuan tersebut juga membuka cara berpikir yang lebih maju, terbuka, dan berani menyatakan kebenaran meskipun harus bertentangan dengan pendapat atau kepercayaan umum yang ada.

Selain tokoh-tokoh tersebut, ada beberapa tokoh lainnya sebagai berikut.

a. Roger Bacon (1214 – 1294)

Pakar ini menyatakan bahwa hakikat ilmu pengetahuan alam ialah ilmu yang berdasarkan kepada kenyataan yang disusun dan dibentuk dari pengalaman, penyelidikan dan percobaan. Sedangkan matematika ialah dasar dan kunci untuk berpikir dan mencari kebenaran dalam ilmu pengetahuan.

b. Leonardo da Vinci (1452 – 1519)

Walaupun pakar ini seorang pelukis terkenal, namun ia pun berpendapat bahwa percobaan tidak mungkin sesat, yang tersesat ialah pandangan dan pertimbangan kita.

c. Nicolas Copernicus (1473 – 1543)

Ia seorang ahli astronomi, matematika dan pengobatan yang berpendapat bahwa matahari ialah pusat dari sistem tatasurya dan bumi mengelilingi matahari, sedangkan bulan mengelilingi bumi.

d. Francis Bacon (1561-1626)

Ia mendukung bahwa cara berpikir induktif ialah satu-satunya jalan untuk mencapai kebenaran dan kebenaran itu hanya dapat dicapai dengan penyelidikan dan percobaan (eksperimen) yang nantinya akan memunculkan pengertian terhadap keadaan alam. Sehingga mulai saat itu kegiatan eksperimen ditingkatkan dengan memperbaiki langkah-langkah untuk memperoleh pengetahuan, antara lain dengan melakukan:

1. observasi dan pengumpulan data;
2. menyusun model atau ramalan generalisasi;
3. melakukan eksperimen untuk menguji ramalan atau generalisasi sehingga memperoleh kesimpulan atau hukum yang lebih mantap.

e. Johannes Kepler (1571 – 1630)

Mengemukakan tiga buah hukum tentang peredaran planet mengelilingi matahari sebagai berikut.

1. Orbit dari semua planet berbentuk elips.
2. Dalam waktu yang sama, garis penghubung antara planet dan matahari selalu melintasi bidang yang luasnya sama.
3. Pangkat dua dari waktu yang dibutuhkan sebuah planet untuk mengelilingi matahari adalah sebanding dengan pangkat tiga dari jarak rata-rata planet itu dengan matahari.

f. Galileo Galilei (1546-1642)

Pada ini menemukan antara lain empat hukum gerak, penemuan tata surya planet Jupiter, mendukung heliosentrisme dari Copernicus dan hukumnya Kepler. Ia juga menegaskan bahwa bulan tidak datar, penuh dengan gunung, planet Mercurius dan Venus tidak memantarkan cahaya sendiri dan juga menemukan empat buah bulan pada planet Jupiter. Penemuannya ini didasarkan atas pengamatan dengan alat teleskop bintangnya.

Semua penemuan dan pendapatnya yang telah disebutkan di atas disusun berdasarkan hasil percobaan. Sejak itu dianggap sebagai permulaan abad ilmu pengetahuan modern. Dianggap demikian, karena pengetahuan yang diperoleh tidak hanya menggunakan cara berpikir deduktif saja tetapi juga bertumpu pada pengetahuan yang sudah diakui kebenarannya dengan eksperimen. Dengan kata lain, setelah manusia memadukan kemampuan penalaran dengan eksperimen lahiriah IPA sebagai ilmu yang mantap.

g. Evangelista Torricelli (1588 - 1647)

Seorang ahli fisika dan ilmu pasti yang berhasil menemukan barometer sebagai alat ukur suhu udara sehingga dapat memprediksikan tekanan udara di suatu tempat.

h. Blaise Pascal (1623 - 1662)

Seorang ahli yang telah menemukan pemikiran prinsip komputer di usia 18 tahun.

i. Antoine Laurent Lavoisier (1743-1793)

Lavoisier ialah seorang tokoh pembaharu yang berasal dari Perancis. Ia melalui eksperimen yang berulang-ulang telah dapat membuktikan bahwa pada proses pembakaran terjadi reaksi antara bahan yang dibakar dengan oksigen yang terdapat di udara. Jadi, bukan karena bahan yang dibakar tersebut mengandung fosforin seperti anggapan sebelumnya. Sukses Lavoisier diperoleh karena ia menggunakan metode ilmiah di dalam penelitiannya, lalu timbul pertanyaan-pertanyaan, langkah-langkah bagaimanakah yang merupakan ciri khas metode ilmiah itu?

j. John Dalton (1766 - 1844)

Ia menemukan teori tentang atom dan menemukan multiple proportions. Karyanya antara lain *Meteorological Observations and Essays* (1793), kemudian *A New System of Chemical Philosophy* (1827). Dalton juga menemukan kasus buta warna pada penglihatan manusia.

k. Antonie van Leeuwenhoek (1632 - 1723)

Leeuwenhoek menggunakan mikroskop hasil karyanya sehingga dapat melihat bakteri dan perkecambahannya serta sel tubuh dengan pembesaran 270 kali. Ia juga menemukan spermatozoa anjing, kelinci, ikan, manusia dan binatang lainnya.

l. Malpighio Malpighi (1628 - 1694)

Ia menemukan anatomi tubuh dengan percobaan, mula-mula pada katak, kemudian menemukan struktur binatang dan tumbuh-tumbuhan.

Dengan cara yang rasional dan empiris yang dikembangkan, ilmu pengetahuan maju dengan pesat, sehingga dikatakan sebagai *scientific revolution*. Ilmu dipikirkan untuk kesejahteraan manusia (*antologi*), dan lahirnya *applied science* (ilmu terapan).



### III. PERKEMBANGAN DAN PENGEMBANGAN IPA

#### A. Metode Ilmiah sebagai Dasar IPA

##### 1. Metode Ilmiah

Sejarah manusia memperoleh pengetahuan melalui pendekatan sains semu (*pseudo science*), antara lain sebagai berikut.

###### a. Mitos

Mitos merupakan gabungan dari pengamatan dan pengalaman, namun sebagian lainnya berupa dugaan, imajinasi, dan kepercayaan.

###### b. Wahyu

Wahyu merupakan komunikasi Sang Pencipta dengan makhluknya dan merupakan pengetahuan yang disampaikan kepada utusannya. Manusia dalam menerima pengetahuan ini bersifat pasif, namun dengan keyakinan bahwa semuanya benar. Wahyu merupakan kebenaran mutlak dan tidak dapat dipertanyakan dan diperdebatkan kebenaran dengan akal saja.

###### c. Otoritas dan tradisi

Pengetahuan yang telah ada dan mapan, sering digunakan oleh pemimpin (sudah tradisi) untuk menyatakan kebenaran. Sebagai contoh sampai abad pertengahan manusia menganggap bumi ialah pusat dari alam semesta (geosentris), sedang Copernicus menyatakan bahwa bumi bukan pusat alam semesta melainkan hanya satelit dari sistem tata surya (heliosentris), maka penguasa dan kepercayaan pada saat itu menolak keras. Sehingga Bruno, pengikut Copernicus dengan paham heliosentris serta penemuan lainnya yang sangat bertentangan dengan penguasa saat itu, dianggap kemasukan setan dan dibakar mati pada tahun 1600.

###### d. Prasangka

Adalah suatu anggapan benar, padahal baru merupakan kemungkinan benar. Prasangka hanya berguna untuk mencari kemungkinan suatu kebenaran.

###### Contoh:

Pada zaman Babyolonia, orang percaya hujan turun dari surga sampai bumi melalui jendela-jendela yang ada di langit.

###### Intuisi

Adalah suatu pendapat seseorang yang diangkat dari perbendaharaan pengetahuannya yang terdahulu, melalui suatu proses yang tidak disadari. Jadi seolah-olah muncul begitu saja. Pengetahuan yang dicapai dengan cara demikian sukar dipercaya

#### f. Trial and Error

Pengetahuan yang diperoleh dengan cara coba-coba. Contoh ditemukan rendaman kulit kina untuk obat malaria. Penemuan dengan cara coba-coba tidak efisien sebagai suatu cara untuk mencari kebenaran.

Pada zaman Yunani, orang-orang cenderung untuk mengikuti ajaran para pakar ataupun penguasa. Namun ajaran-ajaran ini ternyata banyak yang keliru, karena ahli-ahli pikir itu mengandalkan atas pemikiran atau akal sehat. Kebenaran yang dianut ialah yang masuk akalnya.

Contoh:

- 1) Setiap hari kita melihat matahari terbit dari timur lalu terbenam di barat, maka masuk akalilah bila dikatakan bahwa matahari beredar mengelilingi bumi.
- 2) Bila kayu dibakar, berubah menjadi api, udara dan abu (tanah), maka menurut akal sehat, unsure dasar pembentukan kayu itu ialah tanah, api dan udara.

Pengetahuan yang didapat dengan cara-cara tersebut di atas, termasuk pengetahuan yang tidak ilmiah (kebenaran yang dianut yang masuk diakalnya).

Lalu bagaimana pengetahuan atau yang disebut ilmu pengetahuan? Pencarian pengetahuan dengan cara ilmiah dilakukan berdasarkan pemikiran rasional, pengalaman empiris (fakta) maupun referensi pengalaman sebelumnya. Berdasarkan metode ini, data atau fakta yang ada, perlu diuji terlebih dahulu sebelum diterima kebenarannya. Oleh karena itu, dengan cara ini suatu pengetahuan atau fakta dapat diperbaiki bila ada kesalahan atau ada penemuan baru yang dapat mengoreksi pengetahuan sebelumnya. Pengujian harus secara sistematis dan mengikuti kaidah ilmu yaitu dengan metode ilmiah. Pengetahuan yang diperoleh dengan cara atau metode ilmiah disebut sebagai ilmu. Atau dengan kata lain ilmu ialah pengetahuan yang didapatkan berdasarkan metode ilmiah.

Jadi, pengetahuan dinamakan atau disebut sebagai ilmu pengetahuan ilmiah apabila pengetahuan itu memenuhi syarat sebagai berikut.

- a. *Logis atau masuk akal*, sesuai dengan kaidah-kaidah ilmu pengetahuan yang telah diakui kebenarannya.
- b. *Obyektif*, artinya pengetahuan itu sesuai dengan obyeknya.
- c. *Metodik* yakni suatu pengetahuan yang diperoleh dengan menggunakan cara-cara tertentu, teratur dan terkontrol.

- d. *Sistematik*, artinya pengetahuan ilmiah itu tersusun dalam suatu system, tidak berdiri sendiri. Satu dengan yang lain saling terkait, saling menjelaskan sehingga seluruhnya merupakan satu kesatuan yang utuh.
- e. *Berlaku umum*, yakni pengetahuan itu harus berlaku untuk semua orang atau konsisten. Artinya dengan cara eksperimen yang akan memperoleh hasil yang sama
- f. *Kumulatif, berkembang dan tentatif*, sesuai dengan khasanah ilmu pengetahuan yang selalu bertambah dengan hadirnya ilmu pengetahuan yang baru. Ilmu pengetahuan yang terbukti salah. Harus diganti dengan ilmu pengetahuan yang benar.

## 2. Kriteria Metode Ilmiah

Jika suatu metode yang digunakan dalam penelitian, disebut ilmiah, maka metode tersebut harus mempunyai kriteria, antara lain sebagai berikut.

- a. **Berdasarkan fakta**  
Keterangan-keterangan yang ingin diperoleh dalam penelitian, baik yang akan dikumpulkan dan dianalisis harus berdasarkan fakta-fakta yang nyata.
- b. **Bebas dari prasangka**  
Metode ilmiah harus mempunyai sifat bebas prasangka, bersih dan jauh dari pertimbangan subyektif. Penggunaan suatu fakta haruslah dengan alasan dan bukti yang lengkap serta dengan pembuktian yang obyektif.
- c. **Menggunakan prinsip-prinsip analisis**  
Dalam memahami serta memberi arti terhadap fenomena yang kompleks, harus digunakan prinsip analisis. Semua masalah harus dicari sebab-sebabnya serta pemecahannya dengan menggunakan analisis yang logis. Fakta yang mendukung tidaklah dibiarkan sebagaimana adanya atau hanya dibuat deskripsinya saja, tetapi harus dicari sebab akibatnya dengan menggunakan analisis yang tajam. Dalam metode ilmiah, peneliti harus dituntun dalam proses berpikir dengan menggunakan analisis. Hipotesis harus ada untuk mengumpulkan persoalan serta memandu jalan pikiran ke arah tujuan yang ingin dicapai, sehingga hasilnya akan mengenai sasaran. Hipotesis merupakan pegangan yang khas dalam menuntun jalan pikiran peneliti.
- d. **Menggunakan ukuran obyektif**  
Kerja penelitian dan analisis harus dinyatakan dengan ukuran yang obyektif. Ukuran tidak boleh dengan merasa-rasa atau menurut hati nurani. Pertimbangan harus dibuat secara obyektif dan menggunakan pikiran yang waras.

e. **Menggunakan teknik kuantitatif**

Ukuran seperti ton, mm, per detik, kilogram, dan sebagainya harus selalu digunakan. Jauhi ukuran-ukuran seperti sejauh mata memandang, sehitam aspal, dan sebagainya sebagai ukuran kuantitatif.

### 3. Langkah-langkah Operasional Metode Ilmiah

Salah satu syarat ilmu pengetahuan ialah materi pengetahuan tersebut harus diperoleh melalui metode ilmiah. Metode ilmiah ialah prosedur dalam mendapatkan pengetahuan yang disebut ilmu. Senn berpendapat bahwa metode ilmiah ialah suatu prosedur atau cara untuk mengetahui segala sesuatu dengan langkah-langkah yang sistematis, bersifat obyektif dan konsisten. Sedangkan metodologi ialah suatu pengkajian dalam mempelajari peraturan-peraturan dalam metode tersebut.

Alur berpikir yang tercakup dalam metode ilmiah dapat dijabarkan dalam langkah-langkah yang mencerminkan tahapan kegiatan ilmiah. Kerangka berpikir ilmiah pada dasarnya terdiri dari langkah-langkah yang disebut langkah-langkah operasional metode ilmiah, sebagai berikut.

a. **Perumusan Masalah**

Perumusan masalah di sini ialah pertanyaan-pertanyaan apa, mengapa ataupun bagaimana obyek yang hendak diteliti itu. Masalah itu harus jelas batas-batasnya serta dikenal juga factor-factor yang mempengaruhinya.

b. **Penyusunan Kerangka Berpikir dalam Pengajuan Hipotesis**

Kerangka berpikir merupakan argumentasi yang menjelaskan hubungan yang mungkin terdapat antara berbagai factor yang saling berkait dan membentuk konstelasi permasalahan. Kerangka berpikir ini disusun secara rasional berdasarkan premis-premis ilmiah yang teruji kebenarannya dengan memperhatikan factor-factor empiris yang relevan dengan permasalahan.

c. **Perumusan Hipotesis**

Hipotesis ialah:

- 1) Suatu pernyataan yang menunjukkan kemungkinan-kemungkinan jawaban untuk memecahkan masalah yang ditetapkan.
- 2) Suatu dugaan yang didukung oleh pengetahuan yang ada.
- 3) Suatu jawaban sementara dari permasalahan yang harus diuji kebenarannya dalam suatu observasi atau eksperimentasi.

d. **Pengujian Hipotesis**

Pengujian hipotesis ialah berbagai usaha pengumpulan fakta-fakta yang relevan dengan hipotesis yang telah diajukan untuk dapat memperlihatkan apakah terdapat fakta-fakta yang mendukung hipotesis

tersebut. Fakta-fakta ini dapat diperoleh, melalui pengamatan langsung dengan mata atau teleskop[ maupun uji coba. Kemudian fakta-fakta tadi dikumpulkan melalui penginderaan.

e. **Penarikan Simpulan**

Penarikan simpulan ini didasarkan atas penilaian melalui analisis dari fakta-fakta (data), untuk melihat hipotesis yang diajukan itu diterima atau tidak. Hipotesis itu diterima bila data yang terkumpul mendukung pernyataan hipotesis. Bila data tidak mendukung, maka hipotesis tersebut ditolak. Hipotesis yang diterima merupakan suatu pengetahuan yang kebenarannya telah diuji secara ilmiah dan merupakan bagian dari ilmu pengetahuan.

4. **Sikap Ilmiah**

Berdasarkan pada syarat, kriteria, dan langkah-langkah operasional di atas, maka metode ilmiah menuntun dan menuntut pembentukan seorang ilmuwan mempunyai sikap ilmiah, antara lain sebagai berikut.

a. **Jujur**

Ilmuwan wajib melaporkan hasil pengamatan dan penelitian secara obyektif dan jujur sehingga bila hasil pengamatan atau penelitiannya tersebut diuji kembali oleh peneliti lain akan memberikan hasil yang sama

b. **Terbuka**

Peneliti atau ilmuwan harus mempunyai pandangan yang luas, terbuka pada pendapat orang lain, jauh dari praduga dan menghargai gagasan baru orang lain meskipun untuk menerimanya harus melakukan pengujian terlebih dahulu.

c. **Toleran**

Seorang ilmuwan bersedia belajar dari orang lain atau membandingkan pendapatnya dengan orang lain serta tidak memaksakan pendapatnya pada orang lain.

d. **Skeptis**

Dalam mencari kebenaran, ilmuwan harus bersikap hati-hati, meragukan sesuatu dan skeptis, tetapi kritis sehingga akan menyelidiki (memverifikasi) dahulu bukti-bukti (informasi) yang mendasari suatu simpulan, keputusan atau pemecahan masalah.

e. **Optimis**

Seorang ilmuwan tidak akan mengatakan bahwa sesuatu tidak dapat dikerjakan sebelum memikirkan dan mencoba mengerjakan terlebih dahulu.

f. **Pemberani**

Sifat ilmuwan yang selalu mencari kebenaran, akan berani melawan ketidakberanian, kepura-puraan yang menghambat kemajuan, meskipun merugikan diri sendiri.

g. **Kreatif dan Inovatif**

Seorang ilmuwan harus selalu ingin mendapatkan, menciptakan, memvariasikan sesuatu yang baru, guna mendapatkan nilai tambah.

## 5. Keterbatasan dan Keunggulan Metode Ilmiah

### a. Keterbatasan

Kita mengetahui data yang digunakan untuk mengambil simpulan ilmiah itu berasal dari pengamatan, dan kita juga mengetahui pancaindera kita mempunyai keterbatasan kemampuan untuk menangkap suatu fakta, sehingga bila data yang diambil keliru maka simpulan juga keliru.

Metode ilmiah tidak sanggup menjangkau untuk menguji adanya Tuhan. Metode ilmiah juga tidak dapat menjangkau untuk membuat simpulan yang berkenaan baik dan buruk atau sistem nilai. Juga tidak dapat menjangkau tentang seni dan keindahan.

### b. Keunggulan

Ciri khas ilmu pengetahuan ialah bersifat obyektif, metodik, sistematis dan berlaku umum. Hal demikian akan membimbing kita pada sikap ilmiah yang terpuji yakni:

- 1) mencintai kebenaran yang obyektif, bersikap adil dan itu semua akan menjurus ke arah kehidupan yang bahagia;
- 2) menyadari bahwa kebenaran ilmu itu tidak absolut. Hal itu dapat menjurus ke arah mencari kebenaran secara terus menerus;
- 3) dengan ilmu pengetahuan, orang tidak percaya pada, tahyul, astrologi maupun peruntungan, karena segala sesuatu di alam semesta ini telah melalui proses yang teratur;
- 4) ilmu pengetahuan membimbing kita untuk ingin tahu lebih banyak. Akibatnya, ilmu pengetahuan yang kita peroleh akan sangat membantu pola kehidupan kita;
- 5) ilmu pengetahuan akan membimbing kita untuk tidak berpikir secara prasangka, tetapi berpikir secara terbuka atau obyektif, suka menerima pendapat-pendapat orang lain atau bersikap toleran;

- 6) metode ilmiah membimbing kita untuk tidak begitu saja percaya pada suatu simpulan tanpa adanya bukti-bukti yang nyata;
- 7) Metode ilmiah juga membimbing kita untuk selalu bersikap optimis, teliti, dan berani membuat suatu pernyataan yang menuntut keyakinan ilmiah kita ialah benar.

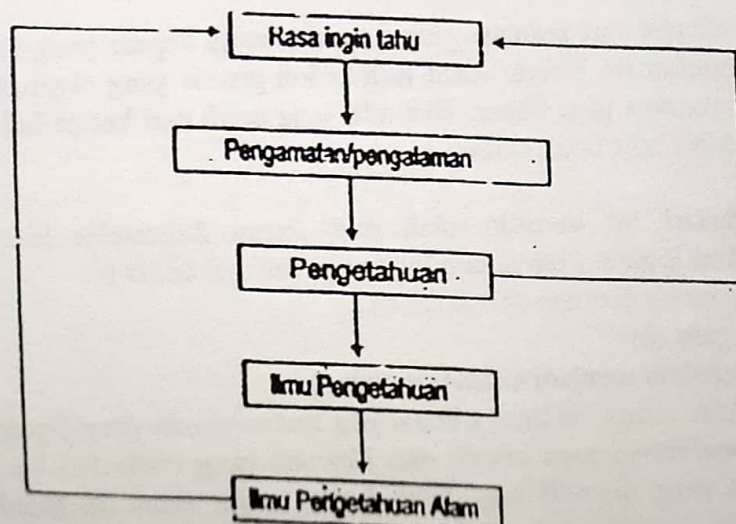
## Sejarah Perkembangan IPA

Dengan bertambah majunya alam pikiran manusia dan makin berkembangnya cara-cara penyelidikan, manusia dapat menjawab banyak pertanyaan tanpa mengarang mitos. Dengan demikian mitos makin kurang disukai dan ianya dipakai untuk memberi keterangan kepada anak kecil, jika kita kebetulan terlalu malas untuk memberi penjelasan ilmiah yang lengkap atau jika kita menganggap bahwa anak itu masih terlalu kecil untuk dapat mencerna penjelasan yang benar.

Dengan akalnya yang berkembang, informasi yang didapat disimpan dan diajarkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Penambahan informasi yang baru menyebabkan pengetahuan yang ada juga bertambah dari generasi ke generasi.

Ilmu ini terus berkembang sejalan dengan sifat manusia yang merasa selalu ingin tahu akan sesuatu yang baru, terutama tentang benda yang berada di sekelilingnya, alam semesta beserta isinya bahkan dirinya sendiri. Rasa ingin tahu tersebut mendorong manusia untuk dapat memahami dan menjelaskan gejala alam, baik secara *makroskopik* maupun *mikroskopik*. Dorongan rasa ingin tahu dan usaha untuk memahami serta pemecahan masalah yang dihadapi tersebut mendatangkan pengetahuan baru. Pengetahuan tentang suatu masalah akan mendatangkan satu pertanyaan lain yang memerlukan jawaban. Dengan demikian rasa ingin tahu terus berkembang baik untuk kebutuhan praktis hidupnya maupun kepentingan ilmu.

Berdasarkan uraian tersebut, maka secara sederhana dapatlah kita gambarkan sebagai berikut.



Sumber : Sumi Hudyono makalah pelatihan nasional dosen IAD di Surabaya

## 1. PENALARAN DAN AWAL PENGETAHUAN

Berkes: pengamatan yang sistematis, kritis dan makin bertambahnya pengalaman yang diperoleh, lambat laun manusia berusaha mencari jawab secara rasional dengan meninggalkan yang irasional. Pemecahan secara rasional berarti mengandalkan rasio dalam usaha memperoleh pengetahuan yang benar. Kaum rasionalis mengembangkan paham yang disebut rasionalisme. Dalam menyusun pengetahuan, kaum rasionalis menggunakan;

- a. penalaran deduktif
- b. penalaran induktif.

### A. Penalaran Deduktif (rasional)

Penalaran deduktif ialah cara berpikir yang bertolak belakang dari pernyataan yang bersifat umum untuk menarik simpulan yang bersifat khusus. Penarikan simpulan secara deduktif ini menggunakan pola berpikir yang disebut *silogisme*. Silogisme itu terdiri atas dua buah pernyataan dan sebuah simpulan. Kedua pernyataan itu disebut *premis mayor* dan *premis minor*. Simpulan atau konklusi diperoleh dengan penalaran deduktif dari kedua premis tersebut. Metode ini merupakan perkembangan pola berpikir dalam memperoleh kebenaran berdasarkan logika yang dikemukakan oleh Aristoteles (348 - 322 SM).

Contoh:

- 1) Semua benda bila dipanaskan dalam keadaan kering akan berubah menjadi api (1).  
Kayu ialah benda (2).  
Kayu bila dipanaskan dalam keadaan kering akan berubah menjadi api (3).

- (1) disebut *premis mayor*, yakni sesuatu yang berlaku umum.
- (2) disebut *premis minor*, sesuatu yang khusus.
- (3) *simpulan*.

- 2) Semua manusia harus mengalami kematian. (1)  
Si Fulan ialah manusia. (2)  
Si Fulan harus mengalami kematian. (3)

Jadi, simpulan ditarik dari sesuatu yang umum menuju kepada yang khusus, dengan perkataan lain, simpulan ini hanya benar jika kedua premis yang digunakan benar dan cara menarik simpulannya juga benar. Jika ada yang salah dari ketiga hal di atas, maka simpulan yang diambil juga tidak benar.

Penalaran deduktif ini bertitik tolak dari ajaran Aristoteles mengenai prinsip "perkembangan" dari logam. Pernyataan logikanya sebagai berikut.

Semua benda akan menjadi emas dan perak (1)

Air Raksa ialah logam (2)

Air Raksa dapat berubah menjadi emas (simpulan)

Karena percaya akan simpulan hanya benar jika kedua premis yang digunakan benar dan cara menarik simpulannya juga benar, dan jika ada yang salah dari ketiga hal di atas, maka kesimpulan yang diambil juga tidak benar, maka usaha ini gagal karena belum



pernah mengubah air raksa menjadi emas. Walaupun mungkin zaman sekarang ada cara untuk mengubah air raksa menjadi emas melalui proses transmudasi inti.

Dengan demikian, jelaslah bahwa penalaran deduktif itu, pertama-tama harus mulai dengan pernyataan yang sudah pasti kebenarannya. Aksioma dasar inilah yang dipakai untuk membangun sistem pemikirannya yang diturunkan atau berasal dari ide yang menurut anggapannya jelas, tegas dan pasti dalam pikiran manusia. Namun dalam kenyataannya, sering ide yang menurut seorang cukup jelas dan dapat dipercaya, tidak dapat diterima oleh orang lain.

Lingkup pengertian dan pengetahuan semakin luas. Hal itu dimungkinkan karena manusia sebagai *homo faber* mampu membuat peralatan sehingga keterbatasan kemampuannya dapat diatasi. Dalam pentahapan perkembangan wawasan manusia dibedakan atas lima yakni *antroposentris*, *geosentris*, *heliosentris*, *galaktosentris* dan *asentris*.

Untuk itu mari kita lihat lebih lanjut ringkasan penjelasannya pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1  
Perkembangan Wawasan Manusia

No.	Tingkatan	Pengertian	Contoh
1.	Antroposentris	Manusia yang menjadi pusat segala-galanya	Kelahiran dan kematian orang penting mempengaruhi kondisi alam (nabi, Raja)
2.	Geosentris	Bumi yang menjadi pusat segala-galanya	Matahari, bulan dan bintang berputar mengelilingi bumi (Ptolemeus)
3.	Heliosentris	Matahari yang menjadi pusat, sistem Tata Surya	Matahari memiliki sejumlah planet dan planet memiliki satelit (revolusi, rotasi)
4.	Galaktosentris	Galaksi menjadi pusat dari sejumlah Tata Surya	Bima Sakti menjadi pusat galaksi dalam Tata Surya
5.	Asentris	Tidak ada yang menjadi pusat, semua beredar dalam konstelasi alamiah	Hal-hal yang belum terjangkau oleh akal manusia dipulangkan kembali kepada kekuasaan Tuhan

Sumber: Suparsono W. dkk., Ilmu Alamiyah Dasar, hal. 31

Masalah utama ialah kesulitan untuk menilai kebenaran premis-premis yang digunakan. Ini karena penalaran yang digunakan bersifat abstrak, lepas dari pengalaman, sehingga tidak mungkin dapat diamaui dengan pancaindera. Dengan penalaran deduktif ini, dapat diperoleh bermacam-macam pengetahuan mengenai suatu objek

tertentu tanpa ada kesepakatan yang dapat diterima oleh semua pihak. Selain itu juga terdapat kesulitan untuk menerapkan konsep rasional kepada kehidupan praktis.

#### b. Penalaran Induktif (empiris)

Pengetahuan yang diperoleh berdasarkan deduktif ternyata mempunyai kelemahan, maka muncullah pandangan lain berdasarkan pengalaman konkret atau adanya fakta-fakta yang mendukung yang disebut penganut empirisme. Pendapat mereka, gejala alam itu bersifat konkret dan dapat ditangkap dengan pancaindera manusia.

Penganut empirisme menyusun pengetahuan dengan menggunakan penalaran induktif. Penalaran induktif ialah cara berpikir dengan menarik simpulan umum dari pengamatan atas gejala-gejala yang bersifat khusus. Dengan penalaran induktif (metode induksi), makin lama dapat disusun pernyataan yang lebih umum lagi dan makin bersifat fundamental. Dengan kata lain, metode induksi merupakan dasar dari perkembangan metode ilmiah sekarang, karena pengambilan simpulan dilakukan berdasarkan data pengamatan atau eksperimen yang diperoleh.

Contoh:

- 1) Pengamatan atas logam besi, tembaga, aluminium dan sebagainya. Jika dipanasi ternyata bertambah panjang. Dari sini dapat disimpulkan secara umum, bahwa semua logam, jika dipanasi akan bertambah panjang.
- 2) Kucing bernafas, kambing bernafas, sapi, kuda dan harimau juga bernafas. Dapat disimpulkan secara umum bahwa semua hewan dapat bernafas.
- 3) Hewan dapat bernafas. Manusia dapat bernafas. Jadi dapat disimpulkan, bahwa semua makhluk hidup dapat bernafas.

Dengan cara induktif, dapat diperoleh prinsip-prinsip yang bersifat umum sehingga memudahkan dalam hal memahami gejala yang beraneka ragam. Namun demikian, ternyata pengetahuan yang dikumpulkan berdasarkan penalaran induktif ini, masih belum tentu bersifat konsisten atau bahkan mungkin bersifat kontradiktif. Demikian pula fakta yang berkaitan belum dapat menjamin tersusunnya pengetahuan yang sistematis.

Contoh, dari hasil pengamatan terhadap anak yang berprestasi tinggi di beberapa sekolah, menunjukkan bahwa semuanya berhidung mancung. Adakah kebenarannya hubungan antara hidung mancung dengan hasil prestasi tinggi?

Selain itu, masih ada hasil kesulitan dalam masalah menafsirkan apakah sebenarnya yang dimaksud dengan pengalaman itu? Apakah pengalaman itu merupakan stimulus pancaindera atautkah justru hanya suatu persepsi? Sejauh mana kemampuan pancaindera dapat diandalkan, misalnya tongkat lurus yang sebagian terendam dalam air akan terlihat bengkok.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan, bahwa pengetahuan yang diperoleh hanya dengan penalaran deduktif, tidak dapat diandalkan, karena bersifat abstrak dan lepas dari pengetahuan. Demikian pula pengetahuan yang diperoleh hanya dari penalaran induktif, juga tidak dapat diandalkan, karena kelemahan pancaindera. Karena itu himpunan pengetahuan yang diperoleh belum dapat disebut ilmu pengetahuan.

## 2. PENGERTIAN ILMU PENGETAHUAN ALAM (IPA)

Sebenarnya tidaklah mudah mendefinisikan apakah IPA itu? H.W. Fowler dan kawan-kawan (1951), mendefinisikan IPA sebagai ilmu yang sistematis dan dirumuskan. Ilmu ini berhubungan dengan gejala-gejala kebendaan dan teruana didasarkan atas pengamatan dan induksi.

Nokes di dalam bukunya *Science in Education* menyatakan bahwa IPA ialah pengetahuan *teoretis* yang diperoleh dengan metode khusus.

Kedua pendapat di atas sebenarnya tidak berbeda. Memang benar IPA ialah ilmu yang teoretis, tetapi teori itu didapat dari pengamatan dan eksperimentasi terhadap gejala-gejala alam.

Fakta tentang gejala kebendaan atau alam, diselidiki dan diuji berulang-ulang melalui eksperimen. Berdasarkan hasil eksperimen itulah dirumuskan keterangan ilmiahnya (teori). Teori pun tidak dapat berdiri sendiri. Teori didasari oleh suatu hasil pengamatan.

*Contoh:*

- a. Maxwell tidak akan menyusun teori gelombang elektromagnetik, jika Faraday tidak berhasil dalam percobaan-percobaannya mengenai induksi elektromagnetik.
- b. Planet Neptunus tidak akan ditemukan secara teoretis, seandainya sebelumnya tidak ada pengamatan yang menyaksikan suatu keanehan dalam lintasan planet-planet lainnya.

Jadi, dapatlah disetujui, bahwa IPA ialah suatu pengetahuan teoretis yang diperoleh atau disusun dengan cara yang khas, yakni dengan melakukan observasi eksperimentasi, penyimpulan, penyusunan teori, eksperimentasi, observasi dan seterusnya, berkaitan antara cara yang satu dengan cara yang lain. Cara untuk memperoleh ilmu secara demikian ini terkenal dengan nama *metode ilmiah*.

## 3. TERBENTUKNYA ILMU PENGETAHUAN ALAM (IPA)

Himpunan pengetahuan seperti di atas dapat disebut sebagai suatu ilmu pengetahuan, jika digunakan perpaduan antara rasionalisme dan empiris yang dikenal sebagai metode keilmuan atau pendekatan ilmiah. Memang benar, bahwa IPA merupakan suatu ilmu yang teoretis. Teori tersebut didasarkan atas pengamatan percobaan-percobaan terhadap gejala alam. Betapa pun indahnya suatu teori dirumuskan, tidaklah dapat dipertahankan kalau tidak sesuai dengan hasil-hasil pengamatan/observasi.

Fakta-fakta tentang gejala kebenaran alam diselidiki dan diuji berulang-ulang melalui percobaan-percobaan (eksperimen). Kemudian berdasarkan hasil eksperimen itulah dirumuskan keterangan ilmiahnya (teori). Teori ini pun masih harus diuji kemantapan atau kesaktiannya. Artinya, bilamana diadakan penelitian ulang, yang dilakukan oleh siapa pun, dengan langkah-langkah yang serupa dan kondisi yang sama, maka akan diperoleh hasil yang konsisten.

