

# **ILMU ALAMIAH DASAR**

**Akas Pinarigan Sujalu  
Ismail  
Jumani  
Heni Emawati  
Lisa Astria Milasari**



## **ILMU ALAMIAH DASAR**

### **Penulis**

Akas Pinaringan Sujalu

Ismail

Jumani

Heni Emawati

Lisa Astria Milasari

### **Tata Letak**

Ulfa

### **Desain Sampul**

HUFA Desain

14.5 x 20.5 cm, viii + 274 hlm.

Cetakan I, Maret 2021

**ISBN:** 978-623-6995-56-3

Diterbitkan oleh:

### **ZAHIR PUBLISHING**

Kadisoka RT. 05 RW. 02, Purwomartani,

Kalasan, Sleman, Yogyakarta 55571

e-mail : zahirpublishing@gmail.com

Anggota IKAPI D.I. Yogyakarta

No. 132/DIY/2020

### **Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.**

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Ilmu Alamiah Dasar (IAD) merupakan salah satu mata kuliah wajib diikuti oleh setiap peserta didik pada semua program studi, terutama untuk program studi non-eksakta, dengan maksud peserta didik dikenalkan pada konsep-konsep dasar alamiah dalam menunjang dan melandasi pengetahuan peserta didik dalam memahami, mengkaji, dan menerapkan pengetahuan lainnya, khususnya pemecahan-pemecahan masalah, teori maupun konsep ilmu yang berkaitan dengan alam.

Materi ilmu alamiah dasar ini tentu saja hanya bersifat dasar dan yang berkenaan dengan fenomena alam dan daya pikir manusia hingga mampu memperoleh budaya modern yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi keinginan dan kebutuhannya. Ilmu alamiah dasar bukan merupakan suatu disiplin ilmu, melainkan suatu pengetahuan tentang konsep-konsep dasar yang ada dalam ilmu pengetahuan alam dan teknologi (IPTEK). Tujuan pembelajaran dari ilmu alamiah dasar dimaksudkan untuk mengembangkan dan memperluas wawasan pengetahuan serta membantu mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam berperilaku terhadap lingkungan.

Sasaran perkuliahan IAD adalah agar mahasiswa yang mengikuti mata kuliah IAD dapat memperoleh dan memahami pengetahuan yang ada termasuk dalam bidang

IPA dan Teknologi, serta dapat menanggapi dan menghargai pengetahuan tersebut. Mata kuliah IAD tidak dimaksudkan untuk memberikan dasar pengetahuan yang mendalam, melainkan memberikan suatu pandangan mengenai perkembangan IPA dan Teknologi yang merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia dan sumber daya alam serta lingkungan hidupnya. Setelah mempelajari mata kuliah IAD, diharapkan mahasiswa dapat memperkaya cakrawala wawasannya terhadap ilmu alamiah dan teknologi, dapat menjaga kelestarian lingkungan hidup secara arif dan bertanggung jawab, serta dapat menggunakan teknologi tepat guna.

Samarinda, Januari 2021

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii	
DAFTAR ISI.....	v	
<b>BAB I</b>		
<b>PENDAHULUAN</b> .....		1
A. Batasan Pengertian .....	1	
B. Esensi Ilmu Alamiah Dasar .....	2	
C. Membangun Sikap Ilmiah Dalam Perkuliahan IAD	4	
D. Sikap Ilmiah.....	5	
E. Filsafat Ilmu Alamiah .....	8	
F. Keunggulan Ilmu Alamiah .....	10	
<b>BAB II</b>		
<b>PERKEMBANGAN ALAM PIKIRAN MANUSIA.....</b>		11
A. Batasan Pengertian .....	11	
B. Hakikat Manusia dan Sifat Keingintahuannya .....	12	
C. Manusia dan Makhluk Hidup Lain.....	14	
D. Sifat Keingintahuan Manusia .....	19	
E. Perkembangan Fisik, Sifat, dan Pikiran Manusia..	31	
F. Bagaimana Alam Pikiran Manusia Dapat Berkembang?.....	34	
<b>BAB III</b>		
<b>SEJARAH PENGETAHUAN MANUSIA.....</b>		43
A. Batasan Pengertian .....	43	
B. Perkembangan Ilmu Pengetahuan .....	46	
<b>BAB IV</b>		
<b>RUANG LINGKUP ILMU PENGETAHUAN ALAM..</b>		83
A. Batasan Pengertian .....	83	