Metode keilmuan itu bersifat objektif, bebas dari keyakinan, perasaan dan prangka pribadi serta bersifat konsisten. Artinya, dapat diuji ulang oleh siapa pun dan dengan demikian simpulan yang diperoleh lebih dapat diandalkan dan hasilnya lebih mendekati kebenaran.

Secara lengkap dapat dikatakan, bahwa suatu himpunan pengetahuan dapat disebut IPA, bilamana memenuhi persyaratan sebagai berikut. Objeknya ialah pengalaman manusia, berupa gejala-gejala alam. Kemudian dikumpulkan melalui metode keilmuan serta mempunyai manfaat untuk kesejahteraan manusia.

Berkat makin sempurnanya alat pengamat bintang, berupa teleskop dan juga makin meningkatnya kemampuan berpikir manusia, maka antara tahun 1500 - 1600, terjadi perubahan besar atas semua ajaran Aristoteles maupun Ptolomeus. Sebagai tonggak sejarah dapat dicatat di sini ialah Nicoulas Copernicus (1473-1543) (Kegiatan Belajar 2 pada modul !).

Marilah kita ingat kembali pokok ajaran Copernicus sebagai berikut.

- a. Matahari ialah pusat dari sistem solar. Di dalam sistem itu, bumi ialah salah satu dari planet-planet lain yang beredar mengelilingi matahari;
- b. Bulan beredar mengelilingi bumi dan bersama bumi mengelilingi matahari;
- c. Bumi berputar pada porosnya dari Barat ke Timur yang mengakibatkan adanya siang dan malam serta pandangan tentang gerakan bintang-bintang.

Pengikut Copernicus, yakni Bruno (1548-1600) memperoleh simpulan lebih jauh lagi, yakni:

- a. jagat raya tak ada batasnya;
- b. bintang-bintang tersebar di seluruh jagat raya.

Karena keberaniannya mengungkapkan pendapat yang bertentangan dengan penguasa waktu itu, maka ia dianggap kemasukan setan, lalu dibakar sampai mati pada tahun 1600. Ahli astronomi lain yang juga penting dicatat ialah Johannes Kepler (1571-1630). Ia mengungkapkan pendapatnya, antara lain sebagai berikut.

- a. Planet-planet beredar mengelilingi matahari, pada suatu garis edar yang berbentuk elips dengan suatu fokus;
- b. Bila ditarik garis imajinasi, dari planet ke matahari, dan sementara itu, ia bergerak menurut garis edarnya, maka luas bidang yang ditempuh pada jangka waktu yang sama ialah sama;
- c. Pangkat dua dari waktu yang dibutuhkan oleh sebuah planet untuk mengelilingi matahari secara penuh ialah sebanding dengan pangkat tiga dari jarak rata-rata planet itu terhadap matahari.

Perlu dicatat pula, orang besar bernama Galileo Galilei (1564-1642). Orang Italia ini, dengan berani mengumumkan penemuannya dengan teleskopnya yang mutakhir pada saat itu, yang bertentangan dengan pandangan penguasa. Ia membenarkan Teori Copernicus, tentang *heliosentris* yang jelas-jelas bertentangan dengan ajaran agama saat itu yang *homosentris* atau *geosentris*.

Lebih jauh, ia menemukan bahwa ada empat buah bulan yang mengelilingi Jupiter, adanya gunung-gunung di bulan dan suatu bintik hitam (*black hole*) di matahari yang sangat penting untuk dapat menghitung rotasi matahari. Kelompok taburan bintang yang ia sebut *Milky Way* atau *Bima Sakti* itu terdiri dari bermilyar bintang dan yang sangat menakutkan ialah ditemukannya cincin Saturnus.

Dengan rasionalisme dan empirisme yang dikembangkan, ilmu pengetahuan maju dengan pesat, sehingga dikatakan sebagai revolusi ilmu pengetahuan (*scientific revolution*). Ilmu yang dipikirkan untuk kesejahteraan manusia (*antropologi*) dan lahirnya ilmu terapan (*applied science*) memungkinkan terjadinya revolusi teknologi (*technological revolution*). Terjadinya revolusi industri (*industrial revolution*) ialah sebagai jawaban manusia untuk memenuhi kebutuhan akan hasil industri setelah kebutuhan pangan tercapai. Dengan berkembangnya jumlah penduduk, soal pangan kembali menjadi masalah serius. Bioteknologi dikembangkan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, sedangkan elektronika saat ini juga maju pesat.

## C. RUANG LINGKUP ILMU DAN PENGEMBANGANNYA

Seperti yang telah Anda pelajari di atas, bahwa dalam upaya mencari jawaban yang dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena alam, maka perlu dilakukan pengamatan atau penelitian yang terus menerus. Untuk melakukan penelitian tersebut diperlukan landasan pengetahuan atau teori yang sudah ada. Selanjutnya, berdasarkan data penelitian yang diperoleh, dimungkinkan akan mendapatkan jawaban atas pertanyaan ataupun teori baru dari fenomenal yang diteliti. Dengan demikian, inti dari perkembangan ilmu ialah penelitian yang dikelilingi atau didukung oleh landasan-landasan atau strata ilmu.

Landasan atau strata ilmu tersebut dibagi tiga sebagai berikut.

### 1. Hipotesis

Hipotesis ialah strata ilmu yang paling rendah, yang merupakan dugaan atau prediksi yang diambil berdasarkan pengetahuan atau teori yang sudah ada untuk menjawab masalah penelitian yang sedang dilakukan.

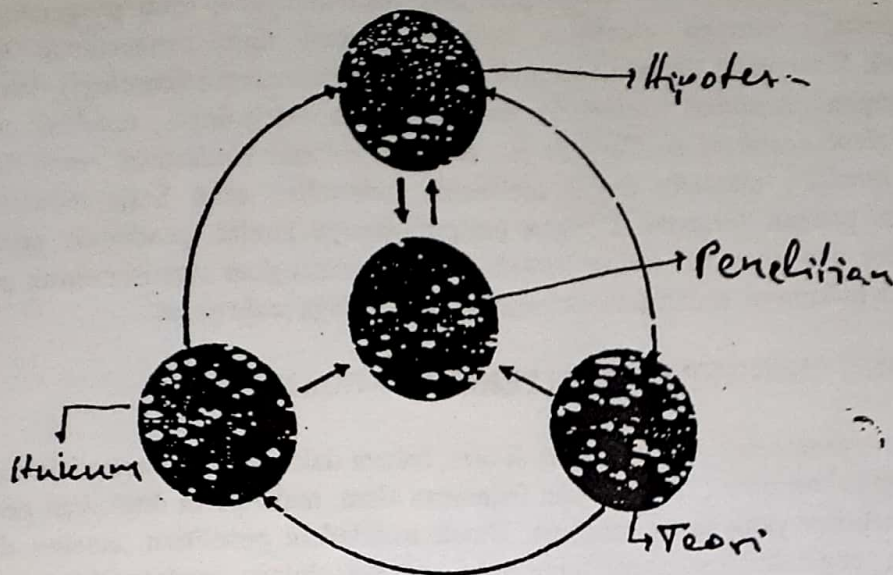
### 2. Teori

Teori ialah strata yang lebih tinggi dari hipotesis. Teori merupakan landasan ilmu yang telah teruji kebenarannya. Namun demikian, teori masih mungkin untuk dikoreksi dengan teori baru yang lebih tepat.

### 3. Hukum atau Dalil

Hukum atau dalil ialah strata yang paling tinggi. Hukum atau dalil, berasal dari teori yang telah diuji terus-menerus dan diketahui tidak ditemukan adanya kesalahan.

Ilmu pengetahuan ialah siklus ilmu dengan penelitian sebagai intinya yang tidak pernah terputus bahkan akan semakin membesar dan meluas. Siklus ini secara sederhana ditampilkan pada Gambar 2.2.



Sumber: Sumi Hudyono makalah pelatihan nasional dosen IAD di Surabaya

Gambar 2.2. Siklus ilmu dengan penelitian sebagai intinya

Berdasarkan gambar di atas, maka kita dapat melihat bahwa penelitian itu dilakukan dalam upaya untuk menjawab masalah yang dikemukakan. Secara sederhana masalah tersebut berupa pertanyaan apa, mengapa atau bagaimana fenomena (alam) itu terjadi.

Untuk memulai suatu penelitian, diperlukan prediksi tentang jawaban atas masalah atau pertanyaan yang diteliti. Prediksi tersebut dirangkum dalam suatu hipotesis. Hipotesis disusun berdasarkan teori atau hukum yang sudah ada. Berdasarkan hipotesis tersebut, disusunlah langkah-langkah operasional untuk mendapatkan data, yang selanjutnya harus dianalisis dan ditarik simpulan. Simpulan yang diperoleh dapat berupa "menerima" atau "menolak" hipotesis yang diajukan. Namun demikian, keduanya sangat berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan atau penelitian berikutnya. Berdasarkan simpulan tersebut mungkin akan diperoleh suatu perbaikan atau perlengkapan teori yang sudah ada, atau bahkan mungkin didapatkan suatu teori baru.

Data penelitian atau teori yang diperoleh tersebut ternyata dapat memicu timbulnya pertanyaan lebih lanjut yang dengan sendirinya akan diikuti kegiatan penelitian berikutnya. Pembuktian teori yang sudah ada dengan kegiatan penelitian yang berkesinambungan, suatu saat akan membuktikan bahwa tidak ada keraguan terhadap teori yang sudah ada. Bila pembuktian-pembuktian yang dilakukan ternyata lebih memperkuat teori yang sudah ada, maka teori tersebut suatu saat akan berubah menjadi hukum atau dalil yang mempunyai strata lebih tinggi dan tidak diragukan lagi kebenarannya.

Salah satu contoh hukum dalil ialah hukum Archimedes dan dalil Pitagoras yang ditemukan oleh pemikir Yunani yang bernama Archimedes (250 SM) dan Pythagoras (500 SM) yang sampai sekarang tetap dipakai dan tidak ada keraguan terhadap dalil tersebut.

Banyak pakar yang berpendapat bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkembang dari IPA klasik ke IPA modern. Adapun pengertian tentang IPA klasik dan IPA modern

yang dicetuskan oleh para pakar tersebut pun berbeda. Tetapi pada umumnya berlandaskan atas disiplin ilmu yang mereka tekuni.

Pakar fisika misalnya, mendefinisikan bahwa yang dimaksud dengan IPA klasik ialah perkembangan ilmu fisika sebelum abad XX, yakni sejak awal sampai batas munculnya *Teori Relativitas*. Sedangkan IPA modern, ialah perkembangan fisika setelah abad XX yang dimulai sejak saat munculnya *Teori Relativitas* dari Einstein (1905) diikuti *Teori Radiasi* oleh Max Planck (1910) dan *sinar X* oleh Rontgen (1923).

Pakar biologi tentu lain pandangannya terhadap IPA klasik dan IPA modern, demikian pula bila dipandang dari disiplin ilmu yang lain. Secara umum pengertian IPA bukan hanya ditinjau dari satu disiplin ilmu saja, namun IPA dapat dirinci lebih lanjut yang meliputi berbagai disiplin ilmu.

Konsep IPA klasik telaahannya mengikuti kaidah ilmu tradisional dan bersifat *makroskopik*, sedangkan IPA modern bersifat *mikroskopik*. Sehingga penggolongan IPA menjadi "klasik" dan "modern" sama sekali bukan berkaitan dengan waktu, maupun klasifikasi bidang ilmu. Penggolongan ini lebih mengacu kepada konsepsi yaitu cara berpikir, cara memandang dan cara menganalisis suatu fenomena alam.

### 1. IPA Klasik

Contoh secara umum, antara lain:

- a. pembuatan ragi tempe dan ragi tape, meskipun hanya berdasarkan pengalaman petani, namun tanpa disadari petani tersebut telah berkecimpung dalam bidang mikrobiologi, mikologi dan tentu saja tidak lepas dari ilmu fisika yang mendasarinya.
- b. pembuatan gula kelapa merupakan proses fisika bersama-sama kimia yang telah tinggi tingkatannya.

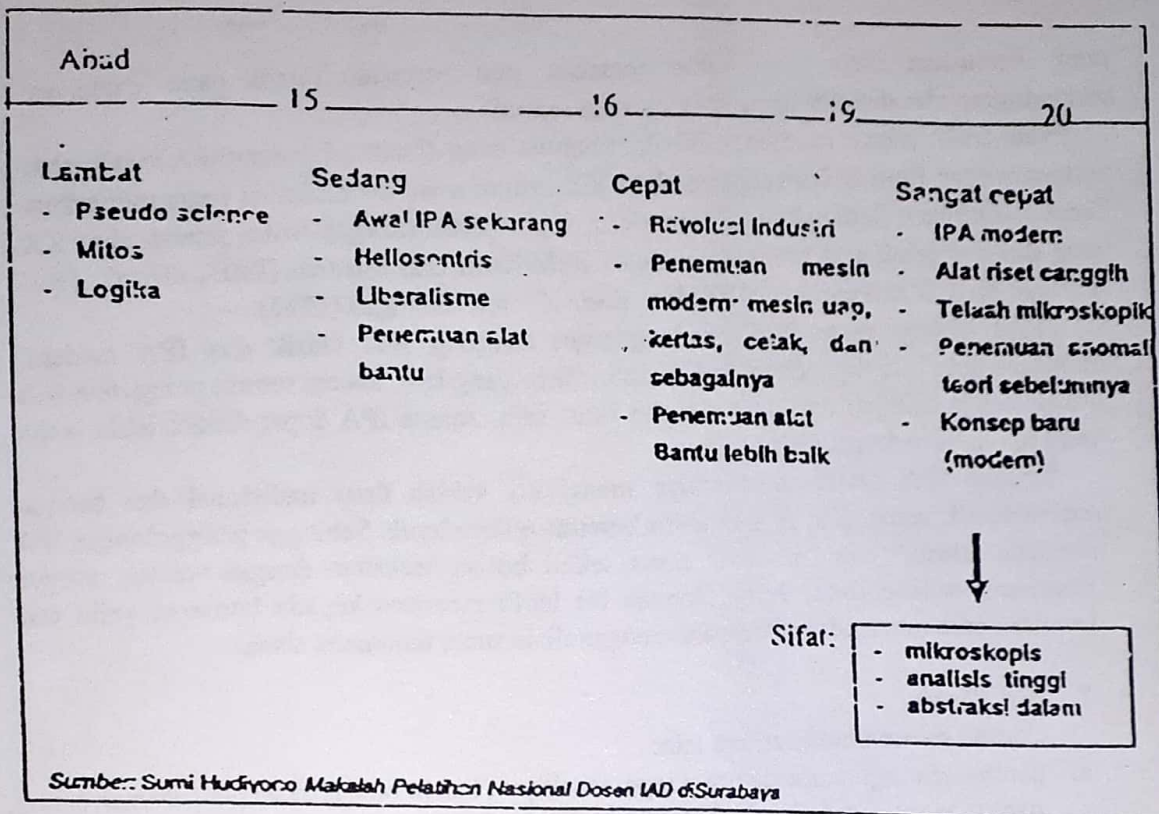
### 2. IPA Modern

IPA Modern diperoleh atas dasar penelitian dengan menggunakan metode ilmiah disertai pengujian-pengujian berulang kali sehingga diperoleh ilmu yang mantap, baik untuk terapan maupun ilmu murni.

Banyak contoh kegiatan IPA Modern, antara lain sebagai berikut.

- a. Pemanfaatan energi matahari untuk kegiatan yang berkaitan dengan listrik untuk transportasi, industri maupun rumah tangga, yang merupakan pemanfaatan foton untuk menimbulkan aliran muatan listrik (elektron), karena perbedaan panas sehingga terbentuklah sel pembangkit tenaga listrik;
- b. Tungku sinar matahari telah banyak digunakan yang hal itu berprinsip pada titik fokus lensa cekung;
- c. Energi panas bumi dapat diubah menjadi energi listrik;
- d. Pemanfaatan sisa sampah organisme seperti jerami, sisa tanaman lain ataupun kotoran hewan yang diproses dengan bantuan bakteri, dalam kondisi tertentu menghasilkan gas  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2S$  yang ternyata dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar. Proses di atas sering disebut sebagai energi biogas.

Secara umum periode pengembangan IPA dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5. Diagram periode perkembangan IPA

### 3. Klasifikasi IPA

Munculnya Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) diperkirakan pada sekitar abad pertengahan (1500-1600). Pada saat ini banyak orang yang menjadi ahli di beberapa bidang ilmu pengetahuan, seperti Copernicus dan Galileo yang tidak saja sebagai astronom, tetapi juga ahli dalam bidang pengobatan dan ahli matematika. Ilmu pengetahuan semakin hari semakin berkembang sehingga orang sulit mempelajari secara keseluruhan. Orang tidak lagi menjadi ahli dalam banyak bidang ilmu, karena masing-masing ilmu sudah semakin luas dan mendalam.

Keahlian seseorang menguasai ilmu pengetahuan sebanding dengan kemampuannya menyerap kedalaman ilmu pengetahuan serta daya pikir kritis terhadap ilmu itu sendiri. Sampai mendekati abad pertengahan, perkembangan ilmu pengetahuan belum begitu luas dan dalam, sehingga seseorang yang mempunyai cara berpikir tajam dan kritis akan sangat mungkin dapat menguasai beberapa bidang ilmu sekaligus. Sebagai contoh ialah ahli pikir Yunani, Pythagoras dikenal sebagai seorang astronom yang juga ahli matematika dan transmudasi unsur (dasar dari kimia). Copernicus dikenal sebagai ahli astronomi, matematika dan pengobatan.

Setelah abad pertengahan, perkembangan ilmu relatif lebih pesat dan mendalam sehingga tidak memungkinkan lagi bagi seseorang menguasai berbagai bidang ilmu dengan mendalam. Oleh karena itu, perlu dilakukan klasifikasi ilmu pengetahuan yang ada menjadi berbagai disiplin ilmu.



Secara garis besar ilmu pengetahuan dibagi menjadi dua bidang ilmu utama sebagai berikut.

1. *Ilmu sosial dan budaya*

Ilmu ini secara umum mempelajari tingkah laku manusia (*humiora*).

2. *Ilmu pengetahuan alam*

Sedangkan ilmu ini mempelajari makhluk hidup (biologi) dan benda mati (sains fisik). Yang dimaksud dengan sains fisik utama ialah ilmu fisika yang sasaran utama pembelajarannya materi dan energi serta ilmu kimia yang mempelajari komposisi materi.

Akibatnya terlihat kecenderungan orang untuk membagi ilmu pengetahuan menjadi berbagai disiplin ilmu sebagai berikut.

1. *Bidang Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS)*

Ilmu ini secara umum mempelajari tentang tingkah laku manusia (*humiora*) sebagai makhluk sosial.

IPS dibagi lagi menjadi beberapa cabang ilmu antara lain sebagai berikut.

- Psikologi yaitu ilmu jiwa yang sasarnya ialah otak atau pikiran.
- Bahasa yaitu cabang ilmu yang mempelajari tentang komunikasi verbal.
- Sejarah yaitu cabang ilmu yang mempelajari peristiwa-peristiwa masa lalu.
- Antropologi cabang ilmu yang mempelajari sejarah dan perkembangan kebudayaan manusia.
- Etnologi yaitu cabang ilmu yang sasarnya ialah manusia sebagai satuan suku bangsa.
- Ekonomi yaitu cabang ilmu yang mempelajari tentang kesejahteraan dan media tukar menukar.
- Arkeologi ialah cabang ilmu yang mempelajari benda-benda kuno atau antik.
- Sosiologi yaitu cabang ilmu yang mempelajari kemasyarakatan.
- Pendidikan yaitu cabang ilmu yang mempelajari masalah pendidikan dan latihan.
- Teologi ialah pengetahuan tentang keagamaan.
- Filsafat naturalistik atau filsafat pengetahuan alam yaitu ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala alam.

2. *Bidang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau sering disebut natural science.*

Ilmu ini mempelajari tentang makhluk hidup (biologi) dan benda mati (sains fisik).

IPA dibagi lagi menjadi beberapa cabang ilmu sebagai berikut.

- Fisika (*Physics*) yaitu cabang ilmu yang sasaran utamanya ialah materi dan energi.
- Kimia yaitu cabang ilmu yang mempelajari komposisi materi.
- Meteorologi yaitu cabang ilmu yang mempelajari iklim dan cuaca.
- Biologi yaitu ilmu yang mempelajari makhluk hidup dan gejala-gejalanya.
- Biologi dibagi lagi menjadi beberapa cabang ilmu yaitu:
  - zoologi ialah cabang ilmu yang mempelajari tentang hewan.
  - botani ialah ilmu yang mempelajari tentang seluk-beluk tumbuhan.
  - morfologi ialah suatu studi yang mempelajari bentuk atau struktur luar dari makhluk hidup.

- 4) fisiologi yaitu suatu ilmu tentang fungsi atau faal bagian tubuh atau organ dari makhluk hidup.
- 5) anatomi ialah ilmu yang mempelajari tentang struktur atau bentuk dalam suatu tubuh.
- 6) histologi yaitu ilmu yang mempelajari jaringan tubuh atau organ makhluk hidup yang merupakan serentetan sel yang sejenis.
- 7) sitologi yaitu studi yang mempelajari tentang struktur molekuler.
- 8) higiene yaitu ilmu pengetahuan tentang kesehatan.

### 3. Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa (IPBA)

IPBA ialah ilmu yang membahas tentang keberadaan bumi sebagai salah satu bagian dari tata surya dan juga membahas tentang ruang angkasa beserta benda-benda angkasa lainnya.

IPBA dibagi lagi menjadi beberapa cabang ilmu sebagai berikut.

- a. Astronomi ialah ilmu yang membahas tentang benda-benda ruang angkasa yang ada di alam semesta.
- b. Geologi yaitu ilmu yang mempelajari tentang struktur bumi. Ilmu ini dibagi lagi menjadi:
  - a) petrologi yaitu ilmu yang membahas tentang batu-batuan.
  - b) vulkanologi yaitu ilmu yang membahas tentang gempa bumi.
  - c) mineralogi yaitu ilmu yang mempelajari tentang mineral atau bahan galian.
  - d) kristalografi yang mempelajari tentang bentuk-bentuk kristal dari mineral.
- c. Geografi yaitu ilmu yang mempelajari tentang permukaan bumi serta sosio ekonomi dari makhluk yang ada di situ (terutama manusia).

Matematika sebagai salah satu bidang ilmu yang tidak termasuk dalam kategori pembagian ilmu tersebut. Kedudukan matematika merupakan penunjang pengembangan disiplin ilmu. Bagi sains fisik, matematika merupakan bahasa yang dapat menjelaskan hukum-hukum alam. Statistika dimanfaatkan untuk pengumpulan, pengorganisasian, serta peringkasan dan analisis data. Simpulan ditarik berdasarkan hasil analisis data yang diamati. Sedangkan informatika banyak dimanfaatkan dalam pemodelan, baik fisik maupun matematis pengumpulan data (data akuisisi) dan sekaligus untuk menganalisis data yang diperoleh.

Telah dikatakan bahwa pemisahan atau pembagian ilmu ini terjadi karena ilmu pengetahuan berkembang dan proses perkembangannya memerlukan waktu yang relatif lama. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan selanjutnya, ternyata terlihat ada kecenderungan beberapa ilmu bertemu kembali, karena pada hakikatnya mereka berada dalam satu unit, misalnya dalam biologi molekuler dasar yang sangat kuat untuk mempelajarinya ialah ilmu kimia dan fisika sebab dalam kedua ilmu tersebut terlihat adanya sifat keilmuan yang berkaitan dengan sifat kelistrikan materi dan struktur atom.

## IV. BUMI DAN ALAM SEMESTA

### A. Pembentukan Alam semesta dan Tata Surya

#### 1. Teori Terbentuknya Alam Semesta

Sejak lama manusia berusaha memahami alam semesta ini. Pada zaman kejayaan Yunani, orang percaya bahwa bumi merupakan pusat dari alam semesta ini (*geosentrisme*). Namun, berkat pengamatan dan pemikiran yang lebih tajam, pandangan itu berubah sejak zaman abad pertengahan yang dipelopori oleh Copernicus menjadi *heliosentrik* yaitu matahari menjadi pusat beredarnya bumi bersama planet-planet lain. Pada modul 1 juga telah disebutkan bahwa pada saat itulah awal dari abad perkembangan ilmu pengetahuan alam.

Pengertian alam semesta itu sendiri mencakup tentang mikrokosmos dan makrokosmos. *Mikrokosmos* ialah benda-benda yang mempunyai ukuran yang sangat kecil, misalnya atom, elektron, sel, amuba, dan sebagainya.

Sedangkan *makrokosmos* ialah benda-benda yang mempunyai ukuran yang sangat besar, misalnya bintang, planet ataupun galaksi.

Para ahli astronomi menggunakan istilah alam semesta dalam pengertian tentang ruang angkasa dan benda-benda langit yang ada di dalamnya. Manusia sebagai makhluk Tuhan yang berakal budi dan sebagai penghuni alam semesta, selalu tergocha oleh rasa ingin tahu untuk mencari penjelasan tentang makna dari hal-hal yang diamati. Dengan

diperolehnya berbagai pesan dan beraneka ragam cahaya dari benda-benda langit yang sampai di bumi, timbullah beberapa teori yang mengungkapkan tentang terbentuknya alam semesta. Walaupun telah banyak penelitian tentang terbentuknya alam semesta, namun tetap masih dalam tingkat teori. Teori-teori tersebut ialah sebagai berikut.

##### A. Teori keadaan tetap (*Steady-state theory*)

Teori ini dikemukakan oleh Fred Hoyle, Herman Bondi, dan Thomas Gold (1948). Teori ini berdasarkan prinsip kosmologi sempurna yang menyatakan bahwa alam semesta, di mana pun dan bilamana pun selalu sama. Berdasarkan prinsip tersebutlah alam semesta terjadi, pada suatu saat tertentu di masa yang telah lalu sampai sekarang. Segala sesuatu di alam semesta ini selalu tetap sama walaupun galaksi-galaksi saling bergerak menjauhi satu sama lain. Teori ini ditentang oleh kenyataan, bahwa galaksi baru mempunyai jumlah yang sebanding dengan galaksi lama.

Dengan perkataan lain, teori ini menyatakan bahwa tiap-tiap galaksi yang terbentuk, tumbuh, menjadi tua, dan akhirnya mati. Jadi, teori ini beranggapan bahwa alam semesta itu tak terhingga besarnya dan tak terhingga tuanya (tanpa awal dan tanpa akhir).

Dengan diketahuinya kecepatan radial galaksi galaksi dengan bumi dari hasil pemotretan satelit, maka disimpulkan bahwa makin jauh jarak galaksi terhadap bumi, makin cepat galaksi tersebut menjauhi bumi. Hal ini sesuai dengan garis spektra yang menuju ke panjang gelombang yang lebih besar yaitu ke arah merah. Kondisi ini sering dikenal dengan *pergeseran merah*. Hasil penemuan itulah yang menguatkan teori bahwa alam semesta selalu *berekspansi* (mengembangkan diri) dan *berkontraksi* (menipis). Siklus tersebut diduga berlangsung dalam waktu 30.000 juta tahun.

Dalam masa ekspansi, terbentuklah galaksi-galaksi serta bintang-bintangnya. Ekspansi ini didukung oleh adanya tenaga yang bersumber dari reaksi inti hidrogen dan akhirnya akan membentuk berbagai unsur lain yang lebih kompleks. Sedangkan pada masa kontraksi, galaksi dan bintang-bintang yang terbentuk meredup dan unsur-unsur yang terbentuk menyusut dengan mengeluarkan tenaga berupa panas yang sangat tinggi. Dengan demikian harus ada ledakan atau dentuman yang memulai adanya pengembangan.

#### b Teori ledakan besar (*Big-bang theory*)

Teori ledakan ini bertolak dari asumsi adanya suatu massa yang sangat besar dan mempunyai berat jenis yang juga sangat besar. Kemudian massa tersebut meledak dengan hebat karena adanya reaksi inti (George Lemaitre, 1930). Massa itu kemudian berserak mengembang dengan sangat cepatnya menjauhi pusat ledakan. Setelah berjuta-juta tahun, massa yang berserak itu membentuk kelompok-kelompok galaksi yang ada sekarang. Mereka terus bergerak menjauhi titik pusatnya. Teori ini didukung oleh kenyataan dari pengamatan bahwa galaksi-galaksi itu memang bergerak menjauhi titik pusat yang sama. Selain itu, teori ini didukung oleh pakar astronomi Arno Penzias dan Robert Wilson yang menemukan radiasi gelombang mikro. Terayata penemuan tersebut berdasarkan *Teori Kenisbian Einstein*.

Menurut teori ini ada beberapa masa yang penting, selama terjadinya alam semesta, yakni:

- 1) masa *batas dinding Planck*, yaitu masa pada saat alam semesta berumur  $10^{-43}$  detik berdasarkan hasil perhitungan Planck.
- 2) masa *Jiffy*, yaitu masa pada saat alam semesta berumur  $10^{-21}$  detik dengan jari-jari alam semesta  $10^{-13}$  cm dengan kerapatannya  $10^{55}$  kali kerapatan air.
- 3) masa *Quark* yaitu masa pada saat alam semesta berumur  $10^{-4}$  detik. Pada masa ini partikel-partikel saling bertumpang tindih dan tidak berstruktur serta diikuti dengan terbentuknya *hadron* yang mempunyai kerapatan  $10^9$  ton tiap sentimeter kubik.
- 4) masa *pembentukan Lipton*, yaitu masa pada saat alam semesta berumur setelah  $10^{-4}$  detik.

- 6 masa *radiasi*, yaitu masa alam semesta berumur 1 detik sampai 1 juta tahun. Kemudian pada saat terbentuknya fusi hidrogen menjadi helium, mempunyai suhu  $10^9$  derajat Kelvin. Pada saat usia alam semesta berumur  $10^3$  sampai  $10^4$  tahun mempunyai suhu 30000 Kelvin.
- 4 masa *pembentukan galaksi*, yaitu pada masa usia alam semesta  $10^4$  -  $10^9$  tahun. Pada saat usia ini, galaksi masih berupa kabut nilin yang berputar membentuk piringan raksasa.
- 7 masa *pembentukan tata surya*, yaitu pada usia  $4,5 \times 10^9$  tahun.

## 2. Teori Terbentuknya Galaksi dan Tata Surya

### A. Galaksi

Pengamatan selanjutnya mengungkapkan bahwa matahari kita sebenarnya ialah salah satu dari beribu-ribu matahari yang lain, yaitu bintang-bintang yang beredar mengikuti pusat bintang-bintang itu. Hal tersebut dapat berupa suatu pijaran yang sangat besar, dikelilingi oleh kelompok-kelompok bintang yang sangat dekat satu dengan lainnya (*cluster*) dan juga dikelilingi oleh gumpalan-gumpalan kabut gas pijar yang lebih kecil dari pusatnya (*nebulae*) dan tebaran ribuan bintang. Galaksi itu ternyata tidak hanya satu tetapi beribu-ribu jumlahnya. Galaksi, tempat matahari kita berinduk diberi nama *Milky Way* atau *Bima Sakti*.

Apakah semua galaksi itu berpusat dari suatu induk galaksi?

Ada satu hipotesis tentang terbentuknya galaksi, yaitu hipotesis Fowler (1957). Menurut Fowler, 12 ribu juta tahun yang lalu, galaksi kita tidak seperti dalam keadaan seperti sekarang ini. Ia masih berupa kabut gas hidrogen yang sangat besar yang berada di ruang angkasa. Ia bergerak perlahan mengadakan rotasi sehingga keseluruhannya berbentuk bulat. Karena gaya beratnya, maka ia mengadakan kontraksi.

Pada saat berkontraksi, massa bagian luar banyak yang tertinggal. Bagian yang berkisar (berputar) lambat dan mempunyai berat jenis yang besar akan membentuk bintang-bintang. Gumpalan kabut yang telah menjadi bintang itu pun secara perlahan mengadakan kontraksi. Energi potensialnya mereka keluarkan dalam bentuk sinar dan panas radiasi. Bintang-bintang itu pun makin turun temperaturnya. Setelah berpuluh ribu juta tahun, ia mempunyai bentuk yang boleh dikatakan tetap seperti halnya matahari kita.

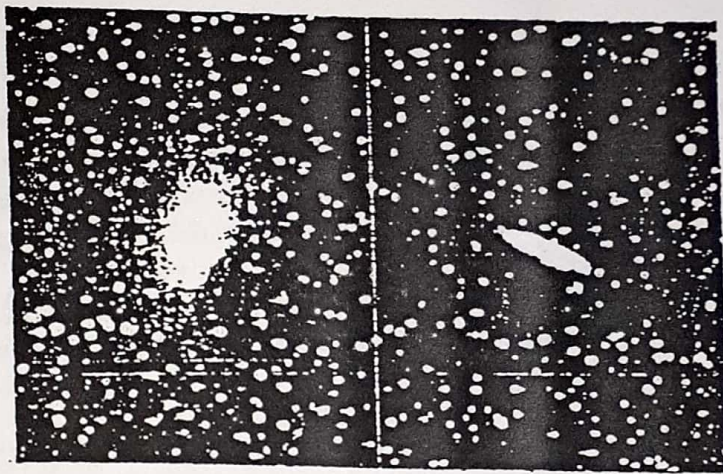
Hipotesis itu diyakinkan oleh suatu observasi yang ditujukan kepada pusat galaksi yang selalu melahirkan bintang baru, baik secara perlahan-lahan maupun secara eksplosif.

#### Macam-macam galaksi

Berdasarkan hasil pengamatan selanjutnya, ternyata di alam semesta terdapat beribu-ribu galaksi dengan berbagai bentuk dan ukuran. Dilihat dari bentuknya terdapat beberapa tipe galaksi seperti galaksi *spiral*, galaksi *spiral bertatah*, galaksi *elips*, dan galaksi *tidak beraturan*. Berdasarkan umumnya dari yang telah, diduga berturut-turut ialah galaksi *elips*, galaksi *spiral* dan galaksi *tidak beraturan*.

#### 1) Galaksi berbentuk elips

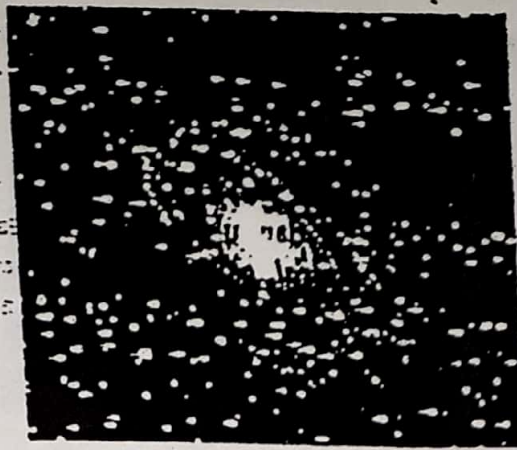
Galaksi ini merupakan galaksi yang sudah tua, tidak membentuk bintang-bintang baru lagi. Galaksi ini amat besar dan tersusun oleh bintang-bintang yang telah tua. Hampir 17% dari galaksi yang ada berbentuk elips.