B. Perkembangan dan Pengembangan Ilmu	
Pengetahuan Alam .....	84
C. Ruang Lingkup IPA dan Pengembangannya .....	88
D. IPA Klasik dan IPA Modern .....	92
<b>BAB V</b>	
<b>METODE ILMIAH.....</b>	<b>99</b>
A. Batasan Pengertian .....	99
B. Kriteria dan Karakteristik Metode Ilmiah .....	101
C. Sikap Ilmiah.....	104
D. Langkah-Langkah Operasional Metode Ilmiah.....	107
E. Kelebihan dan Kekurangan Metode Ilmiah.....	118
F. Keterbatasan Metode Ilmiah.....	120
<b>BAB VI</b>	
<b>ALAM SEMESTA DAN TATA SURYA .....</b>	<b>123</b>
A. Batasan Pengertian .....	123
B. Ukuran dan Isi Alam Semesta .....	125
C. Asal-Usul Terbentuknya Alam Semesta .....	127
D. Terbentuknya Galaksi .....	135
E. Bentuk dan Ciri Galaksi .....	139
F. Tata Surya .....	142
G. Susunan Tata Surya .....	145
H. Bagian-Bagian Tata Surya .....	148
<b>BAB VII</b>	
<b>BUMI .....</b>	<b>153</b>
A. Batasan Pengertian .....	153
B. Komposisi dan Struktur.....	156
C. Orbit.....	157
D. Gerakan Bumi.....	158
E. Atmosfer .....	161

## BAB VIII

BIOSFER DAN MAKHLUK HIDUP.....	165
A. Batasan Pengertian .....	165
B. Biosfer .....	166
C. Makhluk Hidup.....	167
D. Ciri-Ciri Makhluk Hidup.....	179
E. Persebaran Flora dan Fauna.....	182

## BAB IX

MAKHLUK HIDUP DALAM EKOSISTEM ALAMI..	189
A. Peran Manusia Dalam Ekosistem.....	189
B. Aliran Energi dan Materi Dalam Ekosistem .....	196
C. Struktur Ekosistem .....	200
D. Tipe Ekosistem .....	204
E. Macam-Macam Bentuk Pola Kehidupan.....	206
F. Ekologi dan Lingkungan .....	207
G. Homeostasis Ekosistem.....	213

## BAB X

SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN .....	223
A. Batasan Pengertian .....	223
B. Klasifikasi serta Penggolongan SDA dan Lingkungan Hidup .....	223
C. Penggolongan Sumber Daya Alam.....	228
D. Konsep – Konsep Pengelolaan Sumber Daya Alam .....	229

## BAB XI

ILMU PENGETAHUAN ALAM DAN TEKNOLOGI BAGI KEHIDUPAN MANUSIA .....	233
A. Batasan Pengertian .....	233
B. IPA sebagai Dasar Pengembangan Teknologi .....	234
C. Peran Teknologi Terhadap Kelangsungan Hidup Manusia .....	237

BAB XII	
ISU LINGKUNGAN .....	245
A. Batasan Pengertian .....	245
B. Perubahan Iklim Global (Pemanasan Global) .....	247
C. El-Nino dan La-Nina .....	259
D. Pencemaran Lingkungan .....	263
DAFTAR PUSTAKA.....	269
BIODATA PENULIS .....	273



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Batasan Pengertian

Ilmu Alamiah Dasar adalah Ilmu Pengetahuan Alam (*natural science*) yang mempelajari tentang gejala-gejala dalam alam sebagai awal proses terbentuknya sebuah konsep dan suatu prinsip yang konkret. Dengan mempelajari ilmu alamiah dasar kita dapat mengetahui secara luas bagaimana apa yang dipelajari dalam suatu hal mengenai alam semesta ketika mendapatkan ilmunya. Dan ilmu ini hanya mempelajari konsep-konsep dan prinsip-prinsip dasar yang bersifat umum, contohnya seperti Biologi, Fisika, dan Kimia. Hasil IPA dan teknologi yang begitu mencengangkan memang mampu memberi kita sampai ke benua Amerika Serikat dalam waktu yang singkat. Namun demikian, IPA dan teknologi tidak bisa memberi kita bimbingan untuk apa dan akan berbuat apa kita di sana. IPA dan teknologi memang mampu menjelaskan tentang apa yang mungkin dan bisa kita lakukan, tetapi tidak bisa menjelaskan mana yang baik dan mana yang benar untuk dilakukan.