Gambar 3.1. Galaksi berbentuk elips

#### 2) Galaksi berbentuk spiral

Galaksi ini berbentuk amat besar dengan inti di tengahnya (*nukleus*) mempunyai lengan spiral dan cakram (*disk*). Bila dilihat dari samping, galaksi ini tampak seperti elips beraturan dan dikelilingi atmosfer bercahaya, serta terdapat lingkaran-lingkaran kumpulan beribu-ribu bintang yang disebut *globular cluster* yang bertebaran di pinggir galaksi berbaur dengan *corona*. Bintang-bintang yang sedang terbentuk seperti matahari berada pada lengan galaksi. Jumlah galaksi ini kurang lebih 30% dari galaksi yang ada. Salah satu contoh galaksi spiral adalah galaksi Canes Venatici.



Sumber: [http://www.nasa.gov/.../54767main/canves\\_03a\\_02.jpg](http://www.nasa.gov/.../54767main/canves_03a_02.jpg)

Gambar 3.2. Galaksi Canes Venatici

1] Galaksi berbentuk tidak beraturan

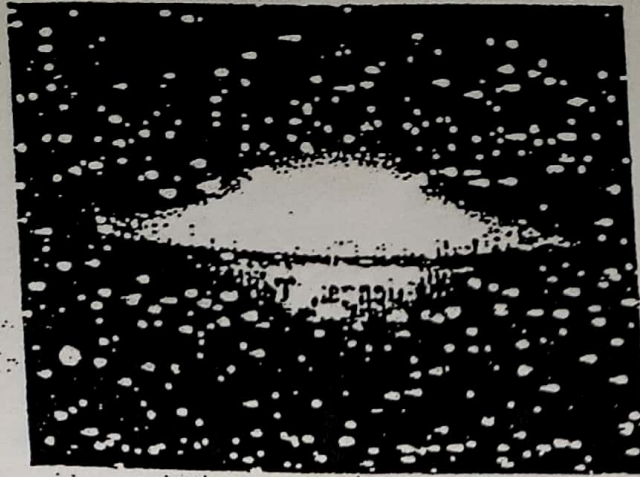
Galaksi ini terdiri dari bermiliar-miliar bintang muda berwarna putih, kebiruan dan bintang raksasa biru yang sangat panas. Di antara bintang-bintang tersebut bertebaran gas dan debu angkasa luar. Banyaknya galaksi berbentuk tidak beraturan ialah 3%.



Gambar 3.3. Magellanic yang bentuknya tidak beraturan

b. Bima Sakti

Induk dari matahari kita ialah galaksi Bima Sakti atau *Milky Way*, karena berdasarkan pengamatan, galaksi Bima Sakti bila dilihat dari atas berwujud seperti spiral raksasa yang berputar. Dari samping terlihat seperti elips yang sangat besar. Bintang-bintang bertebaran dalam lengan spiral, di antaranya ialah matahari kita. Jaraknya 30.000 tahun cahaya dari pusat galaksi atau 20.000 tahun cahaya dari ujung atau pinggir galaksi. Galaksi Bima Sakti bergaris tengah 100.000 tahun cahaya. Makin ke tengah, tebaran bintang makin merapat dan diperkirakan pusat galaksi merupakan bola bintang raksasa. Sehingga galaksi ini berbentuk bulat pipih seperti kue cucur.



Gambar 3.4. Galaksi Bima Sakti

Tetangga terdekat dari Bima Sakti ialah galaksi Andromeda yang juga berbentuk spiral dan jauhnya 870.000 tahun cahaya (cahaya bergerak dengan kecepatan 300.000 km/detik, jadi 1 tahun cahaya berjarak:  $300.000 \times 365 \frac{1}{4} \times 4 \times 60 \times 60 \text{ km} = 1013 \text{ km}$ ).

Letak matahari dan bumi tempat kita tinggal, kira-kira  $\frac{2}{3}$  pusat galaksi hingga batas tepian luarnya. Bulatan-bulatan yang terletak di bawah dan di atas pusat galaksi ialah kumpulan-kumpulan bintang (*globular*). Dalam satu galaksi ada yang mencapai 1000 kumpulan bintang seperti itu. Galaksi kita mengadakan rotasi dengan arah yang berlawanan dengan jarum jam.

Bima Sakti memiliki tidak kurang dari 100 ribu juta bintang. Selain itu, masih terdapat gumpalan-gumpalan gas inapun semacamnya dalam ukuran kecil yang banyak jumlahnya.

### e. Tata Surya

Tata surya terdiri dari matahari sebagai pusat dan benda-benda lain seperti planet, satelit, meteor-meteor, komet-komet, debu dan gas antarplanet yang beredar mengelilinginya. Keseluruhan sistem ini bergerak mengelilingi pusat galaksi.

Bagaimana tata surya terbentuk? Banyak teori tentang asal usul tata surya dikemukakan orang, tetapi belum ada satu pun yang dapat diterima oleh semua pihak. Di antara teori itu ialah sebagai berikut.

#### 1) Hipotesis Nebular

Hipotesis ini dikemukakan pertama kali oleh Kant dan Laplace pada tahun 1796. Ia yakin bahwa sistem tata surya terbentuk dari kondensasi awan panas atau kabut gas yang sangat panas. Pada proses kondensasi tersebut, sebagian terpisah dan merupakan cincin yang mengelilingi pusat.

Pusatnya itu menjadi sebuah bintang atau matahari. Bagian yang mengelilingi pusat tersebut, dengan cara yang sama berkondensasi membentuk suatu formasi yang serupa dengan terbentuknya matahari tadi. Setelah mendingin, benda-benda ini akan menjadi planet-planet seperti bumi dengan benda-benda yang mengelilinginya.

Dapat dibayangkan bahwa berdasarkan teori ini, planet Saturnus yang dikelilingi oleh cincin Saturnus itulah yang merupakan bakal satelitnya. Salah satu keberatan



dari hipotesis ini ialah ditemukannya dua buah bulan pada Jupiter dan sebuah bulan di Saturnus yang berputar berlawanan arah dengan rotasi planet-planet itu. Hal itu menunjukkan bahwa satelit tersebut bukan merupakan bagian dari planetnya. Hal tersebut sesuai dengan hipotesis Laplace.

## 2) Hipotesis Planetesimal

Dikemukakan pertama kali oleh Chamberlain dan Moulton. Hipotesis ini bertitik tolak dari pemikiran yang sama dengan Teori Nebular yang menyatakan bahwa sistem tata surya terbentuk dari kabut gas yang sangat besar, berkondensasi. Perbedaannya ialah terletak pada asumsi bahwa terbentuknya planet-planet itu tidak harus dari satu badan, tetapi diasumsikan adanya bintang besar lain yang kebetulan sedang lewat di dekat bintang yang merupakan bagian dari tata surya kita.

Kabut gas dari bintang lain itu, sebagian terpengaruh oleh daya tarik matahari kita dan setelah mendingin terbentuklah benda-benda yang disebut planetesimal. Planetesimal merupakan benda-benda kecil yang padat. Karena daya tarik menarik antarbenda itu sendiri, benda-benda kecil itu akan bergumpal menjadi besar dan panas. Hal ini disebabkan oleh tekanan akibat akumulasi dari massanya. Teori ini dapat menjawab pertanyaan mengapa ada satelit-satelit pada Jupiter maupun pada Saturnus yang mempunyai orbit-berlawanan dengan rotasi planet-planet itu.

## 3) Teori Tidul atau Teori Pasang Surut

Teori ini diungkapkan pertama kali oleh James dan Harold Jeffreys pada tahun 1919. Menurut teori ini, planet merupakan percikan dari matahari seperti percikan matahari yang sampai kini masih tampak ada. Percikan itu disebut *Tidal*. Tidal yang besar yang kemudian akan menjadi planet baru, terjadi karena adanya dua matahari yang bergerak mendekati. Peristiwa ini tentu jarang sekali terjadi, namun bila ada dua bintang yang bergerak mendekat satu sama lain, akan terbentuklah planet-planet baru seperti teori tersebut di atas.

Usaha para ilmuwan itu hanyalah sekedar menguji hipotesis. Setelah teruji, teori itu masih mungkin diperbaiki dengan teori yang lebih akurat. Namun demikian, teori-teori tersebut di atas masih diyakini orang sampai sekarang.

## 4) Teori Bintang Kembar

Teori ini berpendapat bahwa kemungkinan matahari dahulu merupakan sepasang bintang kembar. Oleh sesuatu sebab, salah satu bintang meledak dan akibat gaya tarik gravitasi, bintang yang satunya sekarang menjadi matahari. Pecahan tersebut tetap berada di sekitar dan beredar mengelilinginya.

## 5) Teori Creatio Continua

Teori ini dikemukakan oleh Fred Hoyle, Bondi dan Gold. Menurut teori ini, pada saat diciptakan, alam semesta ini tidak ada. Alam semesta selamanya ada dan akan tetap ada setelah diciptakan. Pada setiap saat ada partikel yang dilahirkan dan ada yang lenyap. Partikel-partikel tersebut kemudian mengembun menjadi kabut-kabut spiral dengan bintang-bintang dan jasad-jasad alam semesta.

Karena partikel yang dilahirkan lebih besar daripada yang lenyap, maka jumlah materi makin bertambah dan mengakibatkan pemuaihan alam semesta. Pengembaian

ini akan mencapai titik batas kritis pada 10 milyar tahun lagi. Tetapi dalam waktu 10 milyar tahun tersebut akan dihasilkan kabut-kabut baru. Teori ini berpendapat bahwa 90% materi alam semesta ialah hidrogen, dari hidrogen akan terbentuk helium dan zat-zat lainnya.

### 2) Teori G.P. Kuiper

Pada tahun 1950, G.P. Kuiper mengajukan teori berdasarkan keadaan yang ditemui di luar tata surya dan menyuarakan penyempurnaan atas teori-teori yang telah dikemukakan yang mengandaikan bahwa matahari serta semua planet berasal dari gas purba yang ada di ruang angkasa. Pada saat ini terdapat banyak kabut gas dan di antara kabut terlihat proses melahirkan bintang.

Kabut gas yang tampak tipis-tipis di ruang angkasa itu, lambat laun memampatkan diri menjadi massa yang semakin lama semakin padat, karena gaya tarik gravitasi antarmolekul dalam kabut itu. Pemadatan ini dimungkinkan karena sifat gas semacam itu selalu menyebabkan terjadinya gerakan. Selanjutnya gerakan itu makin lama menjadi gerakan berputar yang memipihkan dan memadatkan gas kabut tersebut. Satu atau dua gumpalan materi memadat di tengah, sedangkan gumpalan yang kecil akan melesat di lingkungan sekitarnya.

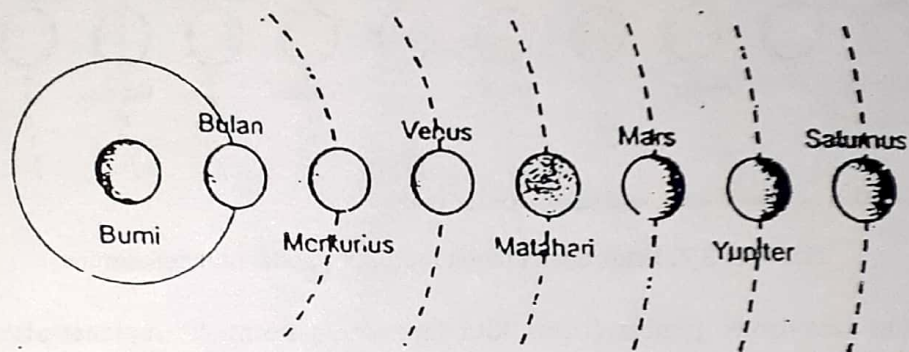
Gumpalan yang terkumpul di tengah menjadi matahari sebagai pusat, sedangkan gumpalan-gumpalan yang kecil menjadi bakal planet. Matahari yang di pusat begitu padat dan mulai menyala dengan api nuklir, yang selanjutnya api itu mendorong gas yang masih membungkus planet menjadi sima, sehingga planet sekarang tampak telanjang, tinggal terasnya. Tapi bakal planet yang jauh dari matahari kurang terpengaruh sehingga tampak menjadi planet yang besar dengan diliputi kabut.

### 3. Susunan Tata Surya

Kita mengenal surya ialah kata lain dari matahari. Tata surya berarti adanya suatu organisasi yang teratur pada matahari itu. Telah disebutkan bahwa matahari ialah salah satu dari 100 milyar bintang di dalam galaksi. Matahari sebagai pusat tata surya berada pada jarak 30 tahun cahaya dari pusat Bima Sakti.

Pada zaman Yunani kuno, seorang ahli filsafat bernama Claudius Ptolemeus mengemukakan pendapatnya bahwa bumi ialah pusat alam semesta. Menurut pandangan ini, matahari, bulan dan planet-planet beredar mengelilingi bumi yang tetap diam sebagai pusatnya.

Pandangan geosentris ini 14 abad lamanya dianut orang. Pada waktu pengamatan secara kasar, orang-orang Yunani telah dapat mengenal lima planet, yaitu *Mercurius*, *Venus*, *Mars*, *Jupiter* dan *Saturnus*. Menurut pandangan geosentris susunan planet-planet dapat digambarkan sebagai berikut:



Sumber: Drs. Maskoeni Jasri, Ilmu Alamiah Dasar 1992

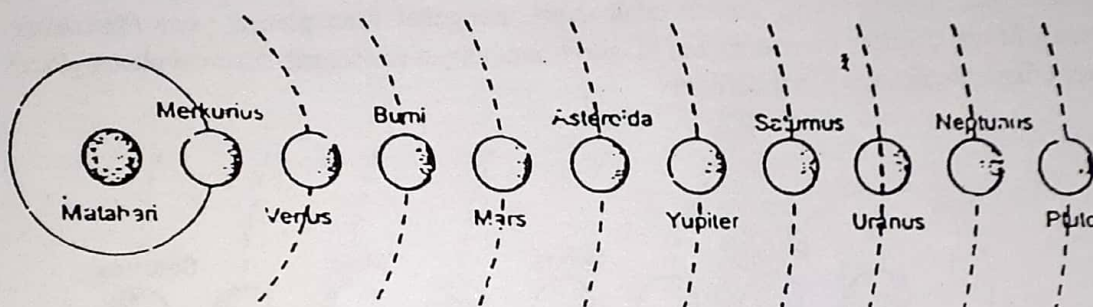
Gambar 3.6. Letak benda langit menurut pandangan geosentris

Pada abad ke-16 seorang ilmuwan Polandia bernama Niccolus Copernicus berhasil mengubah pandangan salah yang telah dianut berabad-abad lamanya. Menurut Copernicus, bumi ialah planet dan seperti halnya dengan planet-planet lainnya, bumi beredar mengelilingi matahari sebagai pusatnya (*heliocentris*). Pandangan Copernicus ini didasari oleh adanya pengamatan yang teliti serta dengan perhitungan yang sistematis. Kesemuanya itu berkat bantuan teropong sebagai alat pengamat dan juga telah berkembangkannya matematika dan fisika sebagai sarana penunjang pada masa itu.

Setelah adanya teropong, dapat diamati planet-planet yang lebih jauh seperti Uranus, Neptunus dan Pluto. Pluto merupakan planet terjauh dan baru ditemukan pada tahun 1930. Sampai saat ini planet yang telah diketahui ada 10 buah, termasuk bumi dan asteroida atau planetoida.

Di samping planet dan satelit, benda angkasa lain yang juga beredar mengelilingi matahari ialah komet, meteor, debu dan gas antarplanet. Sistem benda-benda langit yang beredar mengelilingi matahari sebagai pusat disebut *sistem tata surya*.

Matahari dapat dilihat karena memancarkan sinar sendiri. Planet-planet dan satelit tidak memancarkan cahaya dengan sendirinya. Planet dan satelit dapat dilihat karena memantulkan cahaya matahari. Dengan mata kasar, planet dapat dibedakan dengan bintang, karena kedudukan planet selalu berubah dari waktu ke waktu terhadap bintang-bintang. Menurut pandangan *heliosentris*, susunan planet di dalam tata surya ialah sebagai berikut.



Sumber: Drs. Maskoeni Jasni, Ilmu Alamiah Dasar 1992

Gambar 3.7. Letak benda langit menurut pandangan heliosentris

Dengan menyimak gambar di atas, kita dapat mengelompokkan planet-planet tersebut menjadi dua kelompok yaitu:

- a. Kelompok planet dalam, yakni planet yang dekat dengan matahari, terdiri dari planet-planet Merkurius, Venus, Bumi dan Mars.
- b. Kelompok planet luar, terdiri dari Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus dan Pluto.

Planet-planet dalam umumnya lebih kecil dari planet luar, namun mempunyai massa jenis lebih besar.

Merkurius dan Venus berada di antara bumi dan matahari, karena itu disebut *planet dalam*. Planet Mars, Asteroid, Jupiter, Saturnus, Neptunus, dan Pluto yang beredar di luar garis peredaran bumi disebut *planet luar*. Planet-planet tersebut mengelilingi matahari melalui lintasan atau orbit yang bentuknya elips dan matahari berada dalam salah satu titik fokus.

Peredaran planet mengelilingi matahari disebut *gerak revolusi*. Di samping itu planet-planet beredar mengelilingi sumbunya disebut *gerak rotasi*. Adanya gerak rotasi ini menyebabkan timbulnya peredaran siang dan malam pada planet-planet. Dilihat dari selatan (dari tempat kita melihat) gerak revolusi maupun gerak rotasi planet-planet searah jarum jam atau dari Timur ke Barat. Waktu untuk satu putaran revolusi disebut *kala revolusi*. Waktu satu putaran rotasi disebut *kala rotasi*. Untuk bumi, kala revolusi ialah satu tahun (365 ¼ hari) sedangkan kala rotasi adalah satu hari (24 jam).

## 4. Bagian-bagian Tata Surya

Tata surya terdiri dari matahari sebagai pusat dan benda-benda lain seperti planet, satelit, meteor, komet, debu dan gas antarplanet beredar mengelilinginya. Keseluruhan sistem ini bergerak mengelilingi pusat galaksi.

Planets merupakan suatu benda yang dingin, sisanya yang tampak kilau dari bumi itu, tidak lain ialah cahaya matahari yang dipantulkannya. Jadi tidak ubahnya seperti bulan purnama.

Sebelum kita mengenal masing-masing planet tersebut secara lebih mendalam, sebaiknya kita bicarakan lebih dahulu tentang matahari sebagai pusat tata surya.

### A. Matahari

Matahari ialah suatu bola gas pijar yang terdiri dari 94% atom hidrogen (H) dan 5,9% atom helium (He), serta sisanya campuran unsur-unsur karbon (C) dan atom lainnya. Bentuk matahari ternyata tidak bulat benar. Ia mempunyai semacam ekuator dan kutub, karena gerak rotasinya. Garis tengah ekuatorialnya 864.000 mil, sedangkan garis tengah antarkutubnya 43 mil lebih pendek.

Matahari juga merupakan tata surya yang paling besar karena 98% massa tata surya terkumpul pada matahari. Di samping sebagai pusat peredaran, matahari juga merupakan pusat sumber tenaga di lingkungan tata surya. Matahari terdiri dari inti dan tiga lapisan kulit, masing-masing *fotosfer*, *kromosfer* dan *korona*.

Jarak matahari ke bumi ialah 93.000.000 mil. Jarak ini dipakai sebagai satuan astronomi. Satu satuan Astronomis (*Astronomical Unit* : AU: 93 juta mil = 14,8 juta km). Dibandingkan dengan bumi, garis tengah matahari kira-kira 100 kali garis tengah bumi. Gaya tarik matahari kira-kira 30 kali gaya tarik bumi.

Bagaimana dengan temperatur di matahari? Menurut perhitungan para pakar, temperatur di permukaan matahari sekitar  $6000^{\circ}\text{C}$ . Jenis batuan atau logam apapun yang kita kenal di bumi akan lebih pada temperatur setinggi itu. Temperatur tertinggi terletak di bagian tengahnya, yang diperkirakan tidak kurang dari 25 juta  $^{\circ}\text{C}$ .

Pada permukaannya tampak bercak hitam. Dengan adanya bercak hitam itulah, orang dapat menghitung kecepatan matahari mengadakan rotasi, yakni 27 hari. Namun semakin dekat ke kutubnya ternyata makin lambat. Di kutubnya kecepatan rotasi ialah 34 hari.

Lapisan bola matahari *bagian dalam* disebut *fotosfer* (bahasa Yunani, *photos*: cahaya, *sphera* : bola), yang artinya *bola bercahaya memancar*. Radiasi *fotosfer* sangat kuat pada gelombang tampak mata. Sedangkan atmosfer bumi dapat melokalkan panjang gelombang tampak mata. Mata manusia sangat sensitif terhadap panjang gelombang tampak mata ini. *Fotosfer* tebalnya kira-kira 220 mil. Dari lapisan ini terdapat semburan api yang berasal dari suatu ledakan. Semburannya mencapai ketinggian 140.000 mil.

Apabila kita melihat matahari dengan menggunakan filter tembus cahaya merah, maka hanya berkas sinar merah gas hidrogen yang tampak, sehingga kita akan dapat melihat lapisan *kromosfer* (bahasa Yunani, *chromos*: warna, *spherabolis*). Kromosfer merupakan lapisan luar dari fotosfer. Warnanya kemerahan berasal dari hidrogen yang berpijar. Lapisan ini mempunyai lidah-lidah api yang menjilat ke luar. Tebal kromosfer kira-kira 9.000 mil.

Lapisan lebih luar dari kromosfer ialah *korona*. Korona berupa sinar kemilauan yang cahayanya kadang-kadang melebihi garis tengah matahari itu sendiri. Korona tampak jelas (berwarna putih perak) mengelilingi matahari pada waktu terjadi gerhana matahari, karena fotosfer dan kromosfer terhalang oleh bulan. Pada saat biasa, korona sangat lemah untuk dilihat karena kalah terang dibandingkan dengan terangnya fotosfer. Bentuk korona selalu berubah. Gas pada korona sangat panas karena memancarkan sinar X.

Menurut J.R. Meyer, panas matahari berasal dari batu meteor yang berjatuh dengan kecepatan tinggi pada permukaan matahari. Sedangkan menurut *Teori Kontraksi H. Helmholtz*, panas itu berasal dari menyusutnya bola gas. Ahli lain, Dr. Bothe, menyatakan bahwa panas tersebut berasal dari reaksi-reaksi nuklir yang disebut *reaksi Hidrogen Helium Sintesis*, yakni perubahan atom hidrogen (H) menjadi helium (He).

Matahari sangat penting bagi kehidupan di muka bumi karena:

- 1) merupakan sumber energi (sinar panas). Energi yang terkandung dalam batubara dan minyak bumi sebenarnya juga berasal dari matahari;
- 2) mengontrol stabilitas peredaran bumi yang juga berarti mengontrol terjadinya siang dan malam, bulan, tahun, serta mengontrol peredaran planet lainnya.

Dengan mempelajari matahari yang merupakan bintang yang terdekat, berarti juga mempelajari bintang-bintang lain.



Gambar 3.8. Bagian-bagian matahari

## B. Planet Merkurius

Merkurius merupakan planet terkecil dan terdekat dengan matahari. Merkurius tidak mempunyai satelit atau bulan dan juga hawa atau udara. Planet ini mengandung *albedo*, yaitu perbandingan antara cahaya yang dipantulkan dengan yang diterima dari matahari sebesar 0,07. Ini berarti 0,93 atau 93% cahaya yang berasal dari matahari diserapnya.

Garis tengahnya 4.560 km lebih besar daripada garis tengah bulan yang hanya 3.160 km. Karena letaknya yang begitu dekat dengan matahari, maka bagian yang menghadap matahari sangat panas, sebaliknya yang tidak menghadap matahari dingin sekali. Hal ini disebabkan karena Merkurius tidak memiliki atmosfer dan bulan (satelit). Diperkirakan tidak ada kehidupan sama sekali di Merkurius.

Merkurius mengadakan rotasi dalam waktu 58,6 hari. Ini berarti panjang siang harinya lebih dari 28 hari, demikian juga pada malam harinya Merkurius mengelilingi matahari dalam waktu 88 hari.

Waktu paling baik untuk melihat planet ini dari bumi ialah sesaat sebelum matahari terbit dan terbenam. Saat Merkurius berada di sebelah barat matahari akan terbit lebih dahulu dari pada matahari dan akan terlihat sebagai *bintang pagi*. Sebaliknya, saat Merkurius di sebelah timur matahari, akan terlihat sebelum matahari terbenam dan kelihatan sebagai *bintang sore*.

## C. Planet Venus

Planet ini dinamakan Venus karena bila dilihat dari bumi merupakan planet yang paling banyak memantulkan cahaya matahari akibat sifat dari permukaannya. Orang Yunani menganggap keadaan planet itu sangat cantik seperti dewi kecantikan mereka (Venus).

Planet ini lebih kecil dari bumi, mempunyai albedo 0,8 atau 20% cahaya matahari yang datang akan diserapnya. Planet ini diliputi awan tebal (atmosfer) yang mungkin terjadi dari karbon dioksida, tetapi tidak mengandung uap air dan oksigen. Planet ini juga tidak mempunyai satelit.

Venus menempati urutan kedua terdekat dengan matahari. Planet ini terkenal sebagai *Bintang Kejora* yang bersinar terang pada waktu sore atau pagi hari. Besarnya hampir sama dengan bumi, bergaris tengah 12.320 km, sedangkan bumi bergaris tengah 12.640 km. Rotasi Venus kurang lebih 247 hari dan berevolusi (mengelilingi matahari) selama 225 hari, artinya *1 tahun Venus adalah 225 hari*.

Dengan analisis spektrum atas cahaya yang datang dari Venus, dapat diketahui bahwa di sana terdapat oksigen. Atas dasar analogi bahwa keberadaan gas oksigen yang tetap jumlahnya di udara disebabkan oleh tumbuhan yang mengadakan fotosintesis, maka dapat diperkirakan bahwa di Venus pun ada kehidupan.

Venus tidak mempunyai bulan. Pada tahun 1967, negara Soviet Rusia telah menancapkan kapsulnya di permukaan planet ini, sedangkan Amerika dengan *Mariner - 5* telah pula mengadakan perlatannya melewati planet itu.

Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh mereka, para pakar berkesimpulan bahwa atmosfer Venus terdiri dari karbon dioksida sekitar 85% sampai 98%, sedangkan sisanya ialah uap air. Oksigen sangat sedikit dan tidak ada nitrogen. Bandingkan dengan atmosfer bumi yang tersusun dari 80% nitrogen, 19,8% oksigen dan sisanya ialah gas lain termasuk karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang jumlahnya sangat sedikit. Temperatur di Venus

berdasarkan data dari kapsul Soviet berkisar antara  $280^{\circ}\text{C}$  atau  $563^{\circ}\text{F}$ , sedangkan menurut *Meriner-5* milik Amerika Serikat sekitar  $316^{\circ}\text{C}$  atau  $800^{\circ}\text{F}$ .

Rotasi Venus berlawanan dengan rotasi bumi, bumi berotasi dengan arah barat-timur, sedangkan Venus rotasinya timur-barat.

#### d. Planet Bumi dan Bulannya

Bumi menempati urutan ketiga terdekat dengan matahari. Besarnya hampir sama dengan Venus dan bergaris tengah 7.900 mil atau 12.646 km. Jarak antara bumi dengan matahari ialah 149 juta km. Jarak ini dijadikan satuan jarak *Astronomical Unit* (AU). Jadi  $1\text{ AU} = 149\text{ juta km}$ .

Contoh:

Jarak Venus ke matahari adalah  $0,72\text{ AU} = 0,72 \times 149\text{ juta km} = 107,28\text{ juta km}$ .

Bumi mengadakan rotasi 24 jam, berarti satu hari di bumi lamanya ialah 24 jam, sedangkan satu hari Venus ialah 247 kali dari bumi, yakni  $247 \times 24\text{ jam}$ . Bumi mengadakan revolusi selama  $365\frac{1}{4}$  hari. Satu kali putaran mengelilingi matahari disebut juga satu tahun. Sekarang mari kita bandingkan dengan *1 tahun merkurius* = 88 hari bumi, sedangkan *1 tahun Mars* = 1,9 tahun bumi.

Berat jenis rata-rata bumi ialah 5,52.

#### e. Bulan

Bulan merupakan satu-satunya satelit bumi dan tidak memiliki atmosfer. Jarak bulan dengan bumi adalah 240 ribu mil = 384 ribu km dan bergaris tengah 2.160 mil atau 3.456 km. Jarak terjauh bulan dari pusat bumi 406.700 km dan jarak terdekatnya 356.400 km.

Bila dilihat dari bumi, bulan selalu menunjukkan permukaan yang sama. Itu berarti bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengadakan rotasi sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk satu kali revolusi.

Pada permukaan bulan, terdapat gunung-gunung dan dataran rendah seperti bumi. Namun lubang-lubang kepondannya tampak besar-besar sampai ada yang bergaris tengah 8 km.

Berat jenis bulan kira-kira setengah dari berat jenis bumi. Besarnya pun hanya  $1/82$  bumi dan bergravitasi  $1/6$  dari gravitasi bumi. Oleh karena bulan tidak beratmosfer, maka rasi permukaan bulan tetap abadi sebab tidak ada erosi. Tidak adanya atmosfer dapat dibuktikan dengan tidak dioliskannya sama sekali sinar bintang yang datangnya dari belakang bulan ke bumi. Sinarnya merupakan pantulan sinar matahari, sehingga dengan pantulan itu permukaan bulan dapat berubah-ubah. Perubahan penampakan bulan disebut fase. Fase bulan terjadi karena bulan mengitari bumi (revolusi).

Ada delapan fase bulan, yakni:

- 1) Fase bulan baru, terjadi pada kedudukan dengan urutan matahari bulan-bumi (konjungsi);
- 2) Fase bulan sabit, terjadi pada kedudukan setelah konjungsi dan akan memasuki kedudukan kuartir;



- 5) Fase bulan setengah penuh, terjadi pada kedudukan bulan-bumi tegak lurus pada matahari-bumi (kuartir);
- 4) Fase bulan bungkuk, terjadi pada kedudukan setelah kuartir dan akan memasuki kedudukan oposisi;
- 5) Fase bulan purnama, terjadi pada kedudukan dengan urutan matahari-bumi-bulan (oposisi);
- 6) Fase bulan bungkuk, terjadi pada kedudukan oposisi dan akan memasuki kedudukan kuartir;
- 7) Fase bulan setengah penuh, terjadi pada kedudukan bulan bumi tegak lurus pada matahari-bumi;
- 8) Fase bulan sabit, terjadi pada keadaan setelah kuartir dan akan memasuki kedudukan konjungsi

Bulan mengorbit bumi dengan periode 27,3 hari. Waktu ini disebut *periode sideris*, sedangkan selang waktu yang dibutuhkan bulan mencapai dua fase sama berturut turut, misalnya dari bulan purnama ke bulan purnama berikutnya, disebut *periode sinodis*. Waktu satu periode sinodis 29,5 hari.

Dalam kalender yang berdasarkan pada peredaran bulan sebagai acuannya, tanggal diambil pada saat bulan baru atau disebut *bulan mati*. Pada saat tersebut bulan berada di antara bumi dan matahari, sehingga tidak ada cahaya matahari yang bisa dipantulkan bulan ke bumi. Kemudian, karena bulan bergerak mengelilingi bumi, makin lama semakin banyak permukaan bulan yang tampak disinari matahari. Bulan mulai kelihatan sebagai bulan sabit dan ini langsung sampai sekitar tanggal 7, yakni saat bulan dalam keadaan setengah penuh. Antara tanggal 7 dan tanggal 15, permukaan bulan yang disinari matahari semakin banyak. Keadaan ini disebut bulan bungkuk. Saat bulan purnama, yaitu sekitar tanggal 14, bumi berada di antara bulan dan matahari.

Pada kedudukan ini bulan bersinar penuh, karena bulan berada persis di belakang bumi, apabila dilihat dari matahari. Setelah bulan purnama berlangsung, bulan memasuki fase bungkuk lagi, kemudian menjadi setengah penuh pada tanggal 21, dan menjadi bulan sabit lagi sampai bulan baru berikutnya.

Perhitungan tahun menurut bulan mengelilingi bumi disebut perhitungan *qamariah* (bahasa Arab, *qamar* = bulan). Penanggalan Hijriah dasarnya ialah peredaran bulan mengelilingi bumi. Perhitungan kapan mulai bulan baru dan kapan pula akhirnya bulan Ramadhan bagi umat Islam menjadi sangat penting. Mengingat pada bulan Ramadhan umat Islam wajib berpuasa, kemudian setelah bulan Ramadhan berakhir, umat Islam dilarang berpuasa. Oleh sebab itu, pemeluk agama Islam harus mengetahui secara tepat kapan mulai dan kapan berakhirnya bulan Ramadhan tersebut.

Perhitungan tahun menurut peredaran bumi mengitari matahari disebut perhitungan *Syamsiah* (bahasa Arab, *Syam* = matahari). Contohnya penanggalan Masehi.

#### Pembentukan bulan

Sampai saat ini masih belum jelas bagaimana bulan terbentuk dan menjadi satelit bumi. Di bawah ini dipaparkan teori mengenai proses pembentukan bulan.

### 1) Teori Fisi

Menurut teori ini, bulan berasal dari calon bumi pada saat masih belum memadat. Menurut pendukung teori ini, proses fisik dibuktikan oleh komponen pokok pembentuk bumi dan bulan yang sama. Hal ini dibuktikan bahwa kandungan besi di bulan hanya sedikit saja, karena sebagian besar masih tertinggal di bumi.

Tetapi, banyak juga yang menentang teori ini, sebab teori ini tidak bisa menjelaskan mengapa bidang orbit bulan membentuk sudut  $5,8^{\circ}$  terhadap ekliptika. Bila teori ini benar, maka bidang orbit bulan seharusnya berimpit dengan bidang orbit bumi mengelilingi matahari (bidang ekliptika).

### 2) Teori Penangkapan

Menurut teori ini, bulan datang dari daerah lain di tata surya. Pada suatu ketika, benda langit yang akan menjadi bulan ini bergerak cukup dekat dengan bumi, sehingga akan mengalami gaya tarik gravitasi bumi. Gaya tarik gravitasi bumi menyebabkan benda langit tersebut mengorbit (mengelilingi) bumi dan menjadi satelit bumi.

Pendukung teori ini berpendapat tidak seharusnya dua objek yang berdekatan dan berjarak sama dari matahari, memiliki perbandingan komposisi unsur yang berbeda. Keberatan terhadap Teori Penangkapan ialah bahwa proses penangkapan bisa dikatakan tidak mungkin terjadi, karena jarak antarbenda langit yang sangat besar.

### 3) Teori Kondensasi

Menurut teori ini, bumi dan bulan terbentuk bersama-sama dari sumber bahan yang sama secara terpisah. Teori ini banyak penganutnya, karena proses kondensasi memang analog dengan proses pembentukan tatasurya.

Bila massa bumi dibandingkan dengan massa bulan, bumi hanya 81 kali lebih berat daripada bulan. Berbeda dengan planet-planet lain, perbandingan planet dengan satelit-satelitnya besar sekali, sehingga bumi dan bulan dapat dianggap sebagai planet kembar. Planet kembar ini berasal dari materi yang sama umurnya, kemudian masing-masing memadat dan terbentuklah sistem bumi-bulan dengan bulan sebagai satelit bumi.

Teori ini punya kelemahan, karena perbandingan komposisi materi kedua planet kembar ini berbeda. Seharusnya bila bumi dan bulan berasal dari materi yang sama, maka perbandingan komposisi materi keduanya sama juga.

### 4) Teori Tumbukan

Teori ini merupakan teori yang paling populer saat ini. Teori ini mengemukakan bahwa saat bumi belum padat, sebuah benda langit menumbuk bumi. Akibat tumbukan ini, sebagian materi bumi beserta materi penyusun benda langit tersebut terlempar ke angkasa dan bergabung menjadi satu, membentuk bulan.

### 5) Teori Lemparan

Teori ini mengemukakan bahwa pada saat bumi belum padat dan berotasi, sebagian massanya terlempar ke luar, kemudian menjadi bulan. Sedangkan bagian bumi yang ditinggalkan menjadi dasar dari Samudera Pasifik. Hal ini dibuktikan

bahwa batuan *Silisium - Magnesium (Sima)* yang ada di bulan sama dengan batuan *Sima* yang ada di dasar Samudera Pasifik.

Mengingat jarak bulan dari bumi tidak terlalu jauh, manusia mulai berpikir bagaimana memanfaatkan bulan untuk kepentingan manusia. Salah satunya ialah usaha untuk membuat fasilitas pengamatan bintang (*observatorium*)

Hal ini dilakukan mengingat di bulan tidak ada atmosfer, kondisi seismiknya relatif stabil dibandingkan dengan bumi, sedikitnya gangguan cahaya dan gelombang radio serta melimpahnya bahan-bahan mentah yang biasa digunakan untuk merabungun observatorium.

Bagian bulan yang sama selalu menghadap ke bumi. Hal ini terjadi, karena rotasi bulan pada porosnya memakan waktu yang sama dengan waktu edar bulan mengelilingi bumi (revolusi). Dengan demikian, kita selalu melihat sisi bulan yang tetap, hanya fasenya saja yang berbeda-beda, berulang dari bulan baru ke bulan purnama dan seterusnya.

Telah dijelaskan bahwa di permukaan bulan tidak ada atmosfer. Hal tersebut akan mengakibatkan:

- 1) suhu berubah sangat cepat (suhu tertinggi  $110^{\circ}\text{C}$  dan terendah  $-173^{\circ}\text{C}$ );
- 2) bunyi tidak dapat merambat akibatnya sangat sunyi;
- 3) tidak ada peredaran air, akibatnya kering kerontang. Sinar bulan berasal dari pantulan sinar matahari. Sesuai dengan pantulan ini permukaan bulan dapat berubah ubah. Perubahan penampakan bulan disebut fase dan fase bulan terjadi karena bulan mengitari bumi (revolusi).

#### Gerhana Bulan

Apabila permukaan bulan terkena oleh bayang-bayang bumi, maka akan terjadi gerhana bulan dan bila bumi yang terkena bayang-bayang bulan, maka terjadilah gerhana matahari.

Para ilmuwan telah dapat memperhitungkan dengan sangat akurat, kapan akan terjadi gerhana bulan, tidak saja pada tahun berapa, tapi hari, tanggal, jam bahkan perhitungan detiknya.

#### Planet Mars

Planet ini diberi nama sesuai dengan nama Dewa Perang orang Yunani, karena planet ini berwarna kemerah-merahan—seperti darah—yang diduga tanahnya mengandung banyak besi oksigen. Pada permukaan planet ini didapatkan warna-warna hijau, biru dan sawo matang yang selalu berubah sepanjang tahun.

Dugaan ini bertolak pada kenyataan-kenyataan berikut ini.

- 1) Berdasarkan pengamatan melalui teropong dan foto, pada permukaan Mars terdapat semacam kanal (saluran atau dam air) yang sangat panjang dan lurus sekali. Kanal ini menghubungkan bagian Mars yang tertutup salju dengan bagian yang panas. Bisa kanal ini buatan alam, apakah mungkin selurus itu?
- 2) Mars tampaknya diselubungi oleh atmosfer. Dugaan ini bertolak dari kenyataan bahwa permukaan Mars dari waktu ke waktu selalu tampak berubah, baik berubah dalam bentuk atau gambar maupun warnanya. Fenomena ini mengarah kepada

adanya perubahan pada permukaannya dan adanya awan yang menyelubungi seperti layaknya di bumi.

- 1) Dari analisis spektra sinar yang datang dari Mars, ternyata memang ada oksigen, meskipun jumlahnya relatif sedikit sehingga tidak mungkin manusia Bumi bernafas secara bebas di sana.

Penelitian terakhir menunjukkan bahwa pada planet Mars terdapat uap air meskipun dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi para pakar lebih cenderung mengatakan bahwa perubahan warna permukaan planet disebabkan oleh angin pasir, bukan oleh organisme.

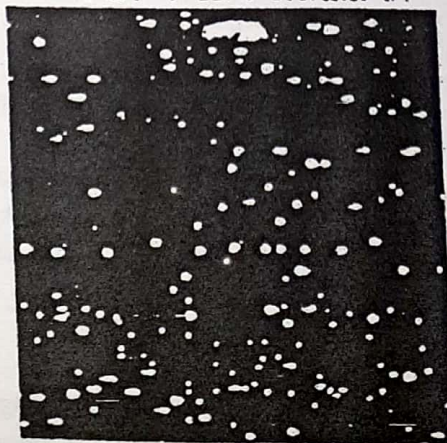
Hal lain yang menarik di planet ini adalah adanya dua buah bulan dan biasa disebut dengan nama satelit.

Satelit yang kecil diberi nama *phobos*. Satelit ini dekat dengan planet Mars dan hanya berjarak 3.700 mil (dibandingkan dengan jarak bumi-bulan, 240 ribu mil). Garis tengah 10 mil (16 km). Ia mengadakan revolusi mengelilingi Mars dalam waktu 7 jam 39 menit, dan anehnya ia *terbit* dari Barat, *terbenam* di Timur. *Phobos* dalam satu hari Mars, terbit dan terbenam sebanyak 3 kali.

Satelit yang besar dinamakan *Deimos*. Satelit ini terbit dari Timur dan terbenam di sebelah Barat setelah beberapa hari. Hal ini disebabkan karena revolusi satelit *Deimos* hanya berbeda sedikit lebih cepat daripada rotasi Mars.

Fakta lain yang perlu dicatat tentang Mars adalah:

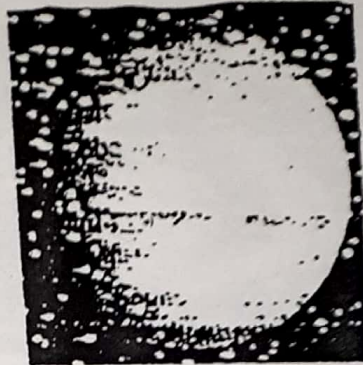
- 1) jarak Mars ke matahari adalah 1,52 AU;
- 2) bergaris tengah 3.920 mil (setengah dari bumi);
- 3) berevolusi 1,9 tahun;
- 4) berotasi 24 hari 37 menit;
- 5) Perlu pula diketahui, bahwa menurut data yang dikirim oleh *Mariner -4*, di Mars tak ada oksigen, hampir tak ada air sedangkan kutub es yang diperkirakan mengandung banyak air, ternyata tak lebih dari lapisan salju yang sangat tipis. Ini pula kiranya yang menjadi sebab, mengapa pada waktu tertentu kutub yang berwarna putih itu lenyap dari pandangan mata. Dalam Gambar di bawah tampak adanya kutub "es"



Gambar 3.9. Planet Mars

#### g. Planet Jupiter

Jupiter merupakan planet terbesar dalam tata surya kita. Ia bergaris tengah 86.000 mil atau 138.560 km, mengadakan rotasi dengan cepat yaitu 10 jam (bandingkan 24 jam untuk Bumi dan 247 hari untuk Venus). Jupiter tampak sebagai bintang yang terang yang muncul di tengah malam. Akibat berotasi dengan cepat, bagian ekuator lainnya menjaui sedikit mengembang dan membentuk sabuk yang jelas.



Gambar 3.10

Jupiter dipotret dengan teleskop 200 inci

Berdasarkan analisis spektroskopis, planet ini mengandung gas metana dan amoniak dalam jumlah banyak, begitu juga gas hidrogen. Albedonya 0,41. Bercak kemerahan bergaris tengah 30.000 mil di bagian Selatan (telah diketahui dari tahun 1831) diperkirakan adalah suatu kawah yang masih hidup (karena warnanya berubah-ubah). Planet ini mempunyai 14 satelit atau bulan.

Massa planet ini sangat besar, hampir 300 kali massa bumi dan gravitasinya, yaitu 2,6 kali gravitasi bumi. Artinya, bila suatu benda di bumi beratnya 100 kg, maka berat benda tersebut di Jupiter menjadi 260 kg. Akibat selanjutnya, ia memiliki daya tarik yang sangat kuat sehingga mampu menarik 12 satelit atau bulan yang berukuran sangat besar. Dua di antaranya lebih besar daripada planet Merkurius. Tiga darinya beredar berlawanan arah dengan sembilan lainnya. Bulan-bulan tersebut memiliki lapisan atmosfer yang cukup tebal.

#### h. Planet Saturnus

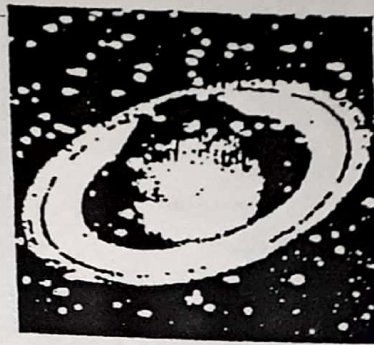
Planet terbesar kedua setelah Jupiter ialah Saturnus, karena planet ini bergaris tengah 74.000 mil atau 118.400 km dengan kecepatan rotasi yang sama dengan Jupiter. Planet ini juga memiliki lapisan atmosfer yang terdiri dari gas metan, amoniak dan hidrogen yang bersuhu rata-rata  $103^{\circ}$  C, tetapi suhu pada permukaannya sangat rendah, yakni  $243^{\circ}$  F. Walaupun demikian, massa jenisnya sangat kecil bila dibandingkan dengan air yakni  $0,75 \text{ g/cm}^3$ .

Yang paling menarik dari planet ini ialah ditemukannya sabuk putih yang melilit ekuatornya dengan jarak dari permukaan planet sejauh 7.000 mil sampai kurang lebih 37.000 mil. Sabuk ini berbentuk pipih setebal 10 mil, dan berupa debu. Sabuk ini ternyata berputar mengelilingi planet dengan kecepatan yang berbeda, sabuk bagian dalam jauh lebih cepat daripada bagian luarnya. Sabuk atau cincin ini diduga berasal dari satelit yang

tidak pernah terbentuk, karena gaya ganggu Saturnus yang besar, akibat letaknya yang terlalu dekat dengan Saturnus sehingga calon satelit itu menjadi tidak stabil.

Saturnus mempunyai 10 satelit dan yang terbesar ialah *Titan* (besarnya 2 kali bulan-bumi). *Phoebe* yang bergerak berlawanan arah dengan sembilan satelit lainnya, menunjukkan bahwa *phoebe* bukan anak kandung Saturnus.

Keanehan *phoebe* dan sabuk raksasa itu memperkuat Teori Tidal. Keanehan lainnya ialah sabuk Saturnus itu mengembang dan merapat pada permukaan planet 15 tahun sekali.



Gambar 3.11

Cincin Saturnus dalam keadaan merenggang

#### 3. Planet Uranus

Planet ini ditemukan secara tak sengaja oleh *Herschel* dan keluarga pada tahun 1781, ketika mereka sedang mengamati Saturnus. Besarnya Uranus kurang dari setengah Saturnus dengan garis tengah 50.560 km atau 4 kali bumi. Oleh karenanya, planet ini merupakan planet pertama yang dapat ditangkap oleh teleskop, karena letaknya yang cukup jauh dari matahari.

Uranus memiliki lima satelit. Berbeda dengan planet lain, rotasi Uranus bergerak dari Timur ke Barat. Jarak ke matahari adalah 2.860 juta km atau 19,2 AU, dan mengelilinginya dalam waktu 84 tahun. Kecepatan rotasi 10 jam 47 menit. Berdasarkan pengamatan pesawat *Voyager* pada bulan Januari 1986, Uranus memiliki 14 satelit. Sama seperti Venus, rotasinya berlawanan arah dengan rotasi bumi.

#### 4. Planet Neptunus

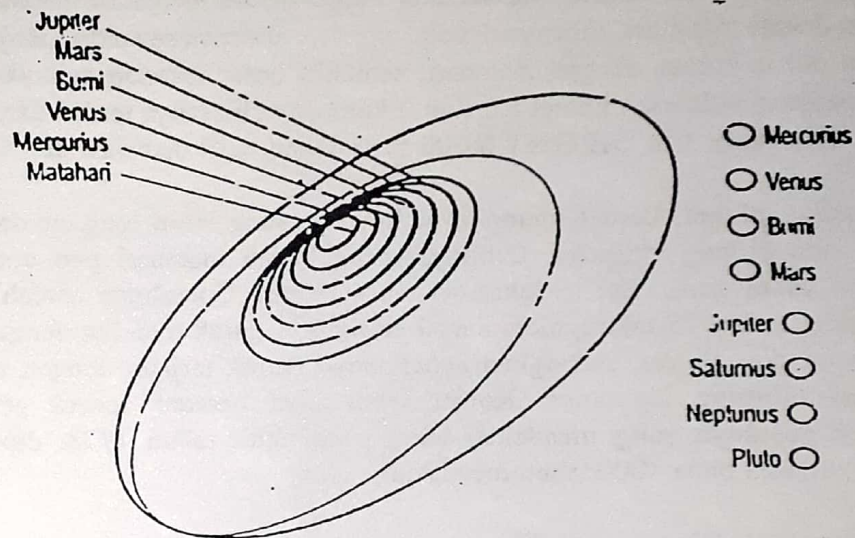
Neptunus ditemukan pada saat para astronom mengamati planet baru Uranus yang orbitnya agak menyimpang dari perhitungan. Berdasarkan Hukum *Newton* (gaya tarik menarik antara dua benda) diperkirakan ada benda langit besar lain yang mempengaruhi orbit Uranus. Ternyata pengaruh tersebut disebabkan adanya Neptunus yang merupakan planet terbesar ketiga pada tahun 1846. Planet ini, jika dilihat dengan teleskop dari bumi berwarna kebiru-biruan. Dari spektrum cahayanya, planet ini diketahui mempunyai atmosfer yang sebagian besar terdiri dari gas metana.

Neptunus mempunyai dua satelit, satu di antaranya disebut *Triton*. Satelit *Triton* beredar berlawanan arah dengan gerak rotasi Neptunus. Jarak ke matahari adalah 30,1 AU atau 4.470 juta km, bergaris tengah 28.000 mi dan mengelilingi matahari dalam waktu 165 tahun sekali putar.

### k. Planet Pluto

Pluto merupakan planet terluar dari tata surya kita. Mulanya orang tidak menyangka bahwa ia adalah planet, karena sinarnya yang berkedip-kedip seperti bintang. Namun, dengan pengamatan yang penuh kesabaran akhirnya berkesimpulan bahwa ia adalah planet. Planet tersebut diketemukan pada tahun 1930. Pluto ialah nama dewa kegelapan orang Yunani, karena warnanya yang tidak terang akibat jauh dari matahari. Pemberian nama itu berdasarkan kenyataan bahwa planet itu mendapat sedikit sinar matahari, karena jaraknya dengan matahari 39,5 AU atau  $\pm 5.811$  juta km. Suhu rata-rata pada planet ini adalah  $220^{\circ}\text{C}$ . Pluto tidak bersatelit.

Pluto disebut juga sebagai *transneptunus*, ada dugaan planet ini merupakan bagian dari satelit Neptunus yang terlepas. Hal itu disebabkan karena garis edarnya agak berbeda dengan planet lain. Pada suatu saat, jaraknya sangat dekat dengan matahari dibandingkan dengan Neptunus, pada saat lain lebih jauh; namun rata-rata Plutolan yang terjauh.



Gambar 3.12

Gambaran orbit Pluto dan planet-planet lainnya

## 5. Benda-benda Langit Lain

### A. Asteroida atau planetoida

Pada tahun 1801, Piazzi seorang astronom Italia melalui pengamatan teleskopnya, menemukan benda langit yang berdiameter 500 mil atau  $\pm 900$  km (bulan berdiameter 2.160 mil atau 3.000 km) beredar mengelilingi matahari.

Beberapa tahun kemudian ternyata diketemukan pula beberapa buah benda-benda semacam itu. Benda benda itu mengorbit mengelilingi matahari pada jarak antara Mars dengan Jupiter.

Pada saat ini, benda semacam itu telah diketahui sebanyak  $\pm 2.000$  buah, berbentuk bulat-bulat kecil, yang terbesar disebut *Ceres* dengan diameter 750 km. Benda benda langit yang terkecil yang bisa diamati adalah yang berdiameter 1 mil. Kelompok benda langit ini disebut *planetoida* atau *bukan planet* untuk membedakannya dengan sembilan planet utama yang telah dijelaskan tadi. Bila seluruh massa planetoida ini dikumpulkan, jumlahnya tidak lebih dari 2% dari massa bulan.

## b Komet atau Bintang Berekor

Meskipun komet disebut sebagai bintang berekor, komet bukan tergolong bintang alam dalam arti yang sebenarnya. Komet merupakan anggota tata surya yang beredar mengelilingi matahari dan menerima energinya dari matahari.

Komet sebenarnya merupakan kumpulan bongkahan batu yang diselubungi oleh kabut gas. Diameter komet termasuk selubung gasnya  $\pm 100.000$  km, sedangkan diameter inti yang berupa bongkah-bongkah batu berkisar antara 10 sampai 20 km. Cahaya matahari yang mengenai komet sebagian dipantulkan, sedang lainnya berupa sinar ultra violet akan bereksitasi pada gas yang menyelubungi komet. Akibat eksitasi ini akan terjadi resonansi atau *fluorescensi*, dan gas akan berpendar memancarkan cahaya.

Akibat tekanan cahaya matahari, gas pendar ini akan terdorong menjauhi matahari, maka terbentuklah ekor komet. Karena ekor komet selalu menjauhi matahari, maka jika komet mendekati matahari, ekornya di belakang dan di depan sewaktu menjauhinya.

Makin dekat komet dengan matahari, semakin besar tekanan cahaya matahari dan semakin panjang pula ekor komet tersebut. Ekor komet biasanya terdiri dari  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_2$  dan gas labil  $\text{CH}_2$ ,  $\text{NH}_2$ , dan  $\text{OH}$ . Gas labil ini merupakan hasil disosiasi dari  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Dibanding planet, komet mempunyai lintasan yang lebih lonjong dan tidak selalu terletak pada bidang ekliptika. Orbitnya mengelilingi matahari pun aneh, yaitu pada *perihelion* yakni garis edar terdekat dengan matahari. Contohnya adalah komet *Halley* yang datang setiap 75 tahun, mempunyai *perihelion* (jarak terdekat dengan matahari) di antara bumi dan Venus, sedangkan *aphelionnya* (jarak terjauh dengan matahari) lebih jauh dari orbitnya Neptunus. Komet sebenarnya beredar secara periodik. Komet *Kohoutek* misalnya yang mendekati bumi pada akhir tahun 1973, diperkirakan akan muncul kembali pada 4000 tahun mendatang.

## c. Meteor atau Bintang beralih

Meteor adalah benda angkasa yang tidak mengeluarkan cahayanya sendiri, tetapi dia bukan bintang. Jadi, semacam benda-benda planetoida yang mungkin saja datang dari luar tata surya kita.

Meteor berupa batu-batu kecil yang bergaris tengah antara 0,2–05 mm dan massanya tidak lebih dari 1 gram. Meteor ini semacam debu angkasa yang bergerak dengan kecepatan rata-rata 60 km/detik atau 60 x 60 x 60 km per jam.

Bila benda-benda itu beredar cukup dekat dengan bumi, ia akan mendapat pengaruh gaya tarik bumi (gravitasi). Akibatnya, mereka akan masuk ke dalam atmosfer bumi. Akibat bergesekan dengan atmosfer tersebut timbul panas dan tampak berpijar. Jadi suatu meteor akan tampak jika memasuki atmosfer bumi, dan suhu yang tinggi dari meteor itu sendiri akan hancur sebelum sampai ke permukaan bumi.

Beberapa meteor besar pernah sampai di permukaan bumi yang kita kenal dengan batuan meteorit. Meteorit tersebut massanya  $\pm 10.000$  ton dan menimbulkan kawah meteor di Arizona dan Siberia.

Meteorit mengandung besi dan nikel yang dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu meteorit:

- 1) besi nikel mengandung 90% besi dan 8% nikel.
- 2) batu mengandung banyak Kalsium dan Magnesium.
- 3) tektit mengandung asam kersik 80%.



Ada beberapa anggapan yang menduga bahwa meteor berasal dari letusan, di bulan, berupa debu asteroida yang terlepas dari garis edarnya ataupun debu komet yang terlepas.

#### d. Satelit

Satelit merupakan pengiring planet. Satelit beredar mengelilingi planet dan bersama-sama beredar mengelilingi matahari. Peredaran satelit mengelilingi planet disebut gerak revolusi satelit. Di samping itu, satelit juga melakukan gerak *rotasi*, yaitu beredar mengelilingi sumbu sendiri.

Pada umumnya, arah rotasi dan revolusi satelit sama dengan arah rotasi dan revolusi planetnya, yaitu dari Barat ke Timur kecuali satelit dari planet Neptunus. Planet yang telah diketahui tidak mempunyai satelit adalah Merkurius, Venus maupun Pluto.

Pluto merupakan satu satunya satelit dari planet bumi. Kala rotasi bulan adalah satu hari, sedang kala revolusinya satu bulan. Karena kala rotasi bulan sama dengan kala rotasi bumi, mengakibatkan permukaan bulan yang menghadap ke bumi selalu tetap.

Jarak antara bumi dengan bulan, kurang lebih 384.403 km dan merupakan benda langit yang paling dekat terhadap bumi jika dibandingkan bumi, bulan mempunyai ukuran:

- 1) massa bulan: 1/10 massa bumi
- 2) garis tengah bulan: 1/4 diameter bumi – 3000 km
- 3) gravitasi bulan: 1/6 gravitasi bumi.

Permukaan bulan penuh dengan kawah-kawah dan gunung-gunung. Bagian bulan yang gelap, halus dan datar disebut *Lembah Maria*. Di permukaan bulan tidak ada udara (oksigen), akibatnya:

- 1) suhu berubah sangat cepat. Suhu tertinggi 110°C, sedangkan suhu terendah 73°C.
- 2) hunyi tidak dapat merambat sehingga sangat sunyi.
- 3) langit tampak kelam.
- 4) tidak ada peredaran air, sehingga kering kerontang.

## B. Bumi Sebagai Planet

Pada awalnya, manusia menganggap bahwa bumi ini mempunyai kedudukan yang istimewa di alam semesta ini, karena matahari terbit di sebelah timur, pada tengah hari ada di atas kepala kita, dan tenggelam di sebelah barat. Hal ini berarti matahari mengitari bumi sehingga timbul *hipotesis geosentris* dari Ptolomeus.

Pandangan ini berubah setelah Copernicus dengan *teori heliosentris* mengemukakan bahwa bumi tidak memiliki kedudukan yang istimewa di alam ini. Bumi hanyalah salah satu planet, bersama dengan planet-planet lain bergerak mengelilingi matahari. Meskipun sejak abad ke-18, manusia sudah menyadari bahwa bumi ialah sebuah planet yang bergerak mengitari matahari, tetapi baru pada pertengahan abad ke-20 kesadaran itu muncul dengan kuat. Mengapa? Karena pada masa ini, penerbangan pesawat ke ruang angkasa makin maju. Gambar-gambar bumi yang dilihat dari angkasa hasil pemotretan pesawat-pesawat membuat kesadaran yang muncul semakin berkembang.

Seperti dijelaskan di atas bahwa bumi mengorbit matahari dalam lintasan berbentuk elips (Hukum Kepler 1), dengan jarak rata-rata 149,6 juta km (93 juta mil). Oleh karena lintasannya berbentuk elips, maka jarak matahari – bumi selalu berubah.

Menurut Hari Kartono (2003)<sup>2</sup>, jarak matahari – bumi yang terdekat (*perihelion*), terjadi pada tanggal 4 Januari dengan jarak 91,5 juta mil dan jarak matahari – bumi yang terjauh (*aphelion*) terjadi pada tanggal 5 Juli, dengan jarak 94,5 juta mil. Jadi, hal itu menunjukkan bahwa perubahan jarak matahari – bumi dalam satu tahun ialah sekitar tiga juta mil. Jarak rata-rata dari pusat matahari ke pusat bumi disebut 1 AU (*Astronomical Unit* atau satuan jarak astronomi). Sehingga didapat data jarak bumi – matahari sebagai berikut pada tabel 1.

Tabel 3.1. Jarak matahari dan bumi

1 Januari	: 147.001.000 km
1 April	: 149.501.000 km
1 Juli	: 152.003.000 km
1 Oktober	: 149.501.000 km

Sumber: Hari Kartono, 2003

Ekuator bumi tidak sebidang dengan bidang orbit bumi, melainkan miring sekitar  $23^{\circ} 27'$ . Kemiringan ini menyebabkan terjadinya empat musim yakni musim panas, gugur, dingin dan semi. Pada daerah subtropika, diduga diakibatkan oleh tumbukan meteorit sewaktu bumi baru terbentuk. Ketika bumi berotasi, kedudukan sumbunya tidak tetap. Keadaannya seperti gasing yang sedang berputar, tetapi hampir jatuh. Gerakan yang disebut *presesi* ini mengimbangi gaya gravitasi sehingga gasing tidak jatuh. Sumbu bumi yang mengalami presesi bergerak membentuk lintasan kerucut dengan sudut puncak  $23^{\circ} 27'$ .

Presesi bumi diakibatkan oleh keadaan bumi yang berbentuk bukan bola sempurna, karena memiliki sumbu rotasi yang miring terhadap bidang orbitnya dan menerima gaya tarik gravitasi bulan dan matahari. Gabungan gaya-gaya ini menimbulkan suatu momen gaya yang cenderung menjatuhkan bumi ke bidang ekliptika (bidang orbit bumi) dan bumi melawan gaya ini dengan melakukan presesi. Dalam gerakan presesinya, sumbu bumi tidak bergerak dalam lintasan lurus, melainkan bergelombang. Sumbu bumi tampak seperti mengangguk-angguk dan gerakan ini dinamakan *nutasi*. *Nutasi* ialah akibat lain dari gaya tarik gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi.

Oleh karena bumi kita tidak bulat sempurna—pepat pada kutub-kutubnya dan menggelembung pada ekuator—maka jari-jari di kutub bumi ialah 6.356,8 km, sedangkan pada ekuator, jari-jarinya 6378,2 km. Papatnya bola bumi ini disebabkan pada saat baru terbentuk, bumi belum terlalu padat dan rotasinya membuat menggelembung pada bagian yang tegak lurus sumbu rotasi, yaitu dengan ekuator.

Bola bumi dibagi secara horizontal atas dua bagian sama besar, yakni belahan bumi utara dan belahan bumi selatan, oleh garis Ekuator atau garis Katulistiwa ( $0^{\circ}$  lintang). Belahan bumi utara membentang antara  $0^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  Lintang Utara (LU), dan belahan bumi selatan membentang antara  $0^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  Lintang Selatan (LS), yang dibagi atas daerah:

- $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LU -  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LS = Daerah Tropika;
- $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LU -  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  LU = Daerah Subtropika;
- $66\frac{1}{2}^{\circ}$  LU -  $90^{\circ}$  LU = Daerah Kutub Utara;
- $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LS -  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  LS = Daerah Subtropika Selatan;
- $66\frac{1}{2}^{\circ}$  LS -  $90^{\circ}$  LS = Daerah Kutub Selatan

Bola bumi dibagi secara vertikal atas dua bagian sama besar, yaitu Bujur Barat (BB) dan Bujur Timur (BT), oleh garis bujur standar  $180^{\circ}$ BT/BB dan garis bujur standar  $0^{\circ}$ BT/BB.

Garis bujur standar  $0^{\circ}$ BT, melalui kota Greenwich (Inggris), digunakan sebagai garis Standar Waktu Internasional (*Greenwich Mean Time* : GMT), sedang garis bujur standar  $180^{\circ}$  BT/BB digunakan sebagai Garis Pergantian Tanggal Internasional.

Menurut garis bujur, Indonesia terletak antara  $95^{\circ}$  BT- $141^{\circ}$ BT, berarti jarak antara titik paling barat dengan titik paling timur =  $46^{\circ}$  atau  $46 \times 4$  menit = 184 menit ( $1^{\circ} = 4$  menit).

- Indonesia menetapkan tiga daerah waktu, sebagai berikut.
- 1) Waktu Indonesia Barat (WIB), dengan garis bujur standar  $105^{\circ}$  BT
- 2) Waktu Indonesia Tengah (WITA), dengan garis bujur standar  $120^{\circ}$  BT
- 3) Waktu Indonesia Timur (WIT), dengan garis bujur standar  $135^{\circ}$  BT

$$\begin{aligned} \text{Perbedaan waktu WIB dengan GMT} &= (105^{\circ} - 0^{\circ}) \times 4 \text{ menit} \\ &= 420 \text{ menit} = 7 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbedaan waktu WITA dengan GMT} &= (120^{\circ} - 0^{\circ}) \times 4 \text{ menit} \\ &= 480 \text{ menit} = 8 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbedaan waktu WIT dengan GMT} &= (135^{\circ} - 0^{\circ}) \times 4 \text{ menit} \\ &= 540 \text{ menit} = 9 \text{ jam} \end{aligned}$$

Apabila kita melewati garis Pergantian Tanggal International ( $180^{\circ}$  BT/BB) dari arah barat ke timur, maka waktunya dikurangi 1 hari, sebaliknya apabila kita melewati garis tersebut dari arah timur ke barat, maka waktunya ditambah 1 hari.

Contohnya, apabila kita dari arah barat melintasi garis tersebut pada hari Selasa, maka saat melewati garis tersebut harinya ialah Senin. Sebaliknya, apabila kita melintasi garis tersebut dari arah timur ke barat pada hari Selasa, maka saat melewati garis tersebut harinya ialah Rabu. Menurut garis lintang, Indonesia yang terletak antara  $6^{\circ}$ LU- $11^{\circ}$ LS termasuk dalam daerah tropika, berarti iklimnya iklim tropis.

Bumi itu bulat telah lama diketahui manusia, yaitu kira-kira 500 tahun yang lalu. Bagaimana kita mengetahui bahwa bumi itu bulat? Kini, mudah saja, karena dengan pesawat ruang angkasa dapat dibuat foto yang jelas bahwa bumi memang bulat. Namun, pengamatan yang teliti, menunjukkan bahwa bumi agak pipih sedikit pada kutubnya. Garis tengah bumi dari kutub ke kutub 7.900 mil, sedangkan bila dihitung secara ekuatorial 7.923 mil (1 mil = 1,6 km). Berat Jenisnya 5,5 sedangkan beratnya  $6,6 \times 10^{21}$  ton.

## Teori Kelahiran Bumi

Asal-usul bumi sama seperti asal-usul planet lain yang telah dikemukakan. Kapan bumi lahir? Penghitungan penentuan umur lapisan bumi dan fosil banyak dikemukakan oleh teori, antara lain sebagai berikut.

### a. Teori Sedimen

Pengukuran usia bumi didasarkan atas perhitungan tebalnya lapisan sedimen yang membentuk batuan. Dengan mengetahui ketebalan lapisan sedimen rata-rata yang

terbentuk tiap tahunnya dan merabandingkannya dengan tebal batuan sedimen yang terdapat di bumi sekarang ini, maka dapat dinitung umur lapisan tertua kerak bumi. Berdasarkan perhitungan semacam ini, diperkirakan bumi terbentuk 500 juta tahun yang lalu.

b. *Teori Kadar Garam*

Pengukuran usia bumi berdasarkan perhitungan kadar garam di laut. Diduga bahwa mula-mula laut itu berair tawar. Akibat sirkulasi air dalam alam ini, maka air yang mengalir dari darat melalui sungai ke laut, membawa garam-garam. Keadaan semacam itu berlangsung terus-menerus sepanjang abad. Dengan mengetahui konsentrasi kadar garam tiap tahun, dan jika dibandingkan dengan kadar garam pada saat ini, yakni sebesar kurang lebih 340, maka dihasilkan perhitungan bahwa bumi telah terbentuk 1000 juta tahun yang lalu.

c. *Teori Termal*

Teori ini mengukur usia bumi berdasarkan perhitungan suhu bumi. Diduga, mula-mula bumi merupakan batuan yang sangat panas, yang lama kelamaan mendingin. Dengan mengetahui massa dan suhu bumi saat ini, maka ahli fisika Bangsa Inggris, Elfin memperkirakan perubahan bumi dari batuan yang sangat panas menjadi batuan yang dingin seperti ini memerlukan waktu 20.000 juta tahun.

d. *Teori Radioaktivitas*

Pengukuran usia bumi yang dianggap paling akurat ialah perhitungan berdasarkan waktu peluruhan unsur-unsur radioaktif. Dalam perhitungan ini diperlukan pengetahuan tentang waktu paruh unsur-unsur radioaktif. Di antara isotop radioaktif yang dapat digunakan untuk maksud tersebut ialah Uranium-238 ( $U^{238}$ ), Potasium-40 ( $K^{40}$ ) dan Carbon-14 ( $C^{14}$ ). Isotop Uranium dan Potasium sangat baik untuk memberikan data tentang umur lapisan bumi, sedangkan isotop karbon (C) sangat bermanfaat untuk memberikan data tentang umur fosil.

Waktu paruh ialah waktu yang dibutuhkan elemen radioaktif untuk meluruh atau mengurai sehingga massanya tinggal separuh. Elemen radioaktif yang digunakan ialah elemen yang memancarkan cahaya (*invisible light*) yakni *alpha*, *beta* dan *gamma*. Elemen ini berangsur-angsur meluruh sehingga hilanglah sifat radioaktivitasnya menjadi elemen radioaktif yang massanya menjadi separuh (Drost, 1922).