Ilmu alamiah sebagai hasil perkembangan pola pikir manusia yang terakumulasi dari hasil pengamatan dan pengalaman telah mendorong manusia untuk melahirkan pendekatan kebenaran yang tidak hanya mengandalkan kemampuan rasio belaka, dorongan tersebut setidaknya terdiri

dari dua sisi; yakni dorongan pertama adalah dorongan untuk memuaskan diri sendiri yang sifatnya nonpraktis atau teoretis guna memenuhi curiositas dan memahami tentang hakikat alam semesta dan segala isinya, yang selanjutnya melahirkan *pure science* (ilmu pengetahuan murni). Sementara dorongan yang kedua adalah dorongan yang sifatnya praktis, di mana ilmu pengetahuan dimanfaatkan untuk meningkatkan taraf hidup yang lebih tinggi, dan selanjutnya disebut *applied science* (ilmu pengetahuan terapan/teknologi). Kapan ilmu pengetahuan (ilmu pengetahuan alam) lahir? Secara waktu mungkin sulit untuk ditetapkan, tetapi yang jelas sesuatu dinyatakan pengetahuan ilmu pengetahuan alam adalah apabila pendekatan kebenaran tertumpu pada *rational approach and empirical approach* yakni kebenaran yang secara rasional dapat dimengerti dan dipahami serta dibuktikan secara fakta dan menggunakan peralatan ilmiah.

## **B. Esensi Ilmu Alamiah Dasar**

Ilmu Alamiah Dasar merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang fenomena alam semesta. Ilmu pengetahuan alam di samping bermanfaat untuk individu, juga bermanfaat untuk masyarakat secara umum. Mempelajari ilmu pengetahuan alam mutlak diperlukan oleh setiap individu manusia karena selain untuk memahami konten ilmu pengetahuan alam, belajar ilmu pengetahuan alam dapat mengembangkan kepribadian, keterampilan berpikir, serta menanamkan sikap ilmiah dan etika berkehidupan. Proses ilmiah dalam menemukan dan mempelajari ilmu pengetahuan alam dapat mengembangkan kemampuan berpikir manusia.

Lebih lanjut diungkapkan bahwa melalui pembelajaran ilmu pengetahuan alam, manusia akan menyadari bahwa keteraturan di alam, adanya keterbatasan, serta memahami bahwa penemuan ilmu pengetahuan dan selanjutnya ilmu pengetahuan alam harus disertai dengan etika dan estetika.



Tujuan mempelajari ilmu alamiah dasar dalam instruksional umum adalah agar dapat memahami perkembangan penalaran manusia terhadap gejala-gejala alam hingga terwujudnya metode ilmiah yang merupakan ciri khusus dari Ilmu Pengetahuan Alam. Adapun tujuan mempelajari ilmu alamiah dasar adalah agar dapat menjelaskan perkembangan naluri kehidupan manusia, dapat menjelaskan perkembangan alam pikir manusia dalam memenuhi kebutuhan terhadap “rahasia ingin tahu”-nya, serta dapat memberi alasan yang diterima mitos dalam kehidupan masyarakat. Dengan memahami etika ilmiah, kemungkinan kejahatan yang dapat

dihasilkan dalam percobaan ilmiah dapat dihindarkan. Etika ilmiah harus dipublikasikan ke masyarakat luas agar dapat dihindari penyalahgunaan atau kejahatan dari penerapan ilmu pengetahuan. Agar tidak sampai berdampak buruk terhadap kehidupan masyarakat, penerapan ilmu pengetahuan alam harus dapat memberikan manfaat terhadap keadilan dan kesejahteraan masyarakat. Mengingat arti pentingnya, maka mempelajari ilmu pengetahuan alam menjadi keharusan bagi semua orang Amerika.

### **C. Membangun Sikap Ilmiah Dalam Perkuliahan IAD**

Sikap merupakan suatu produk dari proses sosialisasi di mana seseorang bereaksi sesuai dengan stimulus yang diterimanya, yang umumnya dipengaruhi oleh lingkungan sosial. Lebih lanjut dijelaskan bahwa sikap merupakan suatu kesatuan kognisi yang mempunyai valensi dan akhirnya berintegrasi ke dalam pola yang lebih luas. Sikap sangat erat berkaitan dengan nilai, motivasi, dan dorongan. Seperti telah disampaikan pada bagian terdahulu, di samping untuk memahami ilmu pengetahuan alam dan teknologi serta lingkungannya, perkuliahan Ilmu Alamiah Dasar bertujuan untuk menanamkan sikap ilmiah.