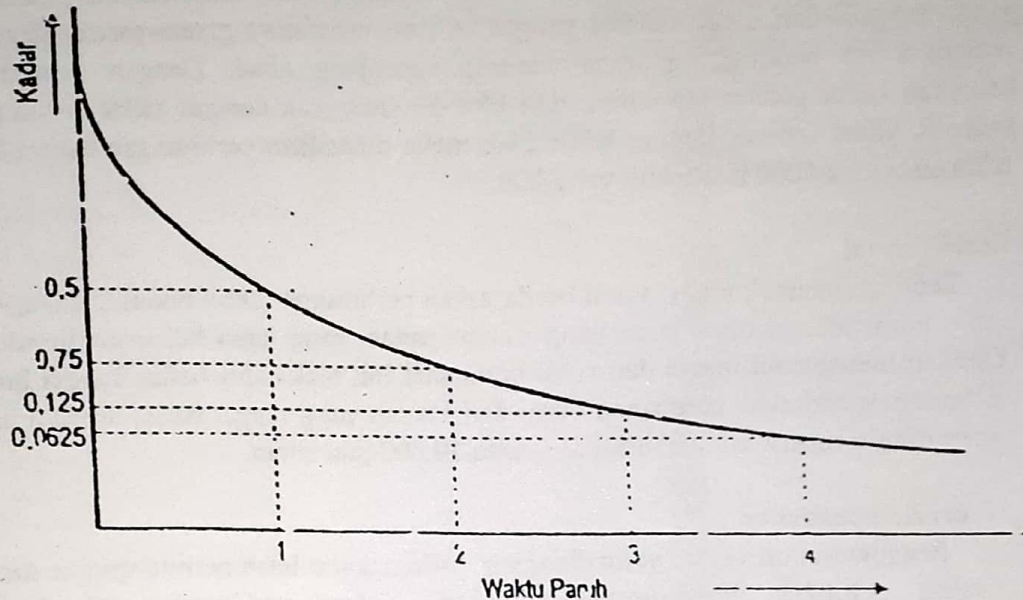
Contoh:

a gram  $U^{238}$  ----- 1/2 a gr Pb radioaktif + Pb tak radioaktif + zat lain,  
membutuhkan waktu n tahun, maka waktu paruh umur U  
radioaktif = n tahun.

Artinya:

Waktu paruh  $U^{238}$  ialah 4,5 ribu juta tahun. Unsur yang stabil dibentuk apabila  $U^{238}$  meluruh, yaitu  $Pb^{206}$  yang nonradioaktif. Umur lapisan bumi ditentukan dengan menghitung massa Uranium yang ada dalam sampel lapisan bumi itu. Dari hasil penyelidikan, telah diketahui bahwa dalam 1 tahun, 1 gram  $U^{238}$  meluruh menjadi  $1/7.600.000.000$  gram  $Pb^{206}$ . Dengan menentukan perbandingan antara  $Pb$  terhadap  $U$  memungkinkan untuk menghitung bahan atau batuan yang mengandung Uranium saja.

Dalam bentuk grafik dapat digambarkan sebagai berikut.



Andaikan contoh tanah mengandung 0,15 gram  $Pb^{206}$  dan 0,3 gram  $U^{238}$ , maka umur lapisan bumi ialah:

$$\frac{0,15}{0,30} \times 7.600.000.000 \text{ tahun} = 3,8 \text{ ribu juta tahun}$$

Dengan cara yang sama dapat pula dihitung umur lapisan bumi dengan membandingkan Kalium-40 ( $K^{40}$ ) terhadap Argon-40 ( $Ar^{40}$ ).

Sedangkan untuk Carbon-14 ( $C^{14}$ ) mempunyai waktu paruh sekitar 5.700 tahun. Unsur karbon yang lazim kita kenal ialah  $C^{12}$  yang nonradioaktif yang terdapat di atmosfer dalam bentuk  $CO_2$ . Akibat respirasi dan fotosintesis, makhluk hidup mengandung  $C^{12}$  dan  $C^{14}$  radioaktif. Jadi, elemen ini hadir dalam bentuk tanaman dan hewan dalam perbandingan yang tetap, karena sel-sel yang mati tidak dapat menimbun  $C^{14}$  untuk jangka waktu yang lama, sebab elemen itu berdisintegrasi menjadi Nitrogen-14 ( $N^{14}$ ).

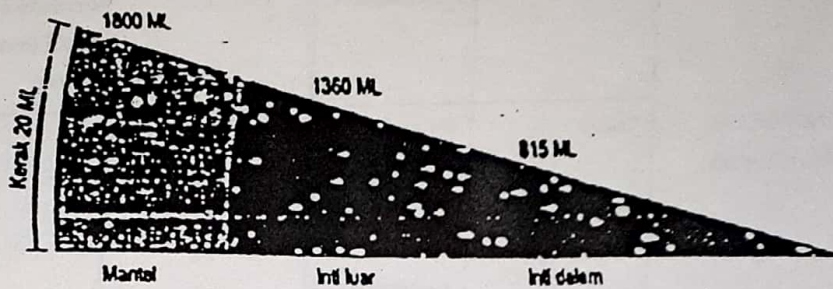
Dari beberapa hasil pengukuran di atas, maka dapat diketahui umur bumi berikut kehidupan yang ada pada saat itu (lihat Tabel 1. Tabel Waktu Geologi, Drost, 1992)

Tabel 3.1. Distribusi Waktu Geologi

Era	Periode	EPOCH	Lamanya berlangsung dalam jutaan tahun	Dominasi makhluk hidup	
				Tumbuhan	Hewan
CENOZOICUM (zaman Mamalia)	Quarter	Sekarang	0,011	Tanaman bercerai- tinggi ( <i>modern plants</i> )	Manusia dan mamalia lainnya
		Pleistocene	1		
	Tertier	Pliocene	12		
		Miocene	13		
		Oligocene	11		
	Eocene	22			
	Paleocene	5			
MESOZOICUM (zaman reptilia)	Creta		72	Conifera- dan tanaman berbunga	Reptil dan Archeopteryx (burung purba)
	Jura		46		
	Trias		49		
PALAEZOICUM (zaman kehidupan purba)	Perm:	Pennsylvanian	40	Paku dan lumut	Amphibi, ikan invertebrate tingkat tinggi
		Mississippian	25		
		Devon	60		
		Silur	20		
		Ordovicium	75		
		Cambrium	100		
PROTEROZOICUM (zaman precambrium)			1000		Manusia sederhana (tak banyak fosil yang dapat ditemukan)
ARCHEOZOICUM			2000		Tak ada kehidupan (hanya terdiri dari anorganik dan organik)

## C. Struktur Bumi

Melalui pengamatan seismologi (hantaran pada gelombang gempa bumi) para ahli geologi memperoleh gambaran mengenai susunan bagian dalam bumi, karena arah kecepatan dan bentuk gelombang gempa ditentukan oleh komposisi dan kerapatan bagian dalam bumi. Bumi ternyata memiliki beberapa lapisan, antara lain, diselubungi oleh gas yang disebut *atmosfer*. Pada permukaan bumi terdapat lapisan air yang disebut *hidrosfer*, ada bagian bumi yang padat yang terdiri dari kulit (*lithosfer*), dan ada bagian inti yang disebut *centrosfer* (lihat gambar 3.13)



Gambar 3.13 Struktur bumi

Penjelasan tentang lapisan-lapisan bumi tersebut ialah sebagai berikut.

### 1. Inti Bumi (*barisfer/centrosfer*)

Pengetahuan manusia tentang inti bumi masih sangat terbatas. Inti bumi terdiri dari dua bagian, yaitu *inti luar* (tebalnya 2160 km) dan *inti dalam* (tebalnya 1320 km). Berat jenis inti bumi ini diperkirakan 10,7, sedangkan berat jenis *lithosfer* rata-rata 2,6. Dari kedua macam Berat Jenis (BJ) tersebut dapat disimpulkan bahwa inti bumi lebih berat, dari pada kulit bumi (*barys*=berat, *sphaera*=bulatan). Diduga barisfer terdiri dari *nikel* dan *ferum* (besi) yang disingkat *nife*. Inti luar diduga berwujud cair, sedangkan inti dalam berwujud padat. Secara termodinamika pada suhu ribuan derajat Celcius, besi dan nikel tidak akan berwujud padat tetapi berupa senyawa gas.

Pengaruh panas matahari hanya terasa paling dalam 20 meter di bawah permukaan bumi. Setelah 20 meter ke bawah, temperaturnya konstan karena tidak dipengaruhi oleh *musim panas* dan *dingin*. Akan tetapi, semakin masuk ke dalam bumi, temperaturnya makin tinggi. Umumnya, tiap turun 33 m, temperatur naik  $1^{\circ}\text{C}$ . Angka 33 m disebut *jumlah geotermis* yang artinya *jumlah meter* yang diperlukan untuk kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$ , apabila turun vertikal ke dalam lapisan bumi. Di Eropa digunakan 33 m, sedangkan di Amerika Utara digunakan 60 m. Ada istilah *derajat geotermis*, artinya *jumlah derajat Celcius* yang dipakai apabila turun vertikal 100 meter ke dalam bumi.

Di Eropa, derajat geotermisnya  $100\text{ m}/33\text{ m} \times 1^{\circ}\text{C} = 3,3^{\circ}\text{C}$ , sedangkan di Amerika Utara:  $100\text{ m}/60\text{ m} \times 1^{\circ}\text{C} = 1,6^{\circ}\text{C}$ .

Jumlah geotermis atau derajat geotermis, tidak sama di setiap tempat. Batuan gunung berapi yang masih panas memperkecil *jumlah geotermis*, sedangkan air samudera dan air tanah memperbesar *derajat geotermis*. Makin besar jumlah geotermis suatu lapisan bumi, makin kecil derajat geotermisnya.



Jadi, dengan cara di atas, dapat dihitung temperatur inti bumi. Jari-jari bumi rata-rata 6367,5 km. Temperatur inti buminya  $6367,5 \text{ km} / 33 \text{ m} :: 1^\circ \text{ C} = 192,924^\circ \text{ C}$ . Namun diduga bahwa makin jauh dari permukaan bumi, makin kecil derajat geotermisnya atau makin besar jumlah geotermisnya, sehingga temperatur inti bumi tidak akan lebih dari  $3.000^\circ \text{ C}$ . Dalam temperatur ini, segala macam zat telah mencair atau menjadi gas, tetapi karena tekanan berat dari lapisan-lapisan di atasnya maka barisfer tetap padat.

Beberapa alasan tentang sifat inti bumi itu padat ialah:

- a. jika barisfer itu cair, maka akan terjadi pasang dan surut yang mungkin akan mengakibatkan permukaan bumi kembang keripis;
- b. getaran-getaran gempa di Jepang dapat diukur di Inggris dengan alat-alat yang halus.

Inti bumi menyebabkan adanya sifat kemagnetan dari bumi. Bumi merupakan magnet raksasa dengan kutub utara magnet terletak di bagian utara bumi, dan kutub selatan terletak di bagian selatan bumi, meskipun ternyata tidak tepat benar pada kutub bumi. Penyimpangannya dari pusat bumi  $17^\circ$  dilihat dari pusat bumi. Oleh karena itu, jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan. Fenomena alam semacam ini dimanfaatkan untuk mengungkapkan adanya batuan di permukaan bumi yang mempunyai gaya untuk tarik menarik atau tolak menolak sesama benda. Arah kemagnetan bumi merupakan salah satu misteri alam semesta yang sampai kini belum terungkap.

## 2. Mantel Bumi

Sesudah inti bumi (centrosfer), lapisan berikutnya ialah selimut atau mantel bumi yang bersifat melindunginya. Lapisan ini dilihat dari *centrosfer* terdiri dari mesosfer, astenosfer, dan litosfer. Penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut.

### a. Mesosfer

Wujud lapisan ini padat dengan ketebalan sekitar 2.400 – 2.750 km. Letaknya di atas *centrosfer* di bawah *astenosfer*. Pada perbatasan dengan *centrosfer* (inti bumi), terdapat lapisan transisi, di mana kecepatan gelombang menurun tajam.

### b. Astenosfer

Wujud lapisan ini agak kental. Tebalnya 100 – 400 km. Lapisan ini diduga sebagai tempat formasi magma. Pada lapisan ini pula terjadi sintesis batuan dan mineral. Oleh karena wujudnya yang tidak padat, maka massa yang di atasnya dapat bergerak. Kondisi semacam ini mungkin menjadi dasar pemikiran teori lempeng tektonik.

### Litosfer

Litosfer berasal dari kata *lithos* yakni batuan dan *sphaira* ialah bulatan. Tebal litosfer hanya 32 km, merupakan bagian yang vital bagi kehidupan manusia, berupa benua dan pulau-pulau tempat kita tinggal. Ketebalan litosfer tidak sama, terdiri dari dua lapisan. Bagian atas terdiri dari Silikon (Si) dan Aluminium (Al) dengan BJ rata-rata 2,65. Sedangkan lapisan yang lebih dalam terdiri dari Silikon (Si) dan Magnesium (Mg) dengan BJ 2,9. Bagian tebal berupa benua ± 2,2 mil (8 km), sedangkan bagian yang tipis berupa dasar laut setebal 5 mil (3,5 km).

Lapisan lithosfer bersama kerak bumi disebut lempeng *lithosfer* yang mengapung di atas materi yang agak kental yakni *astenosfer*.

Kandungan mineral lithosfer sebagai berikut.

Tabel 3.2. Kandungan mineral lithosfer

NO.	NAMA	BERAT (%)
1.	OKSIGEN	47,7
2.	SILIKON	27,7
3.	ALUMINIUM	8,1
4.	FERRUM	5
5.	CALCIUM	3,6
6.	NATRIUM	2,8
7.	MAGNESIUM	2,1
8.	TITANIUM	0,6
9.	HIDROGEN	0,1
10.	LAINNYA	0,7

### 3. Kerak bumi

Lapisan ini terletak di atas lithosfer. berarti lapisan ini menempati bagian paling atas dari permukaan bumi dengan ketebalan rata-rata antara 10 – 50 km. Kerak bumi ini tidak sama tebalnya di semua tempat. Di atas ocean tebalnya berkisar 20 – 50 km, tetapi di bawah permukaan laut tebalnya hanya sekitar 10 – 12 km saja dan berbentuk padat. Kerak bumi terdiri dari zat padat yang disebut batuan termasuk pasir, tanah, abu gunung api, kerikil, tanah liat, dan sebagainya.

Menurut kejadiannya, batuan dibedakan atas tiga golongan sebagai berikut.

#### a. Batuan beku

Terjadi dari magma yang cair dan panas yang membeku di dalam atau di luar bumi akibat temperaturnya menurun drastis.

Menurut tempat membekunya dibedakan atas tiga macam sebagai berikut.

- (1) Batuan beku luar, berasal dari magma panas cair yang ke luar dari kawah gunung api saat meletus, bersentuhan dengan udara luar yang bertemperatur rendah.
- (2) Batuan beku sela, berasal dari magma yang membeku di jalan ke luar menuju permukaan bumi.
- (3) Batuan beku dalam, merupakan magma yang membeku di dalam bumi.

#### b. Batuan sedimen (endapan)

Angin, air, maupun es mengikis batuan dan hasil kikisannya diendapkan ke tempat lain. Di tempat yang baru, hasil kikisan tersebut diendapkan. Hasil kikisan itu ada yang tetap gembur dan ada yang mengeras (membatu), karena waktu atau tekanan dari lapisan di atasnya.

Contoh hasil kikisan yang tetap gembur, antara lain pasir pantai dan pasir sungai. Sedangkan batuan *konglomerat* (kumpulan batu kerikil yang menyatu dan mengeras) dan batuan pasir (kumpulan pasir yang menyatu dan mengeras) ialah contoh batuan sedimen yang mengeras.

#### 4. Hidrosfer

Asal kata hidrosfer ialah *hydro* yakni air dan *sphaera* yang berarti bulatan atau butiran. Hidrosfer tidak sepenuhnya menyelimuti bumi, tapi hanya 75% yang meliputi samudera, lautan, danau-danau, sungai, air tanah, dan es yang terdapat dalam kedua kutub. Kedalaman laut rata-rata ialah 4.000 meter. Laut terdalam terdapat di dekat Pulau Guam yang dalamnya  $\pm 11.000$  meter.

Hidrosfer sangat berpengaruh terhadap keadaan atmosfer, karena air yang menguap dari lautan itu membentuk awan dan hujan yang berlangsung sepanjang abad dan membentuk *siklus air*.

Awalnya, air yang turun dari langit, sebagai hujan dan salju boleh dikatakan tidak mengandung garam atau mineral yang terlarut (air tawar). Tetapi, karena masuk ke sungai, mengalir di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah akan melarutkan garam mineral yang ada di tanah ke laut. Siklus ini pula yang menyebabkan air laut menjadi asin, karena mineral yang mudah larut dalam kerak bumi terbawa oleh air laut terus menerus disertai pemanasan matahari dan penguapan air laut, tetapi garam mineralnya tidak sehingga air laut terasa asin.

Kandungan garam mineral air laut saat ini ialah 2,5% terutama yang terbanyak ialah NaCl (garam dapur) dan  $MgSO_4$  (garam Inggris). Garam Inggris menyebabkan rasa pahit pada air laut. Pada waktu hujan turun, terhawa gas-gas terutama gas oksigen ( $O_2$ ) dan gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang sangat dibutuhkan oleh kehidupan laui.

Tabel 3.3. Kandungan Mineral Air Laut

NO.	ION	SIMBOL	BERAT (%)
1.	Chlor	$Cl^-$	55,0
2.	Natrium	$Na^+$	30,6
3.	Sulfat	$SO_4^-$	7,7
4.	Magnesium	$Mg^{++}$	3,7
5.	Calcium	$Ca^{++}$	1,2
6.	Kalium	$K^+$	1,1
7.	Bikarbonat	$HCO_3^-$	0,4

## 5. Atmosfer

Atmosfer merupakan lapisan gas yang menyelubungi bumi, yang dalam kehidupan sehari-hari disebut udara. Tebal atmosfer ini sampai setinggi 3.000 mil ( $\pm 4.800$  km), terhitung dari permukaan laut. Berat jenisnya pada lapisan bagian bawah ialah 0,013, makin ke atas makin kecil sampai mendekati 0. Kira-kira separuh dari berat seluruh atmosfer berada pada lapisan bawah dengan tebal 3,5 mil dari permukaan bumi. Oleh karena lapisan atmosfer bawah lebih padat daripada lapisan atasnya, maka akibatnya tekanan udara berkurang sesuai dengan ketinggian.

Selain itu, dapat menyebabkan atmosfer bersifat *kompresibel* (bisa dimampatkan), sehingga jika ada benda yang bergerak melewatinya seperti meteor, akan menjadi panas dan hancur sebelum mencapai permukaan bumi.

Gas yang ada di lapisan atmosfer merupakan campuran dari gas Nitrogen ( $N_2$ ), Oksigen ( $O_2$ ), Argon (Ar), Karbondioksida ( $CO_2$ ), Neon (Ne), Helium (He), Krypton (Kr), Hidrogen ( $H_2$ ), Xenon (Xe), Metana ( $CH_4$ ), Ozon ( $O_3$ ), dan uap air ( $H_2O$ ). Gas-gas tersebut sangat penting bagi manusia, seperti oksigen. Oksigen mengubah zat makanan menjadi energi melalui pembakaran dengan cara bergabung dengan unsur kimia lain.

Sedangkan karbondioksida ( $CO_2$ ) dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan pernafasan manusia serta hewan, yang sangat dibutuhkan oleh tumbuhan. Gas ini dapat mengakibatkan efek rumah kaca, karena kenaikan konsentrasi karbondioksida ( $CO_2$ ) di atmosfer yang akan menyebabkan kenaikan suhu permukaan bumi.

Atmosfer terbagi atas tiga lapisan sebagai berikut.

- a. Lapisan terbawah setebal 10 mil ( $\pm 16$  km) yang disebut *troposfer*.
- b. Lapisan tengah di atas 50 mil ( $\pm 16-80$  km) disebut *stratosfer*.
- c. Lapisan teratas di atas 50 mil ( $\pm 80$  km) disebut *ionosfer*.

### a. Troposfer

Lapisan setebal 10 mil ( $\pm 16$  km) ini terletak pada daerah katulistiwa, kemudian menipis hingga hanya 5 mil ( $\pm 8$  km) pada kutub-kutub bumi. Hampir seluruh uap air yang terkandung di udara terdapat di dalam lapisan ini. Akibat kandungan air itu, terjadilah hujan, angin, badai salju, awan dan sebagainya. Pesawat terbang mengarungi udara hanya sampai batas troposfer.

Suhu troposfer terhitung dari permukaan bumi ke atas. Makin ke atas ternyata turun secara teratur. Setiap kenaikan 1 mil ( $\pm 1,6$  km) turun  $19^\circ F$ , sedangkan pada ketinggian 10 mil ( $\pm 16$  km) temperaturnya turun secara drastis menjadi 0. Gejala tersebut disebut *lapse rate*, artinya setiap naik 100 m suhu akan turun rata-rata  $0,6^\circ C$ .

Contoh,

Puncak Jaya di Provinsi Papua ketinggiannya 5.000 meter, suhu di pantai (0 m) rata-rata  $26^\circ C$ .

$$\begin{aligned} \text{Jadi suhu di puncak Jaya} &= 26^\circ C - (5.000\text{m}/100\text{m} \times 0,6^\circ C) \\ &= -4^\circ C \end{aligned}$$

Suhu tersebut membuat air membeku (salju). Gejala inilah yang menjawab, mengapa di daerah tropika bisa ada salju.

Pada lapisan troposfer terdapat penurunan suhu, karena sangat sedikit menyerap radiasi gelombang pendek dari matahari, sedangkan sebaliknya permukaan tanah memberi panas pada troposfer di atasnya. Oleh karena pertukaran panas banyak terjadi pada troposfer bawah, maka suhu turun dengan bertambahnya ketinggian permukaan tanah.

Udara troposfer atas sangat dingin. Dengan demikian lebih berat dibandingkan dengan udara di atas *tropopause*, yaitu lapisan pembatas antara troposfer dengan stratosfer sehingga udara ditroposfer tidak dapat menembus lapisan troposfer.

#### b. Stratosfer

Lapisan udara di atas *tropopause* disebut *stratosfer*. Lapisan ini mulai dari 10 mil ( $\pm 16$  km) sampai 50 mil ( $\pm 80$  km) di atas bumi. Suhu rata-rata sekitar  $35^{\circ}$  C. Pesawat terbang sebenarnya masih dapat mengarungi pada lapisan terbawah dari stratosfer, asal semua pintu kabin dapat ditutup rapat dan udara di dalam pesawat diatur terutama kadar oksigen hingga seperti kondisi dalam troposfer.

Dalam lapisan stratosfer ini terdapat ozon ( $O_3$ ) yang merupakan lapisan vital bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi, karena dapat menolak sinar ultra violet dari matahari. Sinar ultra violet kadar tinggi dapat merusak semua sel makhluk hidup.

#### c. Mesosfer

Pada lapisan ini ditandai dengan adanya penurunan suhu rata-rata  $0,4^{\circ}$  C setiap naik 100 m. Bagian atas mesosfer dibatasi oleh *mesopause*, lapisan pada atmosfer yang suhunya paling rendah sekitar  $-100^{\circ}$  C yang terletak pada ketinggian 85 km.

Di atas *mesopause* terdapat lapisan *termosfer* yang terletak pada ketinggian 85 km dan 300 km dengan suhu dari  $-100^{\circ}$  C sampai minus ratusan bahkan ribuan derajat Celcius. Oleh karena itu, jika terjadi perubahan tekanan udara lebih rendah akan terbentuk ion sehingga lapisan termosfer disebut juga lapisan *ionosfer*.

#### d. Ionosfer

Lapisan ini terdapat di atas 50 mil ( $\pm 803$  km) dari mesosfer, dengan tekanan udara sangat rendah, sehingga semua partikel terurai menjadi ion-ionnya.

*Contoh:* Molekul AB bermuatan listrik 0 atau netral. Bila AB terurai, maka akan menjadi partikel A yang bermuatan listrik positif dan partikel B bermuatan negatif. Partikel yang bermuatan listrik seperti itu disebut ion.

Ionosfer sangat penting artinya bagi manusia terutama dalam komunikasi radio jarak jauh, karena lapisan ini dapat digunakan sebagai lapisan pemantul gelombang radio.

Gelembang radio ini tidak dapat dipancarkan langsung ke daerah sasaran yang relatif jauh karena dua alasan, yaitu:

1. penmukaan bumi melengkung
2. gangguan cuaca pada troposfer.

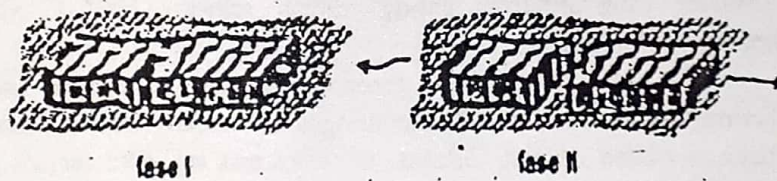
Akibat tipisnya lapisan ionosfer ini, batu meteor baru menyala setelah mencapai kerendahan 60 mil ( $\pm 96$  km) di atas bumi. Lapisan Bumi yang meliputi lithosfer, hidrosfer dan troposfer yang semuanya dihuni oleh berbagai makhluk hidup itu kita beri nama *biosfer*.

## D. Pembentukan Benua dan Samudra

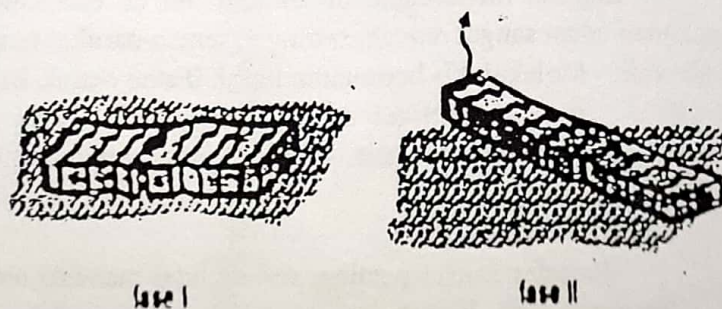
### 1. Benua

Sebagaimana telah kita ketahui bahwa bumi sebagai benda alam semesta, pada permulaan merupakan benda yang berpijar kemudian mendingin. Pada proses pendinginan itu, terbentuklah kerak yang keras yang sering kita sebut kulit bumi atau kerak bumi dan dalam istilah asing disebut *lithosfer*.

Pada tahap awal lapisan lithosfer sangat labil. Dalam proses pendinginan yang terus berlangsung itu, bumi juga bergerak mengadakan rotasi sehingga kulit yang baru terbentuk tadi retak-retak dan bergeser saling menjauhi karena seolah-olah kulit yang sudah keras itu mengapung pada bagian bumi sebelah dalamnya yang diperkirakan masih dalam keadaan lumer.



Gambar 3.13. Pergeseran horizontal



Gambar 3.14. Pergeseran horizontal

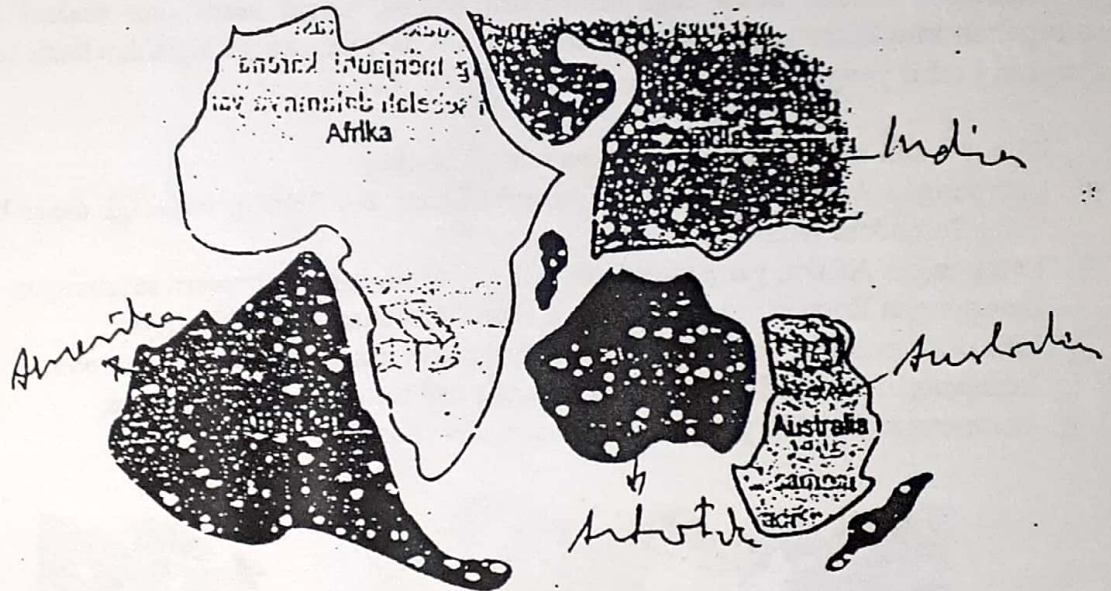
### Teori Wegener

Pada tahun 1915, Wegener, seorang ahli geografi Bangsa Jerman, mengemukakan suatu teori yang disebut *Teori Wegener*. Menurut teori ini, 250 juta tahun yang lalu hanya terdiri dari satu benua yang sangat besar, retak dan kemudian bergeser menjauhi satu sama lain. Akibat pergeseran itu terbentuklah benua-benua Amerika, Asia, Eropa, Afrika, Australia dan Antartika.

Teori ini didukung oleh fakta sebagai berikut.

- Sepanjang Timur Amerika Selatan ternyata mempunyai bentuk dan lekukan yang kira-kira sama dengan lekukan pada benua Afrika sebelah Barat;
- Lekukan bagian Selatan Australia cocok dengan tonjolan benua Antartika;
- Lekukan Semenanjung India dan Pulau Madagaskar cocok dengan teluk yang terbentuk antara Afrika dengan Antartika.

Kecocokan-kecocokan tersebut, tidak hanya pada segi geografik, tapi ternyata cocok pula bila ditinjau dari segi geologi yakni dari jenis dan umur batu-batuan yang kira-kira sama.



Gambar 3.15  
Terbentuknya Benua akibat Pergeseran

Peristiwa pergeseran itu berlangsung dalam jutaan tahun. Secara kronologis dapat digambarkan bahwa:

- pada 225 juta tahun yang lalu, masih merupakan satu benua besar yakni *Super Continental* yang disebut *Pangea*;
- pada 200 juta tahun yang lalu, *Super Continental* tersebut pecah menjadi tiga bagian yakni benua Eropa - Asia, Afrika - Amerika dan Antartika - Australia;
- lalu pada 135 juta tahun yang lalu, Afrika dan Amerika mulai memisah disela-selanya terdapat Samudera Atlantik:

d. kemudian, 65 juta tahun yang lalu, Australia dan Antartika memisahkan diri terjadilah Lantian Indonesia. Pergeseran sampai saat ini pun masih berlangsung.

Harry Hess, memberikan dasar-dasar baru tentang kondisi benua yang bergerak-gerak. Benua bukan hanyut ke sana kemari seperti es terapung, tetapi tertanam kuat pada *basalt dasar* samudera. Dasar samudera yang baru didesak terus-menerus ke atas dari *astenosfer* yang panas pada pematang samudera. Pematang samudera merupakan bibir yang terbentuk pada dua sisi celah dalam bumi yakni tempat bahan panas selubung bumi yang tertekan ke atas.

Bahan ini kemudian mendingin, mengeras dalam lithosfer dan mematrikan dirinya ke tepi lempengan lithosfer pada kedua sisi retakan (kerak samudera). Bahan tersebut bergerak ke bawah dari pematang tengah samudera, bersama lempengan melintasi dasar laut dengan kecepatan 1,5 sampai 7,5 cm setahun sebagai perluasan dasar laut. Bagian yang ditumpangi menekuk ke bawah dan tenggelam dalam astenosfer, dipanaskan lagi, pecah lagi, meleleh dan terserap masuk kembali ke bagian dalam bumi. Pergeseran dan retaknya lithosfer kemudian runtuh, menyebabkan terjadinya gempa tektonis. Perluasan dasar laut menyebabkan jarak antara benua bertambah lebar.

Walaupun batuan beku bagi manusia dirasakan sangat keras dan seakan bumi merupakan satu kesatuan, namun sebenarnya terdiri dari lempengan tipis dan kaku seperti cangkang telur yang retak-retak.

Di bumi ada enam lempengan utama sebagai berikut.

- a Lempengan Amerika, terdiri dari Amerika Utara dan Selatan serta 1/2 dasar bagian barat Samudera Atlantik;
- b Lempengan Afrika, yang terdiri dari Afrika dan sebagian samudera sekitarnya;
- c Lempengan Eurasia, terdiri dari Asia, Eropa, dan dasar laut sekitarnya;
- d Lempengan India, yang meliputi anak benua dan dasar samudera sekitarnya;
- e Lempengan Australia, terdiri dari Australia dan samudera di sekitarnya;
- f Lempengan Pasifik, yang mendasari samudera Pasifik.



Gambar 3.16  
Lempengan-lempengan Utama



Lempengan-lempengan tersebut setiap saat mengalami gerak horisontal yang menimbulkan antara lain, pemisahan benua seperti yang dikemukakan oleh Wegener. Sebagai akibatnya, benua Amerika makin jauh dari benua Afrika, sedangkan benua Australia, karena desakan oleh pematang tengah samudera di sebelah selatannya mengakibatkan benua itu makin mendekat ke Indonesia.

Di samping gerakan horisontal, juga terdapat gerakan vertikal, yaitu desakan iava yang ke luar dari lempengan di Samudera Indonesia yang menyebabkan anak benua India makin terdesak ke Utara, tapi karena daratan Asia cukup kuat bertahan terjadilah kerutan bumi berupa pegunungan Himalaya yang tinggi.

Demikian pula akibat pematang tengah di laut Tengah yang mendesak Eropa ke utara, maka terjadilah pegunungan Alpen yang juga tinggi sebagai kerutan bumi (*Plate Tectonic Theory*). Secara alami, lempengan mengalami kerusakan dan pembanguan kembali (putus dan bersambung) yang gerakan lempengannya menjadikan gempa tektonik. Proses kerusakan dan pembanguan kembali wujudnya ialah patahnya daratan akibat desakan di dasar laut, sehingga di daratan terjadi retakan. Di sepanjang retakan demikian, muncul pegunungan yang di beberapa tempat lahir gunung berapi seperti pegunungan Rocky Mountain di pantai barat Amerika.

Indonesia merupakan salah satu daerah yang sering diguncang gempa karena letaknya tepat pada pertemuan dua deretan pegunungan lipatan muda *Circum Pasific* dan Mediterania. Juga pertemuan tiga lempengan lithosfer yaitu lempengan India sebelah barat, lempengan Australia sebelah barat dan selatan, dan lempengan samudera Pasifik sebelah timur sehingga daratannya termasuk tidak tenang.

## 2. Samudera

Berdasarkan Teori Wegener, pergeseran bagian bumi bersifat vertikal (*geoinklinal*) maupun horizontal yang masih berlangsung terus menerus hingga saat ini. Terbentuknya gunung Himalaya yang menjulang tinggi dan bersamaan dengan itu terbentuk Samudera Hindia (Indonesia) yang merupakan contoh dari peristiwa tersebut.

Samudera Pasifik atau Lautan Teduh, terbentuk karena massa bumi pada saat masih berupa cairan terlepas dari muka bumi. Hal itu terjadi mungkin dipengaruhi oleh rotasi yang menimbulkan gaya *sentripetal* (gaya menjauhi pusat) dan gaya tarik benda angkasa yang lain (ingat Teori Tidal). Teori terlepasnya bagian dari massa bumi ini lalu membentuk bulan, didukung oleh kenyataan bahwa membesarnya lekukan Pasifik di muka bumi ini, bisa dihitung kira-kira sama dengan jumlah massa dari bulan. Jenis batuan di bulan pun ternyata serupa dengan batuan Silisium Magnesium yang terdapat di dasar samudera Pasifik.

Teori yang lain mengatakan bahwa bumi, awalnya berupa awan panas, mencair dan bertemperatur tinggi. Kemudian berangsur-angsur mendingin membentuk bumi purba berupa daratan dan terjadilah benua. Pada saat bumi mendingin, banyak unsur berupa gas terutama  $H_2$ ,  $CH_4$ , dan  $H_2$  terlepas dalam bentuk gas, ke luar berbentuk lapisan awan tebal melapisi bumi purba, demikian selanjutnya terjadi penguraian karena terkena sinar matahari langsung, sehingga terjadilah lapisan udara atau atmosfer yang sekarang ini.

Bersamaan dengan terbentuknya atmosfer, terjadi pula proses pendinginan udara dan hujan yang sekaligus akan mempercepat pendinginan bumi. Siklus yang berlangsung bermilyar-milyar tahun akan membentuk kumpulan air di lekukan-lekukan permukaan

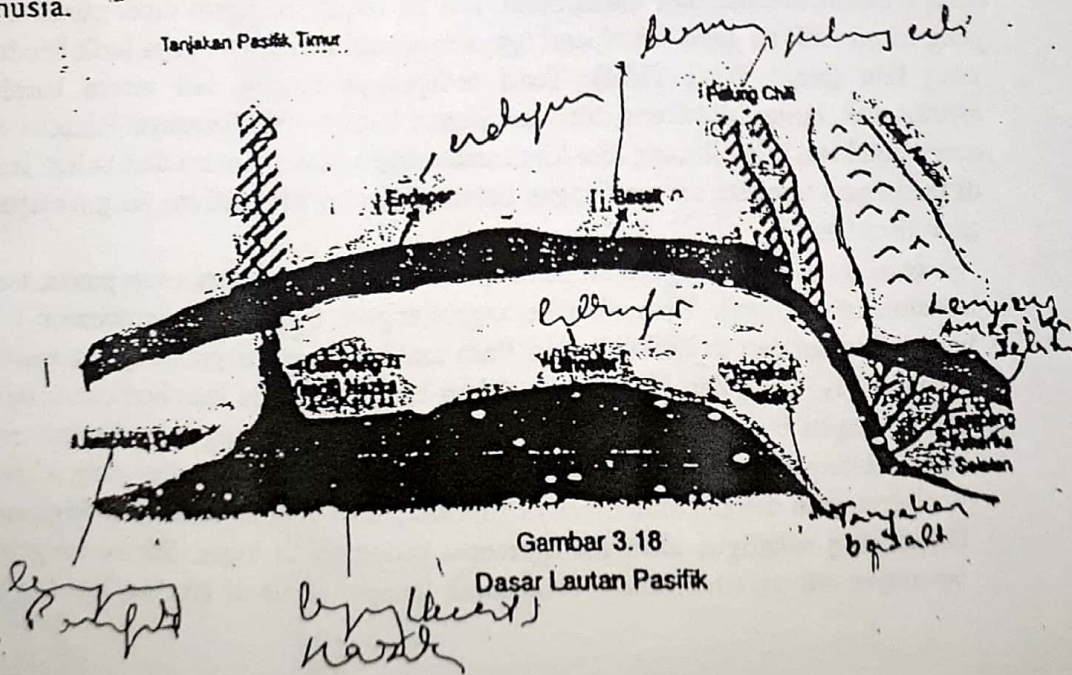
bumi. Lautan purba pada mulanya diduga hanya 10% dari lautan yang ada saat ini. Berikut ini sebagai gambaran siklus massa udara panas, udara dingin dan hujan.



Gambar 3.17  
Siklus udara panas – dingin hujan - penguapan

Kondensasi yang dialami bumi menyebabkan jumlah air yang menutupinya makin luas, hingga sekarang ini kira-kira 75% atau 11.375 juta kilometer kubik air di permukaan bumi dan disebut lautan. Gejala suhu bumi makin meningkat pada akhir abad XX, sehingga akan mencairkan es di kutub dan salju di puncak-puncak pegunungan akan semakin memperluas permukaan laut.

Semula manusia mengira bahwa dasar lautan rata seperti dataran di atas benua luas. Pengukuran dalamnya laut oleh manusia sebelum ditemukan kapal selam, hanya dengan batu yang diikat tali oleh juru bata, dan kemudian diukur dengan alat penduga gempa dengan gelombang bunyi. Baru menjelang Perang Dunia II dengan alat-alat elektronik canggih, kapal selam dapat memetakan dasar laut. Dan setelah Perang Dunia II dengan makin lengkapnya sarana, maka makin banyak manusia tertarik akan keadaan dasar laut yang memiliki pesona alam dan memberikan harapan terhadap kepentingan kehidupan manusia.



Gambar 3.18  
Dasar Lautan Pasifik

## V. KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP DAN PERSEBARANNYA

### A. Biosfer dan Maakhluk Hidup

**P**ada permukaan bumi antara batuan induk dan lapisan atas atmosfer, terdapat kehidupan organisme, mulai dari bentuk yang sangat sederhana sampai yang paling rumit. Dalam kehidupan tersebut, masing-masing organisme baik secara langsung maupun tidak, saling mempengaruhi dan membentuk organisasi yang disebut biosfer.

Mengapa kehidupan organisme ada di biosfer? Tentunya pertanyaan ini muncul dan akan diteruskan dengan bagaimana awal munculnya kehidupan organisme tersebut? Untuk menjawab pertanyaan di atas, dalam Kegiatan Belajar 1 ini, akan dijelaskan mengenai biosfer dan bagaimana asal mula kehidupan organisme, dan kemudian perkembangan dari organisme yang ada menjadi banyak dan menyebar ke seluruh wilayah bumi.

Apakah biosfer itu? Biosfer (*biosphere*) berasal dari kata *bio* yang berarti hidup atau kehidupan dan *sphere* yang artinya adalah lingkungan atau bidang. Jadi, *biosfer* berarti *lingkungan atau bidang kehidupan atau lingkungan tempat di mana organisme hidup*.

Biosfer adalah bagian dari sistem planet bumi seperti udara, tanah dan air, di mana kehidupan berkembang, dan di mana proses kehidupan dan perubahan kembali terbentuk.

Menurut pandangan umum geofisika, biosfer adalah sistem ekologi global yang berisi gabungan semua hubungan kehidupan, dan interaksinya dengan elemen biosfer yaitu litosfer (bebatuan), hidrosfer (air) dan atmosfer (udara)

Menurut Vladimir Vernadsky (1929), biosfer adalah zona kehidupan di planet bumi, termasuk kehidupan semua organisme seperti manusia dan semua materi organik yang belum membusuk.

Biosfer dibagi menjadi beberapa lapisan sebagai berikut.

#### 1. Atmosfer

Lapisan udara di atas bumi, di mana proses-proses kehidupan meliputi amat banyak reaksi kimia terjadi, sebagai contoh fotosintesis yang memerlukan  $\text{CO}_2$  dan memproduksi  $\text{O}_2$  atau respirasi yang membutuhkan  $\text{O}_2$  dan menghasilkan  $\text{CO}_2$ , keduanya terjadi di lapisan yang disebut atmosfer.

## 2. Hidrosfer

Lapisan air, di mana air merupakan bagian yang terpenting dalam kehidupan organisme yang hidup di bumi. Air juga berperan penting dalam evolusi makanan dalam kehidupan di planet kita. Air juga berperan penting dalam sistem transportasi zat makanan penting seperti Fosfor dan Nitrogen, pada pertumbuhan tanaman.

## 3. Geosfer

Bagian ini disebut juga lapisan tanah. Geosfer dan biosfer dihubungkan oleh tanah yang mengandung campuran antara udara, zat mineral, zat organik dan air. Sebenarnya tanah mengandung semua komposisi yang ada di dalam semua *fer* (atmosfer, geosfer, biosfer dan hidrosfer).

## 4. Antrosfer

Bagian ini merupakan bagian di mana manusia hidup. Populasi manusia bersifat menengancam biosfer dengan merusaknya, misalnya merusak hutan hujan tropika selama bertahun-tahun, hal ini menggiring kemusnahan beberapa spesies tanaman dan binatang yang menjadi langka keberadaannya saat ini.

Biosfer dibentuk oleh susunan struktur yang membentuk hierarki yang disebut rantai makanan. Energi dan massa ditransfer dari salah satu rantai makanan ke level rantai makanan berikutnya dengan efisiensi mencapai 10%. Untuk mengetahui penjelasan energi dan rantai makanan, Anda dapat mempelajarinya di modul 5.

# B. Asal Mula Kehidupan

Kita mengenal beberapa hipotesis tentang asal mula kehidupan. Perlu diketahui bahwa hipotesis yang dikemukakan para ahli tidak terlepas dari cara penalaran seseorang dari zaman ke zaman. Oleh karena itu, ada beberapa hipotesis yang janggal kedengarannya. Sebaliknya, ada yang benar jika ditinjau dari segi logika.

Terlepas dari janggal tidaknya hipotesis itu, yang terpenting adalah bagaimana mereka sampai pada hipotesis itu dan adakah fakta yang mendukungnya.

### 1. Hidup dari Tuhan Datangnya

Pendapat semacam ini kita kenal dengan paham penciptaan khusus atau *special creation* yang mengandung pengertian bahwa Tuhan langsung turun tangan, kemudian menciptakan kehidupan di atas bumi. Ilmuwan tidak menclak anggapan ini, akan tetapi sayang, keterangan semacam itu di luar taraf dan batas ilmu pengetahuan.

Bagaimanakah kehidupan itu terjadi? Ilmu biologi yang harus mencari jawaban mengenai persoalan itu dan berusaha mencari keterangan dalam taraf atau tingkat kehidupan dan lingkungannya sendiri. Dengan demikian, harus dihindarkan suatu gambaran tentang pekerjaan Tuhan yang agak *anthromorfistis* yang mengibaratkan Tuhan bagaikan manusia atau tukang (Sj. Drost J. Drs. *Ilmu Alamiah Dasar*, Buku Panduan Mahasiswa, 1992).

Pendapat ini juga dikenal dengan sebutan *Teori Transedental* yang berpendapat bahwa semua ciptaan di bumi ini secara religi adalah ciptaan *Super Nature* atau Tuhan Yang Maha Kuasa di luar jangkauan sains.

## 2. Teori Cozmozoa

Pendapat ini menyatakan bahwa makhluk hidup datang di bumi dari bagian lain alam semesta ini. Diperkirakan bahwa suatu benda berat telah menyebarkan benda hidup dan benda hidup itu merupakan suatu partikel-partikel kecil.

Teori ini berdasarkan dua asumsi bahwa:

- a. benda hidup itu ada atau telah ada di suatu tempat dalam alam semesta ini;
- b. hidup itu dapat dipertahankan selama perjalanan antarbenda angkasa ke bumi.

## 3. Teori Pfluger

Teori ini berpendapat bahwa bumi berasal dari suatu materi yang sangat panas sekali. Kemudian dari bahan yang mengandung Karbon (C) dan Nitrogen (N) terbentuk senyawa Cyanogen (CN). Senyawa itu dapat terjadi pada suhu yang sangat tinggi dan selanjutnya terbentuk zat protein pembentuk protoplasma yang akan menjadi makhluk hidup.

## 4. Teori Moore

Teori ini menyatakan bahwa hidup dapat muncul dari kondisi yang cocok dari bahan anorganik pada saat bumi mengalami pendinginan melalui suatu proses yang kompleks dalam larutan yang labil. Bila fase keadaan kompleks itu tercapai akan munculah hidup itu.

## 5. Teori Allen

Pendapat ini menyatakan bahwa pada saat keadaan berdifusi, bumi ini seperti keadaan sekarang. Beberapa reaksi terjadi yaitu energi yang datang dari sinar matahari diserap oleh zat besi yang lembab dan menimbulkan pengaturan atom dari materi-materi. Interaksi antara Nitrogen (N), Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O) dan Sulfur (S) yang terdapat di dalam genangan air di muka bumi ini akan membentuk zat-zat yang difus yang akhirnya membentuk protoplasma benda hidup.

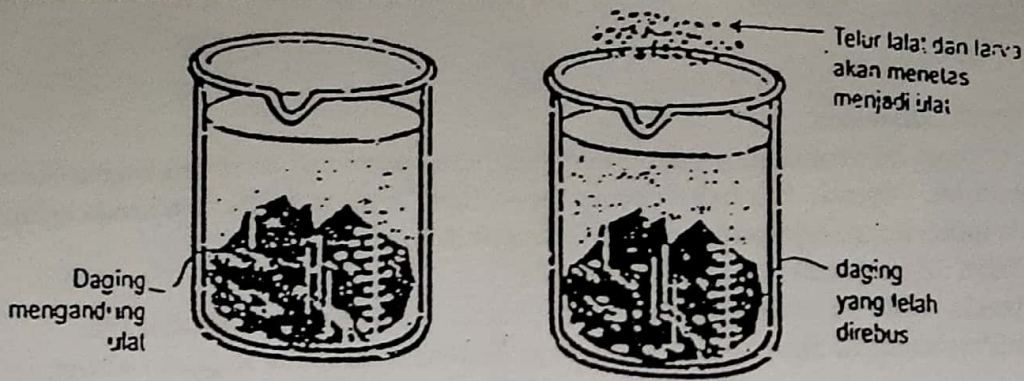
## 6. Generatio Spontanea

Teori ini dikenal juga dengan nama *abiogenesis* dengan tokohnya Aristoteles. Ia mengemukakan bahwa hidup ini bermula dari benda mati yang secara tiba-tiba menjadi jasad hidup.

*Contohnya:* cacing berasal dari lumpur, ulat berasal dari daging yang membusuk, kutu pakaian berasal dari kotak-kotak penyimpanan pakaian ataupun tikus berasal dari pakaian-pakaian bekas yang tersimpan lama. Akibat kharismanya, paham ini dapat bertahan berabad-abad lamanya. Hipotesis ini akhirnya tenggelam setelah munculnya para ilmuwan lain dengan pola pikirnya yang lebih rasional.

## 7. Omne Vivum Ex Ovo

Pada abad ke-17 sekitar tahun 1625 - 1697, Francesco Redi, seorang pakar biologi Bangsa Italia, dapat membuktikan bahwa ulat pada bangkai berasal dari telur lalat yang meletakkan telurnya dengan sengaja di situ. Pembuktian itu diperkuat dengan hasil pengamatan pada sepotong daging yang telah direbus yang diletakkan dalam sebuah bejana terbuka.

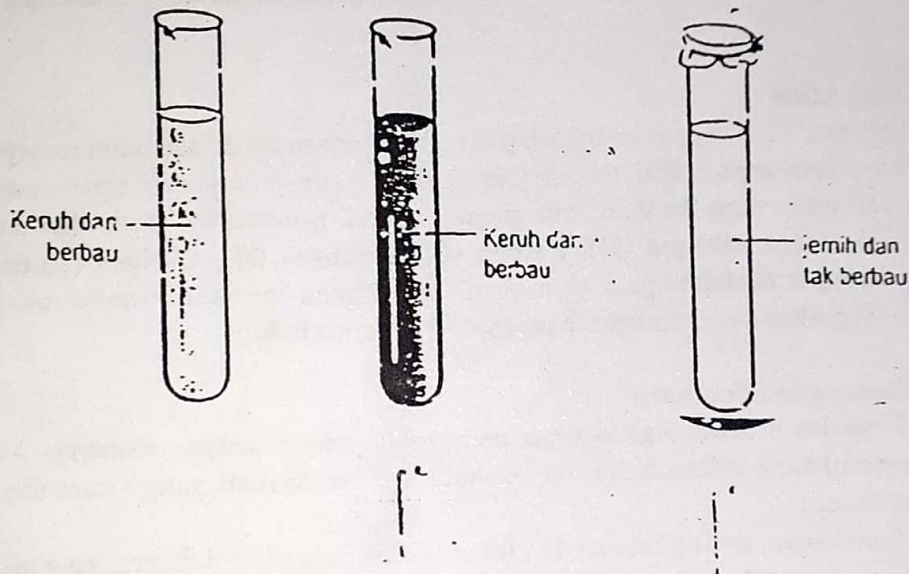


Sumber : J. Drost, S.J., *Ilmu Alamiah Dasar*. 1992

### 8. Omne Ovo Ex Vivo

Hipotesis Redi tampaknya belum memberikan kepuasan bagi Lazzaro Spallanzani (1729 - 1799), juga pakar berasal dari Italia, yang menyatakan bahwa semua makhluk hidup berasal dari telur, jika demikian dari mana asal mula telur tersebut?

Berdasarkan hasil percobaannya dengan kaldu, jasad renik yang mencemari kaldu dapat membusukkan kaldu. Bila kaldu dididihkan kemudian ditutup rapat-rapat, maka pembusukan tidak akan terjadi. Oleh karena itu, simpulannya, telur berasal dari jasad hidup.



Sumber : J. Drost, S.J., *Ilmu Alamiah Dasar*. 1992

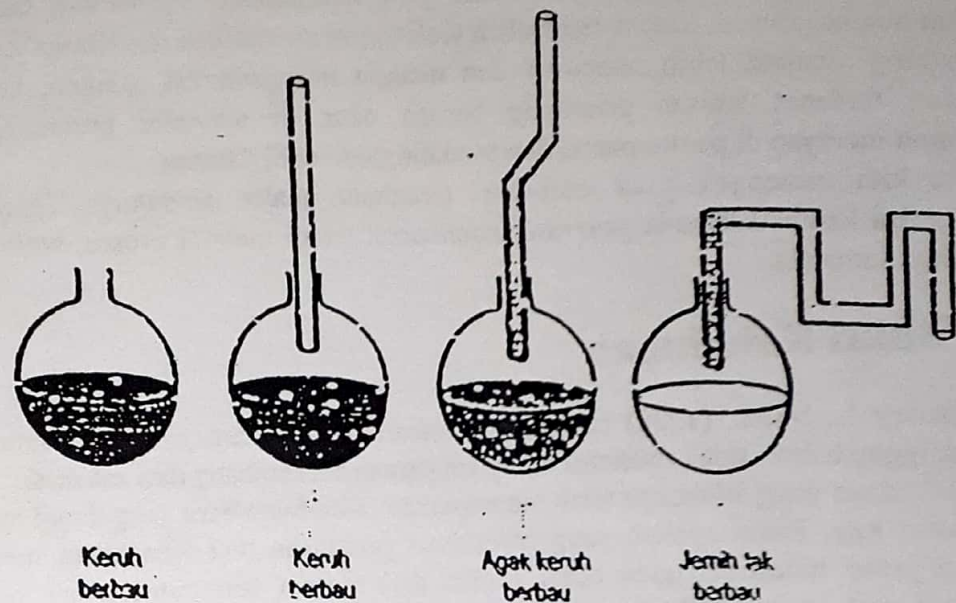
Atas dasar percobaan inilah ia bersimpulan bahwa telur-telur tadi pastilah berasal dari sesuatu yang hidup, paham ini kita kenal dengan *Omne Ovum Ex Vivo*.

### 9. Omne Vivum Ex Vivo

Louis Pasteur (1822 - 1895), sarjana kimia Perancis, melanjutkan percobaan Spallanzani dengan percobaan berbagai mikroorganisme. Akhirnya ia bersimpulan bahwa harus ada kehidupan sebelumnya, agar tumbuh kehidupan yang baru atau di sebut *Omne Vivum Ex Vivo*. Teori ini disebut juga *biogenesis* dengan konsep dasar bahwa yang

hidup itu tentu berasal dari yang hidup juga. Teori biogenesis mengungguli teori abiogenesis, akan tetapi asal mula kehidupan tetap menjadi masalah yang belum terungkap. Namun, hampir semua para ahli sependapat bahwa asal mula kehidupan itu timbul di bumi kita, bukan dari angkasa luar.

Marilah kita lihat sketsa percobaan Louis Pasteur.



#### 10. Teori Urey

Harold Urey (1893), seorang ahli kimia dari Amerika Serikat mengemukakan bahwa atmosfer bumi pada awalnya kaya akan gas-gas metana ( $\text{CH}_4$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Zat-zat tersebut merupakan unsur-unsur penting yang terdapat dalam tubuh makhluk hidup.

Diduga hal tersebut terjadi karena adanya energi dari aliran listrik hali!intar dan radiasi sinar kosmos. Unsur-unsur itu mengadakan reaksi kimia membentuk zat-zat hidup. Zat hidup yang mula-mula terbentuk kira-kira sama dengan virus yang kita kenal sekarang. Zat itu kemudian, selama berjuta-juta tahun berkembang menjadi berbagai jenis organisme.

#### 11. Teori Oparin-Haldane

A.I. Oparin adalah ahli biologi bangsa Rusia, pada tahun 1924, mempublikasikan pendapatnya tentang asal mula kehidupan, namun tak ada sambutan dari para ahli. Pendapat itu baru ditanggapi secara serius ketika diterbitkan tahun 1936 dalam berbagai bahasa. J.B.S. Haldane, ahli biologi Inggris, secara terpisah, juga berpendapat sama dengan Oparin.

Rangkuman pendapat itu ialah jasad hidup terbentuk dari senyawa kimiawi dalam laut pada saat atmosfer bumi belum mengandung oksigen bebas. Senyawa organik tersebut, antara lain adalah asam-asam amino sederhana, purin dan basa pirimidin serta senyawa-senyawa golongan gula. Kemudian terbentuk pula senyawa-senyawa polipeptida, asam-

asam polinukleat dan polisakarida yang semuanya itu dapat terbentuk berkat bantuan sinar ultra violet, kilatan listrik (petir), panas dan sinar radiasi.

Jasad hidup pertama disebut *protobion*, diperkirakan hidup di dalam laut kira-kira 5 sampai 10 meter di bawah permukaan laut. Di tempat itulah, mereka terhindar dari sinar ultra violet intensitas tinggi dari matahari yang mematikan. Di daratan saat itu tak mungkin ada kehidupan, karena sinar ultra violet yang mematikan itu. Ketika jasad hidup berkembang menjadi lebih sempurna dan mampu memproduksi oksigen, maka lama kelamaan terdapat lapisan pelindung berupa ozon di atmosfer bumi. Kemudian, kehidupan merayap di pantai-pantai dan terakhir memenuhi daratan.

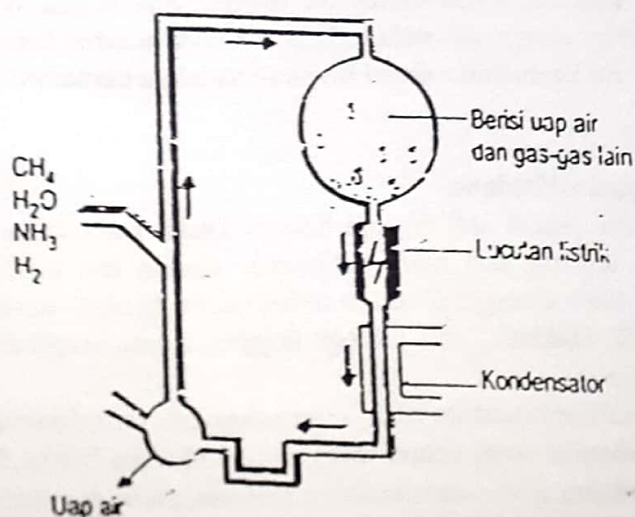
Bila kita menengok pada teori-teori terdahulu, maka tampaknya Teori Oparin-Haldane ini kembali kepada *generatio spontanea*, tetapi melalui proses evolusi ratusan juta tahun lamanya.

## 1. Bukti Kehidupan

Stanley L. Miller (1936) berpaling kembali pada paham *generatio spontanea*. Ia menganggap bahwa tidak mustahil hidup ini pernah berkembang dari zat mati.

Perbedaan yang dilakukan telah memaparkan fakta-fakta baru yang dapat memperluas wawasan kita. Fakta apakah yang mendasari percobaan itu? Kenyataan menunjukkan bahwa jasad hidup sebagian besar terdiri dari protein (zat putih telur) yang terurai menjadi unit yang sederhana, yakni asam-asam amino yang mengandung nitrogen. Bila asam-asam amino tersebut dipisah lagi, maka akan dihasilkan  $\text{CH}_4$  (metana),  $\text{H}_2\text{O}$  (air),  $\text{H}_2$  (hidrogen) dan  $\text{NH}_3$  (amoniak). Demikian pula jika senyawa-senyawa sederhana diuraikan, maka akhirnya diperoleh unsur-unsur C, H, O, dan N sebagai unsur dasar. Bukankah ada kemungkinan bahwa hidup berawal dari senyawa-senyawa sederhana tadi, di mana atmosfer masih merupakan senyawa-senyawa seperti itu?

Inilah percobaan Miller tersebut.





## 2. Beda Makhluk Hidup dengan Benda Mati

Pertanyaan ini tampaknya sederhana, apa sulitnya menetapkan bahwa batu itu benda mati dan kita ini makhluk hidup. Tetapi bila kita pertanyakan lebih lanjut, mengapa kita bisa mengatakan: batu itu benda mati dan manusia itu benda hidup, maka terpaksa kita sedikit berpikir-pikir.

Memang, tentu ada tanda-tanda yang dapat dipakai untuk membedakan antara kedua itu. Sifat-sifat umum yang dapat dipakai untuk membedakan antara makhluk hidup dengan benda mati sebagai berikut.

### a. Bentuk dan Ukuran

Makhluk hidup mempunyai bentuk dan ukuran tertentu, sedangkan benda mati tidak.

*Contoh:*

Batu ada yang sebesar butir pasir, ada yang sebesar gunung, sedangkan manusia biasanya mempunyai bentuk dan ukuran yang tertentu.

### b. Komposisi Kimia

Makhluk hidup mempunyai komposisi kimia tertentu yang terdiri dari unsur-unsur Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Belerang atau Sulfur (S), Fosfor (P) dan sedikit mineral. Benda mati komposisinya tidak tertentu.

### c. Organisasi

Setiap makhluk hidup terbentuk dari sel-sel. Sel-sel ini membentuk jaringan, sedangkan jaringan ini membentuk organ. Sistem organ inilah yang membentuk proses hidup. Pada benda mati, misalnya batu, susunannya yang kompleks adalah hasil dari unsur pokoknya.

### d. Metabolisme

Pada makhluk hidup terjadi pengambilan dan penggunaan makanan, respirasi atau pemapasan, sekresi dan ekskresi. Benda mati tidak mengalami hal-hal tersebut.

### e. Iritabilitas

Makhluk hidup dapat memberikan reaksi terhadap perubahan pada sekitarnya, misalnya cahaya, gerakan, kelembaban dan suhu. Biasanya reaksi tak seimbang besarnya aksi. Pada benda mati reaksinya seimbang dengan aksi.

*Contoh:* Besi yang kena panas akan memuai sesuai dengan panas yang datang.

### f. Reproduksi

Pada makhluk hidup terdapat kemampuan untuk membuat makhluk itu menjadi banyak, sedangkan pada benda mati tidak.

### g. Tumbuh dan Mempunyai Daur Hidup

Setiap makhluk hidup mengalami proses pertumbuhan dan mempunyai daur hidup, artinya melalui proses kelahiran, tumbuh dewasa, dan mati. Benda mati mengecil dan membesar karena pengaruh luar seperti halnya pada kristal.

Ketujuh hal tersebut di atas merupakan perbedaan yang umum yang terdapat antara makhluk hidup dan benda mati, jadi bukan kriteria untuk menetapkan apakah sesuatu itu merupakan makhluk hidup atau bukan. Untuk menetapkan bahwa sesuatu itu adalah makhluk hidup hanya diperlukan tiga hal saja yakni mampu melakukan:

- 1) metabolisme termasuk respirasi (bernapas);
- 2) reaksi terhadap rangsangan dengan tujuan untuk mempertahankan diri;
- 3) pertumbuhan dan reproduksi.

Beberapa contoh makhluk hidup tingkat rendah antara lain sebagai berikut.

#### a. Virus

Bila rantai senyawa gula - fosfat - purin - pyrimidin suatu asam amino pada percobaan Miller itu bertambah panjang dan semakin kompleks, maka akan terbentuk DNA (*Deoxyribic Nucleic Acid*) dan selanjutnya terbentuk virus.

Penemuan virus sejalan dengan ditemukannya mikroskop elektron oleh Knoll dan Ruska pada tahun 1932 di Jerman, karena virus berukuran sangat halus kira-kira 10 - 30 milimikron.

Berbagai jenis virus telah ditemukan dan mempunyai beragam bentuk seperti bulat, lonjong, kubus ataupun seperti batang. Sifatnya aneh, karena dapat dikristalkan sebagai zat kimia biasa, ditanam dalam tumbuhan atau hewan dan juga dapat bertambah banyak.

Pertambahan jumlah virus masih ada dua pendapat, yakni:

- 1) virus melakukan reproduksi sebagaimana halnya makhluk hidup lain,
- 2) virus itu tak dapat memperbanyak diri melainkan organisme tempat virus itu berada dapat membentuk duplikat virus tadi.

Beberapa jenis virus menyebabkan berbagai penyakit, misalnya mozaik pada terubakau, tomat, mentimun, waluh, jipang dan lain-lain. Pada manusia, penyakit campak, cacar, cacar air, influenza, polio, kutil, demam kuning, hepatitis infectious dan lain-lain. Sedangkan pada hewan antara lain penyakit anthrax, rabies, psitacosis, pes sapi, dan lain-lain.

#### b. Bakteriofag

Tingkat yang lebih tinggi derajatnya dari virus adalah bakteriofag (*bacteriophage*). Ia sudah boleh dianggap hidup sesungguhnya, karena ia tidak dapat hidup dalam substrat buatan. Tubuhnya terdiri dari rantai DNA yang dikelilingi protein dan dapat bereproduksi. Hidup sebagai parasit yang menyerang bakteri dengan jalan membor/melubangi tubuh bakteri. Ia berbuat demikian karena ukurannya jauh lebih kecil daripada bakteri dan sedikit lebih besar dari virus yaitu 30 - 20 milimikron, berbentuk seperti kendi.

#### c. Rickettsia

Taraf makhluk hidup yang lebih tinggi dari bakteriofag adalah *Rickettsia*. Ia sudah mempunyai RNA (*Ribose Nucleic Acid*) yaitu suatu asam dalam inti sel yang biasanya berada di luar inti sel pada organisme bertaraf tinggi. Ukurannya 0,3 - 0,5 mikron, sedemikian kecilnya sehingga tak dapat disaring. Ia tak dapat berbiak dalam medium yang tak hidup. *Rickettsia* penyebab demam, cacar dan tipus.

## 2. Bakteri

Bakteri merupakan mikrona yang sangat beragam dalam hal bentuk dan perilakunya. Ia digolongkan ke dalam tumuhan, karena ber dinding tubuh tebal. Ukurannya 0,5 - 70 mikron tergantung pada macam bakteri. Meskipun bakteri tidak memiliki inti sel, tetapi DNA dan RNA ada dalam tubuhnya.

Ia dapat dibiakkan dalam medium buatan. Bakteri sering digolongkan ke dalam ragi/jamur karena tidak memiliki hijau daun sehingga tidak dapat berfotosintesis. Jadi, kehidupannya tergantung kepada bahan organik yang sudah mati (*saprotitis*) atau menjadi parasit pada makhluk hidup lain. Pada umumnya, bakteri hidup subur pada suhu 20° - 35°C, ada pula bakteri yang tahan pada suhu 80°C, seperti sumber air panas vulkanik.

Dalam proses pembusukan, semua bahan organik hancur menjadi bahan anorganik. Oleh karena, hampir semua proses pembusukan merupakan fenomena pembiakan bakteri, maka bakteri disebut pula mikroba pembusuk atau pengurai.

## 2 - Protozoa

Protozoa sering disebut hewan bersel tunggal, karena dinding tubuhnya tipis sekali dan berperilaku seperti hewan dalam arti mobilitas (pergerakan) dan cara makan.

Ukuran tubuhnya 20 - 100 mikron, memiliki inti sel yang masif dan tubuh kental yang dinamakan protoplasma. Protozoa ada yang hidup bebas di alam ada pula yang menjadi parasit. Ia dapat berbiak dengan cara membelah diri.

## 3. Reproduksi

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa makhluk hidup memiliki ciri dapat berkembang menjadi banyak (berkembang biak) atau sering disebut reproduksi. Jadi reproduksi adalah perkembangbiakan makhluk hidup menjadi lebih banyak. Reproduksi juga merupakan salah satu cara makhluk hidup mempertahankan keberadaannya.

Bagaimana makhluk hidup yang bermacam-macam jenisnya itu memperbanyak dirinya? Di bawah ini adalah penjelasan mengenai bagaimana makhluk hidup berkembang biak menjadi lebih banyak.

### 1. Perkembangbiakan (Reproduksi) Sel

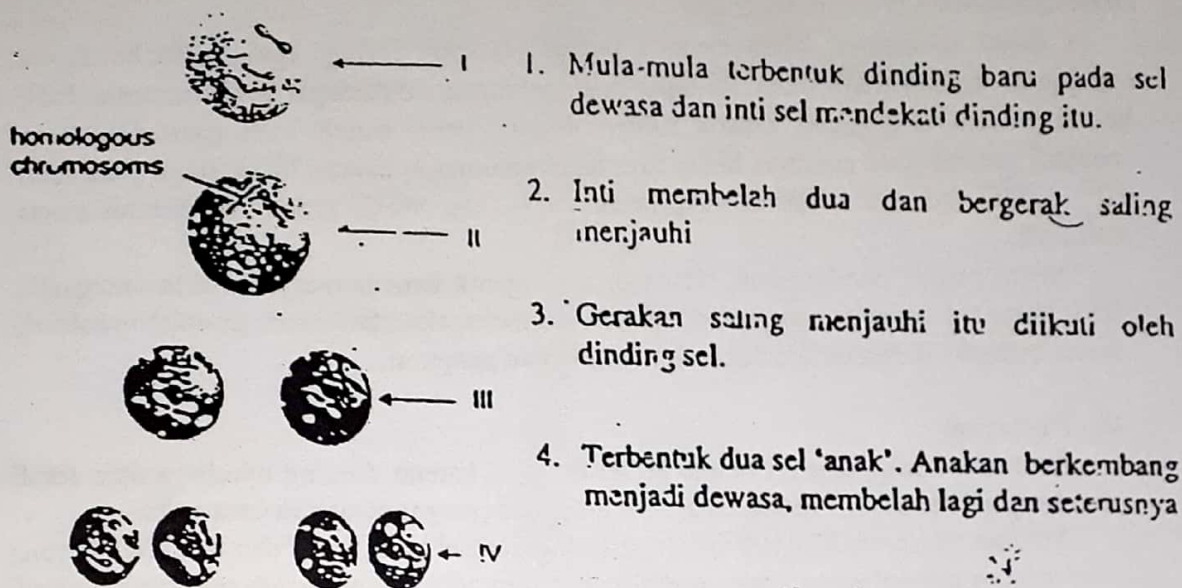
Metabolisme menyebabkan protoplasma sel menjadi semakin banyak dan ini menyebabkan sel itu tumbuh menjadi besar sampai batas tertentu. Hal ini berlaku untuk semua sel baik itu berasal dari makhluk hidup bersel tunggal seperti amuba maupun dari makhluk bersel banyak seperti manusia.

Apabila sudah sampai batas maksimumnya, sel akan membelah menjadi dua sel yang baru atau yang mati. Kecambah akan menjadi pohon besar, kecebong akan menjadi katak atau janin tumbuh menjadi manusia dewasa, itu semua adalah akibat pembelahan sel. Makin besar makhluk hidup, makin banyak pula jumlah selnya. Dari hasil pengamatan melalui mikroskop terhadap berbagai jenis makhluk hidup ternyata terlihat dua macam pembelahan sel yaitu tipe *mitosis* dan tipe *amitosis*.

*Mitosis* artinya proses pembelahan sel melalui tahapan-tahapan atau fase tertentu, sedangkan *amitosis* berarti suatu proses pembelahan sel yang terjadi tanpa melalui tahapan tertentu. Jadi kata depan *a* dari *amitosis* berarti tidak atau tanpa.

## 1) Amitosis

Pembelahan sel tipe amitosis disebut juga pembelahan sel secara langsung karena memang tidak melalui fase-fase tertentu. Proses pembelahan itu adalah sebagai berikut.



Cara pembelahan yang sederhana ini memang hanya terjadi pada makhluk hidup yang sederhana, misalnya bakteri dan ganggang (*blue green algae*), konon juga terdapat pada sel kanker. Pembelahan sel semua makhluk hidup yang lebih sempurna (baik tumbuhan maupun hewan) terjadi melalui cara mitosis.

## 2) Mitosis pada hewan

Tipe pembelahan ini lebih kompleks daripada amitosis, sering disebut juga pembelahan tak langsung.

Sel timbul hanya dari sel sebelumnya. Pembelahan sel mencakup pembelahan nukleus dan sitosom. Gamet betina yang telah dibuahi bersifat diploid disebut zigot. Zigot akan membelah diri berkali-kali dengan proses yang disebut mitosis dan akan dihasilkan empat anak yang tetap diploid. Sebelum dua sel anak terbentuk, terlebih dahulu terjadi perubahan-perubahan dalam inti sel.

Perubahan itu melalui beberapa ungkapan atau fase sebagai berikut.

### a) Interfase

Suatu fase sel dalam keadaan dewasa. Pada fase ini, di dalam sel terdapat semua kegiatan hidup, kecuali pembelahan sel. Khromatin tampak sebagai butiran-butiran yang terbesar dalam inti sel. Sentrosom tampak di luar inti.

### b) Profase

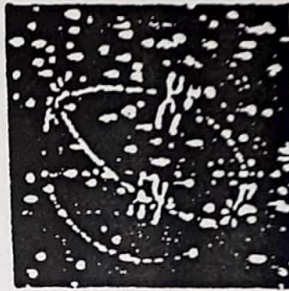
Sentrosom membelah jadi dua dan bergerak berlawanan arah. Pasangan ini disebut sentriole. Khromatin berubah menjadi benang-benang yang tampak dengan jelas, disebut khromosom. Pada akhir profase, khromosom ini membelah diri menjadi sepasang benang khromosom yang identik, disebut khromatida. Sedangkan pada sentriole terbentuk benang-benang protoplasma yang disebut aster.

c) Prometafase

Membran nukleus lenyap dan gelendong meluas dari satu kutub ke kutub yang lain. Kromosom bergerak ke ekuator gelendong.

d) Metafase

Pada fase ini butir nukleolus yang masih tampak pada fase profase ternyata tak tampak lagi. Pasangan kromosom menjadi pendek, menempatkan diri dalam bidang ekuator dengan sentriole sebagai kutub-kutubnya. Lihatlah gambar berikut ini.



e) Anafase

Pasangan khromatid mulai memisahkan diri masing-masing ke arah kutub yang berlawanan.

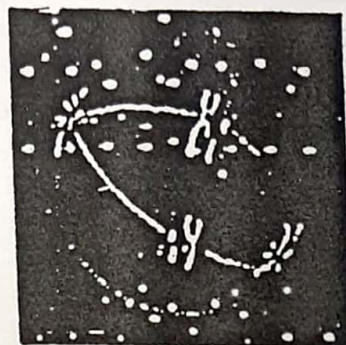
f) Telofase

Pada fase ini masing-masing khromatid sudah benar-benar terpisah dari pasangannya dan sel mulai membelah diri menjadi dua buah sel yang identik. Sementara itu khromatid yang sebenarnya adalah suatu kromosom "anak", yang kemudian mengerut menjadi butir-butir khromatin. Nukleolus dan membran inti terbentuk kembali.

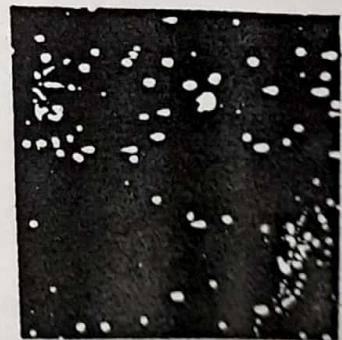
Maka kembalilah sel seperti pada interfase. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Prophase



Metaphase



Telophase

Sumber: H. Nizaruddin, *Ilmu Alamiah Dasar*, 1994.

### 3) Mitosis pada Tumbuhan

Proses mitosis pada sel tumbuhan pada hakikatnya sama, perbedaannya terletak pada:

- sentrosom tumbuhan yang tidak mempunyai sentrosom.
- tingkat telofase sel tumbuhan yang memerlukan terbentuknya dinding sel yang membagi sel menjadi dua sel. Pada tingkat itu, sel hewan memperlihatkan pembentukan membran plasma kemudian membagi diri menjadi dua sel anak.

### b. Perkembangbiakan (Reproduksi) Makhluk Hidup Bersel Banyak

Yang dimaksud dengan makhluk hidup bersel banyak di sini ialah tumbuhan, hewan dan manusia. Terdapat dua tipe perkembangbiakan yaitu:

#### 1) Aseksual

Pada pembiakan secara aseksual ini, terjadi pembentukan individu baru dari satu induk tanpa melalui hubungan atau perpaduan antara dua sel kelamin.

Terdapat beberapa cara perkembangbiakan semacam ini, namun semua akan menghasilkan individu baru yang identik dengan induknya, karena berasal dari satu sel induk yang protoplasma dengan unsur-unsur penentu keturunannya juga identik.

Termasuk dalam perkembangbiakan aseksual antara lain adalah:

#### a) Pembelahan kembar

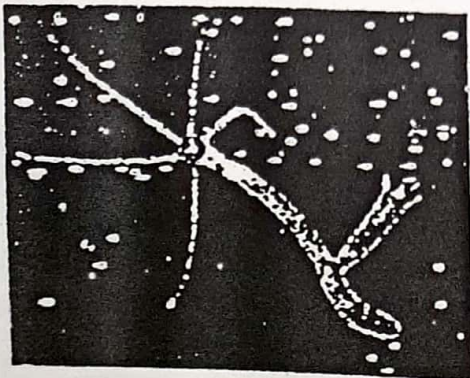
Sel membelah membentuk dua sel anak yang mempunyai jumlah sitoplasma dan inti yang sama. Hampir semua tumbuhan tingkat rendah dan hewan bersel satu, berkembang biak dengan cara ini. Induknya tidak mati tetapi membentuk dua individu baru.

Contoh: Amuba, yaitu binatang bersel satu penyebab penyakit disentri. Paramecium, bakteri dan spirogyra.

#### b) Kuncupan

Cara ini terdapat baik pada tumbuhan maupun hewan. Inti membelah menjadi dua belahan yang sama, tetapi sitoplasmanya membelah tidak sama besar. Bagian yang kecil disebut kuncup.

Contoh: Hydra, binatang bunga karang.



Gambar sebelah menunjukkan adanya Hydra muda tumbuh di dekat pangkal batang tubuh hydra induknya. Pada suatu saat ia akan melepaskan diri dan menjadi individu baru.

#### c) Pembentukan spora

Spora adalah tumbuhan yang kecil sekali, diliputi oleh dinding selulosa yang keras. Spora dibentuk dari inti makhluk hidup bersel satu. Inti ini akan membelah menjadi banyak inti. Tiap inti dengan sedikit sitoplasma dan dikelilingi oleh dinding

akan membentuk spora. Dengan menembus dinding sel dari sel induknya, spora dapat berkembang menjadi sel baru. Proses ini disebut *sporulasi*.

*Contoh:* Perkembangbiakan secara sporulasi terdapat pada jamur roti.

#### d) Perkembangbiakan vegetatif

Perkembangbiakan vegetatif ialah perkembangbiakan melalui satu organ dari tubuh makhluk hidup itu yang diberi fungsi untuk reproduksi. Organ itu dapat berupa akar, batang, daun ataupun umbinya. Sebagian besar tumbuhan mengikuti cara ini.

*Contoh:* kentang, pada "mata" dari umbi kentang dapat tumbuh "anaknye". Singkong dengan batang. Tumbuh-tumbuhan dapat juga berkembang atas bantuan manusia seperti cangkok, stek dan selagainya. Hal itu juga dapat dilakukan pada pohon mangga maupun jeruk, meskipun pada tumbuhan ini dapat secara alami melalui cara seksual atau dari buahnya.

Keuntungan cara vegetatif buatan ini ialah akan mendapatkan individu baru yang identik dengan induknya, sedangkan pada seksual dapat berubah.

#### e) Seksual

Pada pembiakan seksual terjadi pembentukan individu baru melalui peleburan atau perpaduan antara dua sel kelamin. Berarti di sini diperlukan dua sel induk untuk menghasilkan satu keturunan atau lebih. Cara ini berlaku, baik untuk tumbuhan maupun hewan, dan terjadi bila ada dua sel kelamin bersatu. Selama proses berlangsung, kedua inti bersatu demikian pula sitoplasmanya. Dengan cara seksual, dapat dihasilkan banyak variasi sifat-sifat individu baru.

*Contoh:* tumbuhan mempunyai sifat AaBb. Dengan cara vegetatif keturunannya tetap mempunyai sifat AaBb. tetapi dengan seksual keturunannya dapat bervariasi menjadi AABB, AaBB, Aabb, aabb, dan seterusnya. Inilah salah satu terjadinya variabilitas makhluk hidup atas dasar sifat keturunannya.

Dua sel kelamin yang menjadi satu disebut gamet. Hasil peleburan dari gamet disebut *zygot*.

Ada beberapa tipe dari perkembangbiakan seksual sebagai berikut.

##### a) Konjugasi

Apabila dua sel khusus mempunyai bentuk yang sama, disebut *isogamet*. Proses peleburan dua isogamet disebut *konjugasi*.

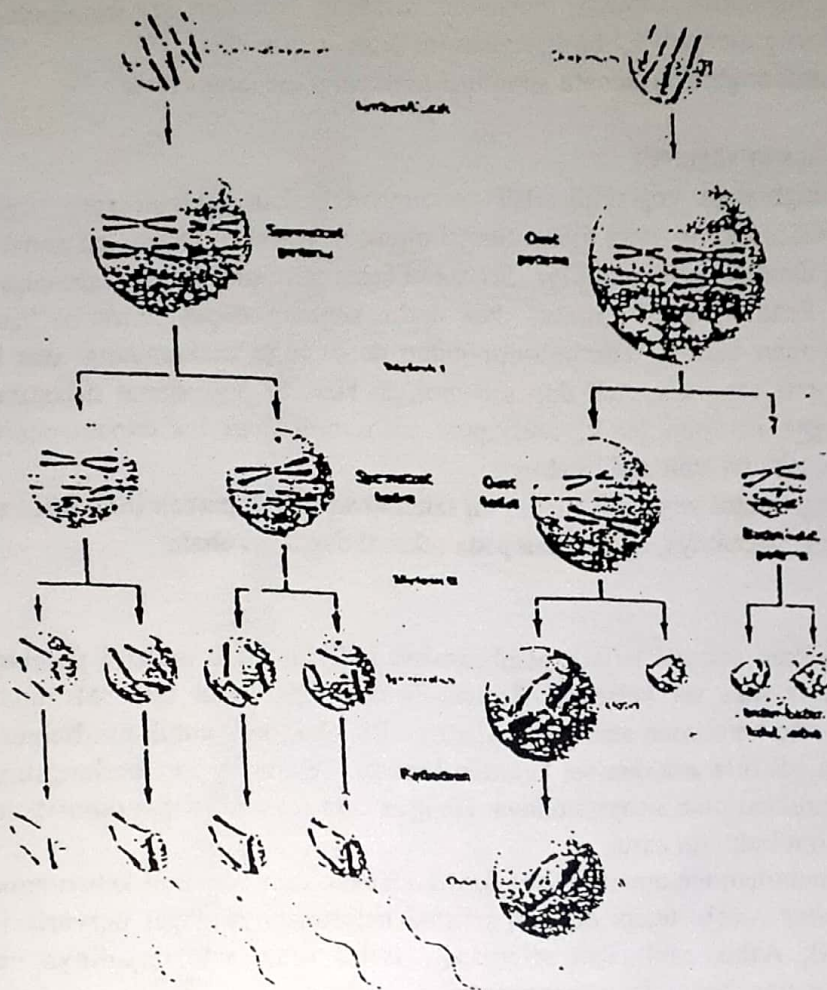
*Contoh:* Tumbuhan dan hewan tingkat rendah.

##### b) Fertilisasi

Apabila dua sel khusus mempunyai bentuk yang tidak sama disebut *heterogamet*. Proses peleburan dua heterogamet disebut *fertilisasi*, dan terbentuklah *zigot*.

*Contoh:* Pada tumbuhan dan hewan tingkat tinggi.

Zigot kemudian membelah seperti individu bersel satu. Perbedaannya, semua sel berlekatan satu dengan lainnya dan merupakan awal dari pertumbuhan dan perkembangan individu. Setiap fase pertumbuhan mengikuti pola tertentu sampai menjadi organisme yang dewasa.



Gambar di atas ini menunjukkan perkembangbiakan cara fertilisasi dari sebuah sel telur. Tampak pembelahan sel tanpa penambahan jumlah protoplasma sehingga besarnya tetap.



## C. Keanekaragaman Makhluk Hidup

**D**alam Kegiatan Belajar 2 ini, Anda akan diajak untuk dapat memalami struktur sel, bagian-bagian sel, perbedaan sel hewan dengan tumbuhan, bagaimana sel dapat berkembang biak, bagaimana proses evolusi sampai terjadi adanya keanekaragaman kehidupan di bumi ini.

### 1. Sel

Sel adalah satu unit kehidupan yang terkecil. Sel memenuhi syarat untuk dapat dikatakan hidup, karena ia mampu mengadakan metabolisme, mampu mempertahankan diri dan mampu untuk berkembang biak.

#### a. Sel sebagai suatu Unit Kehidupan

Kata sel sebagai istilah dalam dunia biologi diungkapkan pertama kali oleh Robert Hooke (1665). Dengan menggunakan mikroskopnya yang sederhana, ia mengamati serpihan gabus dan kayu. Ia mendapatkan gambaran adanya "deretan-deretan" kamar kecil yang mengingatkan ia pada sel penjara kerajaan.

#### b. Teori tentang Sel

Teori ini baru muncul pada tahun 1839 oleh M. Schleiden seorang ahli botani dan T. Schwann seorang ahli zoologi yang intinya, semua jasad hidup terdiri dari sel. Adapun Virchow (1858) mengemukakan bahwa semua sel berasal dari sel sebelumnya.

#### c. Bentuk dan Ukuran Sel

Bentuk dan ukuran sel sangat bervariasi, karena bentuk sel itu tergantung dari fungsinya. Bentuk sel pada kulit adalah pipih, pada urat saraf bulat panjang dan pada darah seperti diskus (piringan). Namun ada kecenderungan umum bahwa sel mempunyai bentuk yang sama yaitu bulat telur.

Ukuran sel juga bervariasi. Sel sebagai bagian dari organ hewan atau manusia ukurannya sangat kecil yaitu kira-kira bergaris tengah 0,01 mm. Sebuah sel dari suatu bakteri jauh lebih kecil lagi yaitu  $\pm 0,0005$  mm, yang tentu saja tak dapat diamati dengan mata telanjang, karena batas kemampuan mata kita hanya 0,1 mm. Namun ada sel yang dengan mudah dapat diamati dengan mata telanjang, misalnya telur ayam. Sel yang berupa telur ini ada yang berisi 7 liter putih telur, yaitu telur burung *aepyornis* dari Madagaskar.

#### d Struktur Sel

Pada hakikatnya, sel terdiri dari protoplasma yang dilindungi oleh lapisan yang disebut membran. Protoplasma terdiri dari dua bagian yaitu bagian luar yang agak cair disebut sitoplasma dan bagian dalam yang agak padat disebut nukleoplasma.

Contoh: Sel hewan

Protoplasma terdiri dari unsur-unsur C (18%), H (10%), O (65%), N (3%), P (1%), dan sejumlah kecil unsur-unsur lain termasuk S, Ca, dan Fe. Protoplasma juga berisi 70% air, protein, gula, tepung, lemak dan macam-macam garam. Protoplasma sering disebut dasar hidup ragawi dan kimiawi. Protoplasma adalah jembatan antara hidup dan tidak hidup.

#### 2. Bagian-bagian dari Sel

##### 1) Inti Sel

Inti sel adalah badan yang bulat, biasanya terletak dekat pusat sel, terpisah dari sitoplasma yang dibatasi oleh membran inti. Protoplasma dari inti lebih padat dari sitoplasma yang mengelilinginya. Ini dapat diperlihatkan dengan memberikan zat warna pada sel sehingga inti akan berwarna lebih terang. Di samping mengatur kegiatan sel, inti memegang peranan penting dalam proses pembelahan sel atau reproduksi sel. Di dalam inti terdapat material bergranula yang disebut khromatin, yang mengatur penyebaran sifat-sifat keturunan. Di dalam inti terdapat pula satu atau lebih badan yang padat yang disebut nukleolus. Fungsi nukleolus tidak diketahui. Ia hilang selama sel membelah.

##### 2) Sitoplasma

Sitoplasma adalah protoplasma yang terletak di luar inti sel, dan di sebelah dalam dari membran sel. Sitoplasma menjalankan semua kegiatan hidup kecuali reproduksi. Di dalam sitoplasma terdapat ruangan-ruangan berisi cairan yang disebut vakuola. Cairan itu disebut cairan sel yang terdiri atas makanan yang larut dan zat-zat cair.

Pada sel tanaman hijau, terdapat badan-badan kecil yang disebut *khloroplast*. Khloroplast berisi *khlorofil* yang berguna untuk membuat makanan. Khlorofil adalah salah satu perbedaan dasar antara sel tanaman dan sel hewan. Sel hewan tidak mempunyai khlorofil sehingga sel hewan tidak membuat makanan. Beberapa sel tanaman mempunyai struktur yang kecil di dalam khloroplastnya yang disebut *pirenoid* yang ada hubungannya dengan pembentukan makanan dan penyimpanan tepung.

##### 3) Membran Sel

Fungsi dari dinding sel ialah melindungi bagian dalam dari sel dan menetapkan bentuk dan kekakuan sel. Sebelah dalam dari dinding sel terdapat plasma atau membran sel. Membran sel mengatur jalannya material ke dalam dan ke luar sel.

#### f. Persamaan dan Perbedaan antara Sel Hewan dengan sel Tumbuh-tumbuhan

Struktur dasar semua sel adalah sama, yaitu terdiri dari membran, sitoplasma dan nukleoplasma.

##### g) Perbedaannya antara lain sebagai berikut.

Membran pada tumbuhan berdinding kaku, terbuat dari selulosa sedangkan pada hewan tidak berdinding sel.

- 2) Dalam sitoplasma sel tumbuhan terdapat kloroplast.
- 3) Sedangkan pada hewan terdapat sentrosoma yang berfungsi dalam pembelahan sel. Sentrosoma ini tak terdapat pada sel tumbuhan.

### g. Ikhtisar

No	Jenis Bagian dari Sel Sentral	Hewan Sentral	Tumbuhan Sentral
1	Membran Sel/Plasma	+	+
2	Dinding Sel	-	+
3	Sitoplasma	+	+
4	Kloroplast	-	+
5	Butir-butir pati	-	+
6	Vakuola	+	+
7	Nukleoplasma dengan membran nukleusnya	+	+
8	Khromatin	+	+
9	Nukleolus	+	+
10	Sentrosoma	+	+

## 2. Persamaan antara Makhluk-makhluk Hidup

### a. Unit sederhana

Dari pelajaran mengenai sel, tampak adanya persamaan dasar pada semua makhluk hidup. Ahli-ahli ilmu pengetahuan percaya bahwa persamaannya adalah sebuah sel yang sederhana merupakan nenek moyang yang sama bagi macam-macam bentuk kehidupan yang ada sekarang.

### b. Seleksi alam

Kira-kira 120 tahun yang lalu, Charles Darwin seorang ahli ilmu pengetahuan bangsa Inggris mengemukakan suatu teori evolusi yang disebut Teori Seleksi Alam. Ia mengatakan bahwa adanya spesies baru secara berangsur-angsur berasal dari spesies sebelumnya, melalui proses seleksi alam.

### c. Persamaan antara embrio-embrio

Embrio adalah tanaman atau hewan muda pada tingkatan perkembangan sebelum pencecambahan, penetasan atau lahir. Hasil studi berbagai macam embrio hewan pada umur yang berbeda, yaitu pada tingkatan perkembangan awal mempunyai bentuk yang sama sehingga sulit untuk membedakan embrio ayam, kelinci atau manusia.

## 3. Evolusi

Dari kehidupan masa lalu, diperoleh suatu kenyataan bahwa pada batuan yang lebih tua terdapat fosil makhluk hidup yang sederhana. Sedangkan pada batuan yang lebih muda terdapat fosil dari makhluk hidup yang lebih sempurna. Kenyataan ini menunjukkan adanya perubahan yang perlahan-lahan dan terus-menerus dari makhluk hidup di muka

bumi ini. Perubahan ini ternyata tidak hanya perubahan akan kompleksitas susunan tubuhnya tetapi juga terbentuknya berbagai variasi atau keanekaragaman kehidupan.

Perubahan secara bertahap dari semua makhluk hidup itu, terjadi perlahan dan terus-menerus dan kita sebut sebagai evolusi. Adanya evolusi tidak hanya dapat dilihat dari penelitian fosil-fosil tetapi juga dapat dilihat secara fisik atau nyata dan adanya persamaan serta perbedaan pada embrionya (embrio = janin) atau perbandingan faal (fisiologis) tubuhnya.

#### 4. Sejarah Kehidupan

Sejarah kehidupan di bumi memang disusun berdasarkan temuan fosil yaitu sebagai berikut.

a. **Zaman Azoikum**

Zaman sebelum ada kehidupan, kira-kira lebih dari lima ribu juta tahun yang lalu.

b. **Zaman Archeozoikum atau zaman purba**

Pada zaman ini, bumi dalam keadaan cukup dingin, ada benua, samudera, sungai dan gunung. Kira-kira 2 sampai 3,5 ribu juta tahun yang lalu.

c. **Zaman Proterozoikum**

Suatu zaman di mana hidup berbagai binatang bersel satu atau protozoa yang jumlahnya kira-kira seribu juta.

d. **Zaman Paleozoikum, disebut juga zaman primer**

Zaman ini terjadi kira-kira 200-600 juta tahun yang lalu. Zaman Paleozoikum terbagi dalam anak-anak zaman atau masa yaitu (mulai dari yang tertua), Kambrium, Ordovisian, Silurian, Devonian, Karboniferos, dan Permian. Pada zaman ini terdapat pula (mulai dari yang tertua) binatang laut tak bertulang belakang, ikan, tumbuhan darat, amphibi, inskta, dan reptil besar.

e. **Mezozoikum, disebut juga zaman sekunder**

Zaman ini terjadi kira-kira 230 - 135 juta tahun yang lalu. terbagi dalam tiga anak zaman yaitu:

- *Trias*, di mana terdapat reptil besar seperti dinosaurus.
- *Yuras*, mulai ada burung dan binatang mamalia (menyusui).
- *Kreta*, mulai musnahnya dinosaurus dan ekspansi angiosperma.

f. **Zaman Kenozoikum atau Neozoikum atau zaman baru**

Terjadi kira-kira dari 70 juta tahun yang lalu sampai sekarang. Terbagi dalam dua anak zaman yaitu:

- 1) *Zaman tertier* (70 - 10 juta tahun yang lalu). Pada zaman tertier terdapat perkembangan binatang menyusui sampai ada hutan dan buah-buahan serta kera.
- 2) *Zaman kuartar* dari 6 juta tahun yang lalu sampai sekarang.

Zaman kuarter terbagi dua yaitu:

- ↳ *Pleistosen* atau *deluvium*, di mana hidup manusia purba.
- ↳ *Holocen* atau *alluvium*, di mana hidup beraneka makhluk hidup seperti yang kita lihat sekarang.

## 5. Teori Evolusi

Sejarah bumi dengan fosil-fosilnya itu bukan teori tetapi fakta-fakta. Teori evolusi mencoba menjawab mengapa terjadi evolusi.

### a. Teori Lamarck

Ilmuwan Perancis inilah yang pertama kali membagi biologi menjadi *botani* (ilmu tumbuhan) dan *zoologi* (ilmu hewan). Ia mengakui adanya evolusi, karena Lamarck berpendapat bahwa evolusi itu disebabkan karena adaptasi. Sifat-sifat baru didapat atas pengaruh lingkungan, kemudian diteruskan pada keturunannya.

*Contoh:*

Jerapah yang sekarang berleher panjang itu, dulu berleher pendek. Oleh karena mereka suka makan pucuk-pucuk daun dan pucuk daun yang di bawah makin langka, maka ia selalu menjulurkan lehernya untuk meraih pucuk daun yang di atas. Sehingga leher jerapah lambat laun menjadi panjang.

### b. Teori Darwin

Berbeda dengan pandangan Lamarck, Darwin menganggap bahwa perubahan panjang leher jerapah tadi disebabkan oleh seleksi alam. Maksudnya, hanya jerapah berleher panjang saja yang bertahan hidup sedangkan jerapah berleher pendek musnah, mungkin karena tak kebagian makanan. Gagasannya tentang evolusi ini ditulis dalam buku yang berjudul *The Origin of Species by Means Natural Selection*.

Dalam buku ini Darwin mengemukakan dua teori pokok sebagai berikut.

- 1) *Spesies yang hidup sekarang berasal dari spesies yang hidup di masa lampau*  
Spesies adalah suatu jenis organisme yang mempunyai hubungan struktural dan fungsional sama. Hubungan seksual dari spesies yang sama dapat menghasilkan keturunan dan bila lain spesiesnya tidak menghasilkan keturunan.
- 2) *Evolusi terjadi melalui seleksi alam*  
Seleksi alam itu terjadi karena macam-macam sebab yang saling menunjang antara lain:
  - a) *Adanya variasi*  
Tidak ada dua individu yang mempunyai sifat-sifat yang benar-benar sama. Dalam suatu spesies pun terdapat berbagai variasi, yang berarti selalu terbentuk variasi baru dari hasil keturunannya.
  - b) *Kelebihan produksi*  
Adanya kecenderungan berkembang biak terus sehingga populasinya sangat besar.

c) *Struggle for existence*

Adanya perjuangan spesies untuk mempertahankan hidupnya.

d) *Inheritance of the variations*

Individu-individu yang sesuai dengan lingkungannya saja yang akan dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya.

e) *Survival of the fittest*

Individu yang kuatlah yang akan dapat bertahan hidup.

c) **Teori Darwin-Weismann**

Pada zaman Darwin belum diketahui tentang khromosom dan gen sebagai asal dari sifat keturunan. Weismann melengkapi Teori Darwin dengan pernyataan sebagai berikut.

Evolusi merupakan masalah genetika, yakni menyangkut masalah bagaimana diwariskannya gen-gen melalui sel-sel kelamin.

Sel-sel tubuh tidak dipengaruhi oleh lingkungan. Jadi evolusi adalah gejala seleksi alam terhadap faktor alam genetika.

a) **Teori De Vries**

Botanikus Belanda ini mengungkapkan teorinya bahwa perubahan-perubahan pada evolusi itu disebabkan oleh adanya mutasi gen. Mutasi adalah perubahan sempurna yang timbul dalam gen yang mengakibatkan perubahan sifat pada keturunannya.

Ia memadukan teori mutasinya dengan Teori Darwin sebagai berikut.

Organisme dengan ciri pembawaan yang baru akan tampak dengan segera (bukan perlahan-lahan). Ciri pembawaan yang baru ini merupakan hasil dari perubahan atau mutasi di dalam gen.

Mutasi dapat membuat organisme terpengaruh atau tidak terpengaruh oleh lingkungan.

Sebagai hasil dari seleksi alam, organisme-organisme dengan mutasi yang baik kebanyakan dapat hidup lebih lama.

Sejak hasil mutasi dapat diturunkan, perubahan-perubahan dapat diharapkan akan berlangsung terus dan spesies dengan sifat yang baru akan terus terbentuk.

Teori yang dapat di terima oleh para biolog saat ini adalah Teori Darwin yang dimodifikasi oleh De Vries ini.

## 6. Pengelompokkan Makhluk Hidup

Sebelum kita menjelaskan bentuk dan ukuran dari suatu organisme, biasanya kita membuat gambaran apakah ia tumbuhan atau hewan, misalnya perkataan pohon. Orang sudah bisa mengenalnya bahwa yang dimaksud adalah tanaman. Tetapi apabila terdapat banyak pohon, perkataan pohon saja kurang memberi gambaran yang jelas pohon yang mana yang dimaksud.

## A. Sistem Klasifikasi

Ahli ilmu pengetahuan memperkirakan bahwa di bumi ini terdapat jutaan organisme hidup. Untuk dapat mengklasifikasikan dengan seksama, harus dipikirkan adanya susunan sistematis. Caranya, setiap spesies (hewan atau tanaman) diberi nama dua kata.

Kata pertama adalah nama genus di mana huruf pertamanya harus ditulis dengan huruf besar dan kata yang kedua adalah penunjuk spesies atau *epitheton specificum*.

Misalnya:

*Homo* adalah nama genus dan *sapiens* adalah penunjuk spesies. Sedangkan *Homo sapiens* adalah nama spesies yang selalu terdiri atas dua kata.

Spesies adalah kumpulan tanaman atau hewan yang mempunyai banyak persamaan dan dapat mengadakan perkembangbiakan satu sama lain. Kumpulan spesies yang mempunyai banyak persamaan disebut familia dan seterusnya. Sistem binominal dari Linnaeus ini dipakai oleh ahli biologi.

## b Dunia Tanaman dan Hewan

Semua organisme hidup dibagi dalam dua bagian besar, ialah dunia tanaman dan dunia hewan. Kemudian dibagi lagi dalam phylum (divisio pada tanaman), kelas, ordo, familia, genus, spesies, dan ras (varietas pada tanaman).

## C. Dunia Tanaman

### Divisio 1 : *Thallophyta*

Divisi ini terdiri dari tanaman yang sederhana. Ada yang uniseluler, ada pula yang multiseluler. *Thallophyta* dibagi dalam dua subdivisio yaitu ganggang dan jamur.

#### Subdivisio 1 : Ganggang

Ia dapat membuat makanan sendiri, karena mempunyai khlorofil. Dibagi dalam empat kelas berdasarkan warna yakni ganggang biru hijau, ganggang hijau, ganggang cokelat, dan ganggang merah.

#### Subdivisio 2 : Jamur

Jamur merupakan tanaman tingkat rendah yang tidak mempunyai khlorofil, tidak dapat membuat makanan sendiri, hidupnya tergantung dari organisme lain atau organisme mati. Bakteri termasuk jamur. Beberapa di antaranya ada yang hidup sebagai parasit, ada pula yang hidup pada organisme yang mati yang disebut *saprofit*.

Ragi adalah jamur yang berguna bagi manusia. Begitu tanaman ragi memperbanyak diri, ia mengeluarkan sekresi kimia yang dapat mengubah gula menjadi alkohol dan  $\text{CO}_2$  (karbon dioksida). Proses ini disebut fermentasi.

### Divisio 2 : *Briophyta*

Yang termasuk divisio ini ialah tanaman dengan daun-daun yang sederhana dan bagian-bagian yang menyerupai akar dan batang. *Briophyta* atau lumut dibagi dalam lumut hati dan lumut daun. Mereka mempunyai khlorofil.

### Divisio 3 : *Pterodophyta*

Divisi ini merupakan tingkatan yang lebih maju, yakni sudah mempunyai daun, batang dan akar yang sebenarnya. Cara berkembang biak belum menggunakan biji, tetapi masih menggunakan spora.

### Divisio 4 : *Spermatophyta*

Divisi tumbuhan yang paling maju tingkat keahirannya, antara lain yakni rumput-rumputan dan tanaman polongan. Berkembang biak dengan biji, mempunyai sistem perakaran yang luas, untuk menyerap air dan mineral-mineral.

#### Suodivisio 1: *Gymnospermae*

Tanaman berbelah atau biji terbuka. Salah satu ordo yang terpenting ialah *coniferae*, suatu jenis tanaman yang menghasilkan *conus*. Belahan-biji yang terbuka itu terdapat pada *conus* betina.

#### Subdivisio 2: *Angiospermae*

Subdivisio yang paling tinggi tingkatannya. Jumlahnya kira-kira 140.000 spesies dalam bentuk semak, perdu dan pohon yang mempunyai organ reproduksi yang disebut bunga. Biji merupakan hasil perkembangbiakan seksual yang terdapat di dalam buah.

#### Kelas 1 : Monokotil

Tanaman berbelah satu. Tulang daun panjang dan sejajar atau tersusun berdekatan satu sama lain. Tanaman monokotil tersebut ialah familia Liliaceae, Orchidaceae, Iridaceae, Graminæ, Palmae, dan Musaceae.

#### Kelas 2 : Dikotil.

Tanaman yang termasuk dikotil ialah tanaman berbiji belah dua. Tulang daunnya menyirip atau menjari. Tanaman dikotil antara lain adalah familia Leguminosae, Compositae, Labiatae, dan Solanaceae.

## 4. Dunia Hewan

Dunia hewan terdiri atas *Avertebrata* yaitu hewan yang tidak mempunyai tulang belakang dan *Vertebrata* yang mempunyai tulang belakang.

### Phylum 1 : *Protozoa*

Hewan bersel satu yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Antony van Leeuwenhoek adalah orang yang pertama-tama membuat deskripsi tentang protoplasma yang kita kenal sebagai bentuk yang sederhana dari kehidupan hewan. Protozoa ditemukan di air yang menggenang, danau dan laut.

#### Kelas 1 : Sarcodina

Genus *Amuba* adalah salah satu bentuk yang sederhana dari phylum *Protozoa* yang merupakan massa protoplasma yang tidak mempunyai bentuk tertentu. Pada waktu mencari makanan, makanan segera dikelilinginya dan dicernakan oleh vakuola makanan.



Kelas 2 : Infusoria.

Genus *Paramecium* ini mempunyai rambut-rambut getar yang disebut *silia*, yang menyelimuti bagian luar sel yang digunakan untuk bergerak. Ia mempunyai dua vakuola kontraktil untuk mengeluarkan sisa cairan dan vakuola makanan untuk mencernakan makanan.

Kelas 3 : Mastigophora.

*Euplena* mempunyai cambuk panjang yang disebut *flagelum*. Genus ini telah menimbulkan persoalan dalam klasifikasi, karena mempunyai klorofil, jadi dapat membuat makanan sendiri dan termasuk golongan tanaman. Oleh karena tidak mempunyai kulit, bergerak dengan bantuan *flagelum* dan tidak mempunyai dinding sel, sehingga (biasanya) digolongkan dalam dunia hewan.

Kelas 4 : Sporozoa.

Sporozoa adalah golongan parasit, ada yang hidup dalam tubuh manusia atau hewan. Kuman penyakit yang menyebabkan malaria termasuk dalam kelas ini.

Phylum 2 : *Porifera*

Yang termasuk phylum ini ialah hewan bunga karang. Spons yang biasa kita pakai untuk mandi adalah binatang yang sel-sel hidupnya sudah mati dan hanya tinggal skeletnya. Spons atau hewan bunga karang adalah hewan bersel banyak. Masing-masing sel berhubungan atau tergantung satu sama lain. Kebanyakan dari spons, hidup di lautan pada air garam yang panas, tetapi beberapa hidup di danau dan sungai air tawar.

Phylum 3 : *Coelenterata*

Hewan yang menarik ini sering disebut juga sebagai bunga laut, contoh yang umum adalah *Jelly Fish* (ubur-ubur) yang dapat memberikan sengatan yang parah. Di dalam air, ubur-ubur tampaknya seperti mangkuk yang tembus cahaya.

Phylum 4 : *Platyhelminthes*

Yang termasuk phylum ini ialah cacing gepeng yang perkembangannya kurang maju dibandingkan dengan cacing-cacing lainnya, karena saluran pencernaannya hanya mempunyai satu lubang, di mana pengambilan makanan dan pengeluaran zat-zat sisa terjadi melalui lubang tersebut. Contohnya ialah cacing pita (*Taenia solium*) yang sering terdapat pada babi. Bila daging babi dimakan manusia dengan tidak dimasak terlebih dahulu, kita akan berkembang menjadi cacing pita dewasa di dalam usus halus.

Phylum 5 : *Nemathelminthes*

Cacing bundar termasuk dalam phylum ini. Pada umumnya merupakan parasit. Saluran pencernaannya mempunyai dua lubang, ia tidak bersegmennya. Tubuhnya terdiri dari tiga lapisan sel. Genus dari cacing ini adalah cacing tambak. Larva cacing hidup dalam tanah yang lembab atau panas, dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui bagian kulit kaki manusia yang tipis atau bagian tubuh lain yang berhubungan dengan tanah.

Phylum 6 : *Annelida*

Ita merupakan cacing yang kompleks dengan struktur tubuh yang sudah maju. Contohnya adalah cacing tanah. Sering melekat pada ikan, karena ikan itu digunakan sebagai tuan rumah (*hospes*).

Phylum 7 : *Echinodermata*

Hewan yang termasuk Echinodermata ialah bintang laut. Ia mempunyai kulit yang berduri. Tubuhnya tersusun seperti roda atau bintang yang radial simetris, mempunyai jaringan saraf, tetapi tidak mempunyai otak.

Phylum 8 : *Mollusca*

Mollusca adalah hewan yang bertubuh lunak, terdapat di darat, laut dan di air tawar. Kira-kira 90.000 spesies telah diidentifikasi. Hewan-hewan ini berbadan lunak dan tidak bersegmen. Kebanyakan mempunyai kulit pelindung. Kerang, tiram dan remis adalah hewan *bivalvula* (mempunyai dua katup).

Phylum 9 : *Arthropoda*

Spesies dari phylum ini paling banyak, sekitar 70.000 telah diidentifikasi dan merupakan Avertebrata yang paling kompleks. Sifat-sifat dari phylum ini, mempunyai tiga pasang atau lebih kaki tambahan. Kelas dari phylum ini adalah Crustacea, Myriapoda, Arachnoidea dan Insekta.

Kelas 1 : Crustacea

Hewan ini sering disebut udang karang. Kepala dan dadanya berhubungan menjadi satu. Bernafas dengan insang, terdapat kulit keras yang menyelimuti tubuhnya, mempunyai lima pasang kaki dan dua pasang antena atau alat peraba.

Kelas 2 : Myriapoda

Berbentuk seperti cacing dan berkaki banyak. Hewan yang kecil ini mempunyai eksoskelet yang lunak. Tiap-tiap segmen dari tubuh mempunyai 1 atau 2 pasang kaki.

Kelas 3 : Arachnoidea

Tubuhnya terdiri atas dua bagian yaitu pertama bagian kepala dan dada menjadi satu dan kedua bagian perut atau abdomen. Mempunyai 4 pasang kaki. Kalajengking, laba-laba, kutu dan kepiting termasuk kelas Arachnoidea.

Kelas 4 : Insekta

Dari phylum Arthropoda, insekta merupakan kelas yang terbesar. Insekta yang termasuk kelas ini adalah lalat, nyamuk, kupu-kupu, belalang, semut dan kumbang.

## Phylum 10 : Chordata

Phylum yang terakhir dalam dunia hewan adalah Chordata. Semua hewan dari phylum ini mempunyai *notocord* atau tulang belakang. Chordata dapat dibagi dalam empat subphylum yakni:

1. Hemichordata,
2. Urochordata,
3. Cephalochordata,
4. Vertebrata.

Dari subphylum Cephalochordata terdapat genus *Amphioxus* yang berbentuk lancet, menyerupai ikan dan tidak mempunyai tulang punggung yang sebenarnya.

Phylum vertebrata atau *ornata* merupakan subphylum yang paling dikenal dan paling dominan.

Ciri-ciri vertebrata, adalah sebagai berikut.

1. Sistem syarafnya sudah mengalami perkembangan yang sangat maju dengan otak besar yang diliputi oleh rongga tengkorak. Tengkorak mempunyai endoskelet terdiri atas:
  - a. aksial skelet termasuk tengkorak dan tulang belakang;
  - b. appendicular skelet termasuk tulang bahu.
2. Memiliki tulang pectoral dan gelang punggung (*pelvic*).
3. Jantung sudah beruang-ruang.
4. Sistem sirkulasi sudah maju beserta darah merahnya.
5. Sumsum tulang belakang (*medula spinalis*).
6. Rongga-rongga badan, satu berisi sistem syaraf, yang satu lagi berisi rongga-rongga lainnya.

Vertebrata terdiri atas lima kelas ialah:

1. Ikan (*pisces*)
2. Ampibi (*amphibia*)
3. Reptil (*reptilia*)
4. Burung (*aves*)
5. Hewan menyusui (*mammalia*)

Manusia termasuk dalam kelas mamalia. Pembagian vertebrata ini atas dasar suhu badan, cara bernafas, mekanisme reproduksi dan alat pelindung tubuh.

### Kelas 1 : Pisces (Ikan)

Ikan hidup di air tawar atau laut. Ikan merupakan hewan berdarah dingin dengan jantung beruang dua. Tubuhnya diliputi oleh sisik yang berlumpur dan mempunyai skelet dari tulang. Pada satu ketika, ikan dapat menghasilkan telur beribu-ribu. Fertilisasi terjadi ekstem. Ikan bernafas dengan insang, menerima oksigen dari udara yang larut dalam air. Ikan juga mempunyai gelembung udara. Gelembung ini berisi udara dan menolong ikan dalam mengapung dan menjaga keseimbangan.

## Kelas 2 : *Amphibia*

Nama ini diambil dari kenyataan bahwa hewan-hewan ini hidup dalam bentuk larva di dalam air, dan sesudah dewasa dapat hidup di darat. Amphibia berdarah dingin. Fertilisasi terjadi secara eksten, yakni telurnya diletakkan dalam air. Dari bentuk larva kemudian berubah menjadi bentuk kecebong.

Amphibia dewasa mempunyai jantung dengan tiga ruangan dan kulit yang telanjang. Organ pernafasan berubah dari insang menjadi paru-paru. Amphibia dewasa masih dapat hidup di air atau sekitarnya, tetapi kemampuan untuk hidup di darat merupakan suatu kemajuan jika dibandingkan dengan ikan.

Di samping kodok (*rana*), terdapat pula katak (*bufo*) dan salamander. Amphibia dapat menolong manusia dengan memakan insekta. Oleh sebagian orang, kaki kodok sering di makan.

## Kelas 3 : *Reptilia*

Reptilia adalah hewan berdarah dingin. Proses perkembangannya tidak melalui tingkatan kecebong. Beberapa ada yang hidup di air, tetapi sebagian besar hidup di darat.

Fertilisasi terjadi secara intern, berarti di dalam tubuh hewan betina. Dalam beberapa hal ada yang melahirkan, ada pula melalui telur yang ditetaskan. Sepanjang hidup, reptil bernafas dengan paru-paru. Jantung beruang tiga, kecuali buaya mempunyai empat ruang. Kulit diliputi sisik. Reptil dapat menolong manusia dengan memakan insekta.

## Kelas 4 : *Aves (burung)*

Aves merupakan kelas pertama yang berdarah panas. Suhu badan tetap. Hal itu berarti, tidak dipengaruhi oleh keadaan luar. Bernafas dengan paru-paru. Jantung beruang empat. Kulitnya berbulu dan kakinya berisisik. Burung mempunyai sayap. Paruh tidak bergigi, kebanyakan dapat terbang. Telur diliputi oleh kulit telur.

## Kelas 5 : *Mamalia*

Mamalia merupakan kelas yang paling maju dalam perkembangannya. Berdarah panas. Jantung beruang empat. Bernafas dengan paru-paru, berambut, ber dinding diafragma dan juga memiliki tujuh ruas tulang leher. Di Australia ada satu ordo yang disebut platypus yang bertelur di sungai.

Ordo-ordo yang lain:

Ordo 1 : Mamalia tidak bergigi misalnya Armadillo.

Ordo 2 : Marsupilia, misalnya kangguru yang membawa anak yang masih muda di dalam kantong perutnya untuk beberapa waktu.

Ordo 3 : Mamalia yang menyerupai ikan misalnya ikan paus dan ikan lumba-lumba.

Ordo 4 : Rodentia adalah hewan pengerat, misalnya tikus dan kelinci.

Ordo 5 : Hewan pemakan serangga misalnya tikus mendok.

Ordo 6 : Mamalia bersayap misalnya kelelawar.

Ordo 7 : Carnivora adalah hewan pemakan daging, yang mempunyai gigi taring untuk mencabik jaringan, misalnya harimau, seruang, singa, anjing, anjing laut, serigala, dan kucing.

Ordo 8 : Mamalia berkuku. Hewan ini mempunyai gigi mojar yang kuat dengan permukaan yang lebar terutama berfungsi untuk menggiling. Kebanyakan adalah pemakan tanaman (*herbivora*) misalnya onta, jerapah, sapi, kuda, zebra, rhinoceros dan gajah.

Ordo 9 : Primata. Mamalia yang berjalan tegak dan merupakan ordo yang paling maju. Mamalia yang termasuk ordo ini ialah kera, orang utan, baboon, gorila, simpanse, dan manusia. Perbedaan utama ialah syaraf yang sudah berkembang. Otak, terutama *cerebrum* sudah berkembang. Selain itu, mempunyai lima jari kaki dan tangan dengan ibu jarinya mempunyai kedudukan sedemikian rupa untuk memegang sesuatu bersama jari-jari yang lain.

#### 5. Klasifikasi Manusia

Manusia dimasukkan dalam dunia hewan di Ordo Primata

### 7. Sejarah Perkembangan Manusia

Manusia adalah makhluk hidup yang mempunyai derajat paling tinggi. Makhluk hidup yang berbulu dan berakal hanyalah manusia. Namun demikian, ada ciri-ciri manusia yang juga dimiliki hewan, seperti adanya rambut, menyusukan anak, maupun mempunyai kelenjar keringat yang dimiliki oleh golongan mamalia.

Apabila kita ingin menyusun tentang asal mula manusia, jalan yang harus ditempuh adalah mempelajari fosil-fosil yang terdapat di bumi. Ketika Darwin mengemukakan beberapa teori evolusinya, Darwin sendiri belum menemukan fosil yang berhubungan dengan sejarah asal mula manusia. Pada tahun 1856, beberapa tahun sebelum buku Darwin tentang terjadinya spesies diterbitkan, di Jerman (di lembah *Neander*) secara kebetulan ditemukan fosil tengkorak manusia. Perbedaan dengan tengkorak manusia sekarang terletak pada *struktur tulang atap tengkorak, susunan geligi dan tonjolan tulang keningnya*. Oleh ahli-ahli biologi tengkorak tersebut dinyatakan sebagai manusia purba yang diberi nama manusia *Neanderthal* dengan volume otaknya 1.450 cc, dan hidup sekitar 1.000 - 4.000 tahun yang lalu.

Pada tahun 1871 Darwin menerbitkan buku yang berjudul *The Descent of Man* tentang asal mula manusia. Pada masa Darwin, fosil masih belum merupakan bahan penelitian yang meyakinkan. Darwin mencari hubungan kekerabatan antara manusia dengan primata. Di dalam klasifikasi, manusia sebagai *Homo sapiens* termasuk ordo primata.

Persamaan ciri-cirinya adalah sebagai berikut.

- a. Mata frontal menghadap ke muka.
- b. Ibu jari pada tungkai depan dapat digerakkan ke segala jurusan.
- c. Letak kelenjar susu di dada.
- d. Bentuk rahim simpleks.

Kaki manusia yang lebih panjang dari lengannya merupakan suatu hal yang membedakannya dengan primata lainnya. Kaki manusia mempunyai lekukan besar dengan ibu jari yang sebidang letaknya dengan jari-jari lainnya yang sangat berbeda dengan kaki kera. Kaki manusia sesuai untuk berjalan atau berlari, tetapi tidak sesuai untuk berpegangan pada dahan-dahan pohon.

Kepala manusia terletak pada tulang belakang, sehingga memungkinkan manusia untuk dapat melihat lurus ke depan jika berdiri tegak. Otak manusia relatif besar. Manusia sekarang mempunyai volume otak sebesar 1.200 - 1.500 cc, sedangkan pada simpanse hanya 350 - 450 cc. Tidak ada hubungan mutlak antara besarnya volume otak dan kecerdasan. Ciri-ciri kepala manusia lainnya adalah muka yang tegak lurus, rahang yang tidak begitu menonjol, hidung yang jelas dan hibis yang terdiri dari bagian luar dan dalam, di mana bagian dalam memiliki selaput lendir di bagian dalam.

Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa gorila dan simpanse mempunyai hubungan kekerabatan yang erat dengan manusia. Hanya terdapat sedikit perbedaan dalam hal susunan haemoglobin antara kedua jenis primata tersebut dengan manusia. Atas dasar itu, ahli-ahli biologi berpendapat bahwa manusia dan hewan-hewan dari golongan primata mempunyai nenek moyang yang sama.

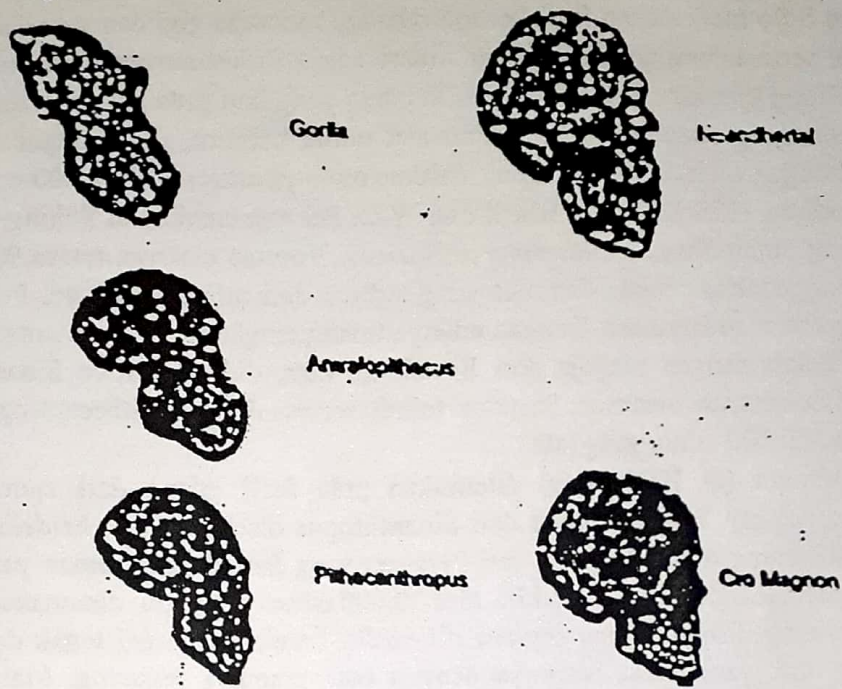
Pertama, dari ordo primata diduga telah ada kira-kira 75 juta tahun yang lalu. Umumnya hidup di pohon-pohon, hanya manusia yang menyimpang dalam evolusinya, sehingga menjadi satu makhluk yang dapat hidup di atas tanah dan berjalan di atas kedua kakinya. Tangan digunakan untuk memegang dan mengatur benda-benda yang diperlukannya. Makin tinggi tingkat perkembangan hewan primata, makin tangkas hewan itu menggunakan tangannya, dan volume otaknya makin besar. Evolusi primata dapat diikuti dari tingkatan yang paling primitif sampai manusia, yaitu familia Tupalidae, Lemuridae, Pongidae, sampai Hominidae.

## 8. Beberapa Penemuan Manusia Purba atau Pra manusia

Pada tahun 1924, Raymond Dart seorang ahli anatomi di Afrika Selatan telah menemukan fosil yang kemudian diberi nama *Australopithecus africanus*. Bentuk fosil ini hampir menyerupai kepala simpanse muda, tetapi giginya menyerupai gigi manusia sekarang dan mungkin dapat berjalan tegak.

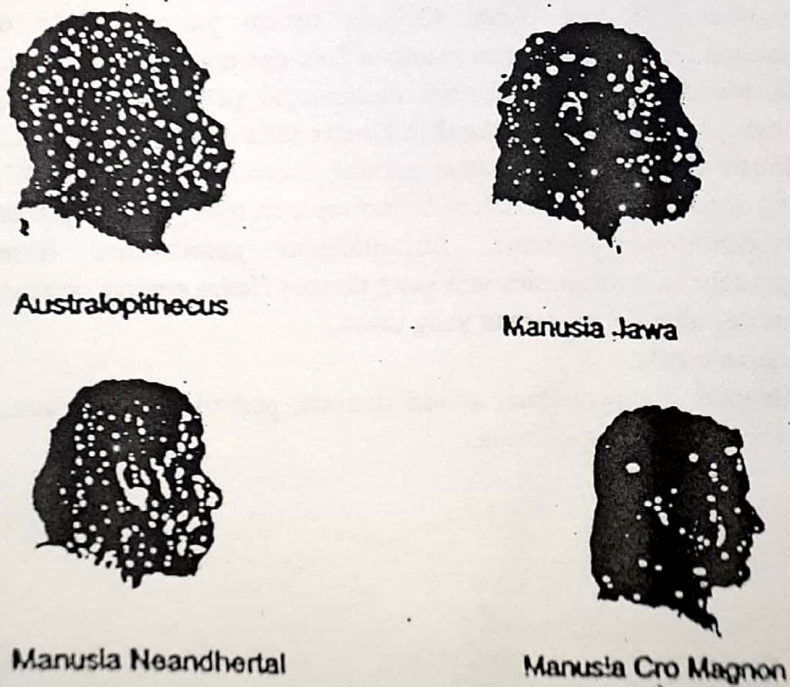
Di Afrika Selatan ditemukan pula fosil manusia purba yang diberi nama Australopithecinae yang diperkirakan tingginya 1,5 m. Volume otaknya kira-kira 600 cc sedikit lebih besar dari gorila sekarang yang mempunyai volume otak kira-kira 510 cc. Australopithecinae hidupnya tidak lagi di pohon-pohon. Fosil-fosil Afrika ini termasuk familia Hominidae, akan tetapi bukan dari genus Homo. Hal ini berarti bahwa para ahli antropologi berpendapat bahwa fosil Afrika lebih menyerupai manusia daripada menyerupai kera.

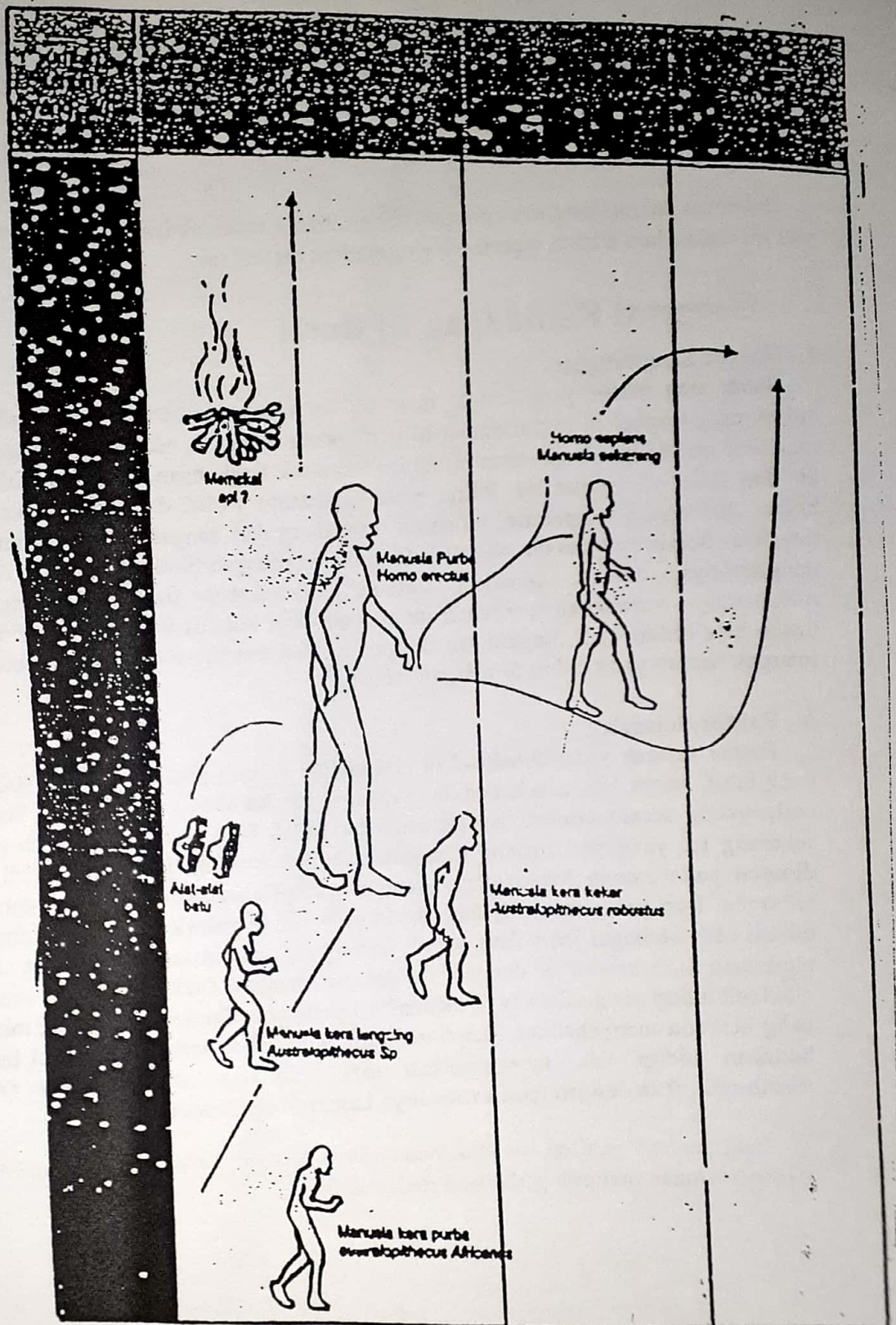
Perbandingan tengkorak manusia dengan binatang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4.12. Perbandingan tengkorak manusia dan kera

Ini adalah gambar bentuk muka manusia zaman dulu yang dibuat secara hipotetik, dikembangkan dari bentuk tengkoraknya





Gambar 4.13. Sejarah Perkembangan manusia



## D. Persebaran Makhluk Hidup

Beberapa faktor yang mempengaruhi persebaran makhluk hidup di bumi yang sangat luas ini antara lain adalah seperti yang dijelaskan berikut ini.

### 1. Geografi Kehidupan Di Bumi

#### a. Faktor Lingkungan

Salah satu faktor yang sangat menentukan adanya perbedaan jenis-jenis makhluk hidup yang tinggal di suatu tempat di permukaan bumi ini, adalah lingkungan di mana makhluk itu hidup. Lingkungan hidup ini termasuk lingkungan abiotik, misalnya, tanah, air dan iklim di tempat itu. Iklim, pada hakikatnya terdiri dari temperatur dan curah hujan. Sedangkan temperatur, terutama tergantung dari banyaknya sinar matahari yang diterima. Selain lingkungan abiotik ada pula lingkungan biotik yang juga sangat besar pengaruhnya, contoh, binatang tertentu memerlukan tumbuhan tertentu untuk makanannya, sedangkan tumbuhan itu memerlukan kondisi lingkungan abiotik tertentu untuk bisa hidup. Jadi, lingkungan dengan kondisi tertentu menentukan jenis tumbuhan maupun hewan yang hidup di wilayah tersebut.

#### b. Faktor Sejarah

Faktor sejarah yang dimaksud di sini adalah sejarah geologi. Dulu, (200 juta tahun yang lalu), hanya ada satu benua, kemudian benua itu retak dan bergeser. Pergeseran itu berlangsung secara lambat dan akhirnya terjadilah lima benua seperti yang kita alami sekarang ini yang berlangsung kira-kira dalam waktu 135 juta tahun. Jadi pergeseran dimulai pada zaman Mesozoikum sampai awal Cenozoikum hingga bentuknya yang sekarang. Dari pelajaran yang lalu, Anda mengetahui bahwa pada zaman itu bumi telah dihuni oleh berbagai jenis ikan, reptil, burung sampai binatang-binatang menyusui serta tumbuhan atau hewan di daratan. Pergeseran menjadi anak benua itu, mengakibatkan makhluk hidup yang dibawanya mengalami perubahan lingkungan hidup, misalnya iklim yang berbeda menyebabkan hanya makhluk yang tahan terhadap kondisi ini akan tetap bertahan hidup dan menyesuaikan diri, sehingga tidak musnah (Anda dapat membandingkan dengan teori evolusinya Lamarck dan Darwin).

Jadi, sejarah geologi itu ikut menentukan geografi kehidupan di bumi baik ditinjau dari persamaan maupun perbedaan makhluk hidup.

### C. Faktor Hambatan Penyebaran

Kita mengetahui semua bahwa makhluk hidup itu berkembangbiak, misalnya bagi makhluk yang hidup di daratan, air merupakan hambatan (*water barrier*) sedangkan sebaliknya bagi makhluk air, daratan merupakan hambatan (*land barrier*). Daratan yang sempit juga dapat menjadi hambatan, misalnya Costarica di Amerika Tengah merupakan hambatan berupa filter atau saringan penyebaran makhluk daratan Amerika Utara dan Amerika Selatan. Selai Panama merupakan filter makhluk hidup di Samudra Atlantik dan Pasifik. Sebaliknya, kepulauan dapat menjadi jembatan penyeberangan antara Eurasia dan Australia.

Tiga faktor itulah yang menentukan adanya variabilitas biogeografi, namun tentunya Anda masih ingat bahwa ada faktor lain yang menentukan variabilitas yaitu variasi genetik hasil perkawinan dan mutasi genetik.

## 2. Geografi Tumbuhan

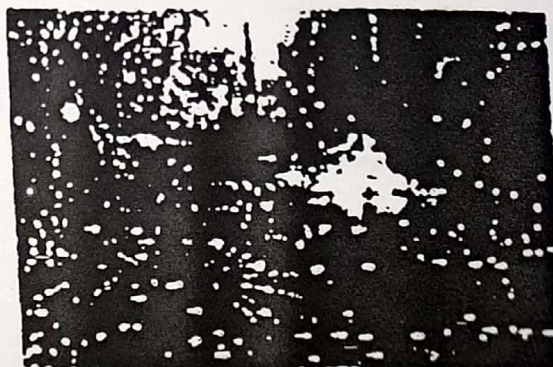
Tumbuhan memegang peranan penting dalam menentukan geografi makhluk hidup, karena ia merupakan titik awal dari rantai kehidupan. (Tentang rantai ini akan dibahas secara lebih mendalam dalam modul 5). Tumbuhan sangat peka terhadap keadaan lingkungan fisik, oleh karena itu dapat dengan mudah mengamati adanya perbedaan jenis tumbuhan pada daerah dengan iklim yang sama.

*Contoh:*

Daerah tropis ialah daerah antara  $23^{\circ}$  Lintang Utara (LU) dan  $23^{\circ}$  Lintang Selatan (LS) sepanjang khatulistiwa. Daerah ini ditandai dengan adanya hutan yang lebat dengan ciri khasnya adalah

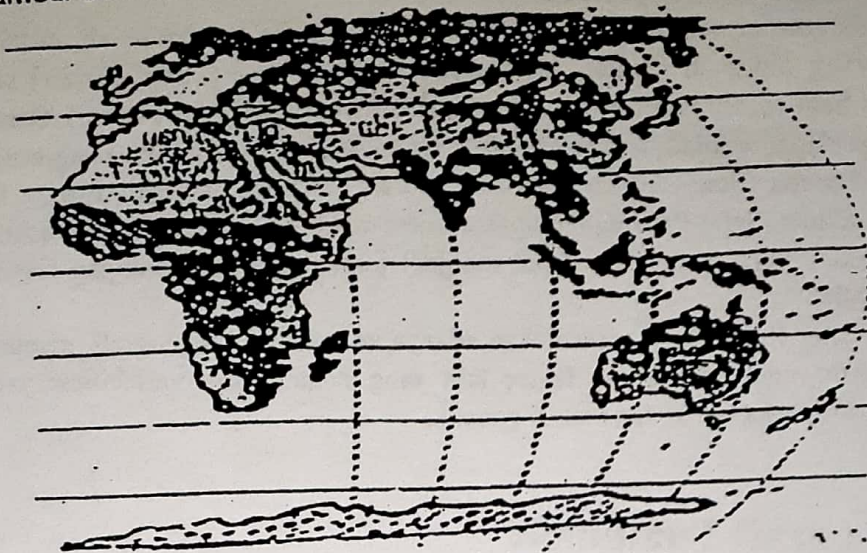
- pohon besar dan tinggi.
- pada pohon itu terdapat banyak tumbuhan epifit (menempel pada dahan dan ranting).
- banyak pohon merambat ke pohon lain misalnya rotan.
- di bawah pohon besar masih terdapat pohon yang agak rendah dan di bawahnya lagi masih ada semak belukar.

Hal ini hanya dimungkinkan terdapat di daerah tropis karena adanya intensitas cahaya matahari yang cukup.



Gambar 4.14. Hutan Hujan Tropis

Lihat gambar berikut:



Gambar 4.15. Geografi Tumbuhan

Daerah *Subtropik* ( $23^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  LU/LS). Daerah iklim ini ditandai dengan hutan yang terlalu lebat tanpa belukar, rotan dan epifit. Makin ke arah kutub makin jarang hutannya dan digantikan dengan padang rumput ( $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  LU/LS).

Daerah beriklim dingin ( $60^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  LU/LS) dihuni oleh padang taiga dan tundra. Taiga ialah hutan cemara atau pinus dan pakis. Tundra adalah padang perdu dan paku yang pendek (rendah).

Daerah *kutub*: tidak ada yang hidup kecuali pada batas ada lumut ( $80^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  LU/LS).

Bila kita selidiki, jenis tumbuhan dari pantai tropik ke puncak gunung bersalju, maka terdapat urutan susunan yang sama yaitu:

Ketinggian:      0 - 4.000 kaki = tumbuhan  
4.000 - 8.000 kaki = tumbuhan subtropik  
8.000 - 12.000 kaki = tumbuhan iklim sedang  
12.000 - 16.000 kaki = tumbuhan iklim dingin (kutub)

### 3. Geografi Hewan

Atas dasar faktor yang mempengaruhi variabilitas dan persebaran terhadap makhluk hidup yang sudah dijelaskan, maka dunia ini dapat dibagi menjadi 6 daerah (*fauna regions*), yakni daerah:

- Palaeartic* (Eropa dan Asia Utara).
- Ethiopian* (Afrika dan Semenanjung Arab).
- Oriental* (Asia Selatan dan Indonesia).
- Australian* (Australia dan sekitarnya).
- Nearctic* (Amerika Utara dan Greenland).
- Neotropical* (Amerika Selatan dan Tengah).



Gambar 4.16. Daerah Holaristik

Di bawah ini Anda dapat melihat berbagai jenis inamalia yang terdapat di masing-masing daerah tersebut di atas.

1. Daerah Palaearctic  
Sebagai habitat utama dari:



6. Ethiopian



2. Oriental



d. Australian



e. Neartik



Neotropical