Sikap positif ini merupakan efek penyerta (*nurturant effect*) dari proses-proses pembelajaran. Sikap ilmiah sama pentingnya dengan hasil belajar lain seperti pengetahuan dan keterampilan berpikir. Orang yang berjiwa ilmiah adalah orang yang memiliki tujuh macam sikap ilmiah adalah sikap ingin tahu, kritis, terbuka, objektif, rela menghargai karya orang lain, berani mempertahankan kebenaran dan menjangkau

ke depan. Kompetensi yang dibangun peserta didik akan banyak berguna bila mereka memiliki afeksi positif terhadap kompetensi tersebut. Peserta didik akan menjadi pembelajar seumur hidup apabila mereka sadar bahwa mereka mampu belajar dan bertanggung jawab atas pencapaian akademisnya. Pengembangan sikap dalam pembelajaran sesuai pula dengan dua dari lima pilar pendidikan yang dicanangkan oleh UNESCO, yaitu *learning to be* dan *learning to live together* (Delors, 1996). Lebih lanjut Delors mengungkapkan bahwa : “... *education must contribute to the all around development of each individual-mind and body, intelligence, sensitivity, aesthetic sense, personal responsibility, and spiritual values.*”

#### **D. Sikap Ilmiah**

Salah satu aspek tujuan mempelajari ilmu alamiah dasar ini adalah bagaimana menanamkan sikap ilmiah bagi mahasiswa, berikut ini dijelaskan beberapa sikap ilmiah yang harus dimiliki oleh seorang ilmuwan:

1. Jujur, sebagai ilmuwan wajib melaporkan hasil pengamatannya secara objektif. Dan menyusun penelitian hingga pelaporan harus disampaikan sejujur-jujurnya sehingga terbuka bagi peneliti lain bila dilakukan pengulangan.
2. Terbuka, seorang ilmuwan mempunyai pandangan luas, terbuka, bebas dari praduga, ia tidak memperoleh buah pikirannya dari dugaan, ia akan terus mendapatkan kebenaran dengan prosedur ilmiah, dan membuka diri bagi pihak lain untuk menguji dan mengkritik kebenarannya atau selalu menghargai kebenaran orang lain.

3. Toleran, seorang ilmuwan tidak merasa bahwa dirinya paling benar, bahkan ia bersedia mengakui bahwa orang lain mungkin lebih benar. Dalam menambah ilmu pengetahuan ia bersedia belajar dari orang lain, membandingkan pendapatnya dengan pendapat orang lain, ia memiliki tenggang rasa atau sikap toleran yang tinggi, jauh dari sikap angkuh.
4. Skeptis, merupakan sikap kehati-hatian dan kritis dalam memperoleh informasi, tidak sinis, tetapi meragukan kebenaran informasi sebelum teruji yang didukung oleh data fakta yang kuat sehingga dalam membuat pernyataan, keputusan atau kesimpulan tidak keliru.
5. Optimis, berpengharapan baik dalam menghadapi segala sesuatu, tidak putus asa, dan ia selalu berkata “Berilah saya kesempatan untuk berpikir dan mencoba mengerjakannya”. Seseorang yang memiliki kecerdasan optimis akan memiliki rasa humor yang tinggi. John Von Neuman memberi nama hasil karyanya dengan sebutan MANIAC (sehingga membuat peserta seminar tertawa) padahal MANIAC itu istilah dari singkatan *Mathematical Analyzer, Numerical Integrator and Computer*.
6. Pemberani, seorang ilmuwan harus memiliki sikap pemberani dalam menghadapi ketidakbenaran, kepura-puraan, penipuan, kemunafikan, dan kebathilan yang akan menghambat kemajuan. Sikap keberanian ini banyak dicontohkan oleh para ilmuwan seperti Copernicus, Galileo, Socrates, Bruno yang telah banyak dikenal orang. Copernicus dan Galileo diasingkan oleh penguasa

karena dengan berani menentang konsep Bumi sebagai pusat tata surya, matahari dan benda lainnya berputar mengelilingi bumi (geosentris). Dan ia mendeklarasikan justru matahari lah yang menjadi pusat tata surya bumi dan planet lainnya berputar mengitari matahari (Heliosentris), Socrates memilih mati minum racun daripada harus mengakui sesuatu yang salah. Bruno tidak takut dihukum mati dengan cara dibakar demi mempertahankan kebenaran.

Kisah keberanian ilmuwan yang cukup menarik dan menjadi tauladan adalah kisah Prof. Peabody, memberikan kuliah terakhir tentang 'Perawatan Orang Sakit'. Kuliah ini sangat jelas, penuh rasa kasih sayang dan belas kasih, saat memberikan kuliah saat itu berumur 46 tahun, segar dan bugar, fasih dalam menyampaikan materi kuliahnya. Tetapi di balik ketenangannya itu, Peabody mengidap penyakit kanker ganas yang telah diderita, ditekuni, diteliti, dan dipahami secara saksama secara medis mengenai setiap gejala kanker yang dideritanya. Sehari sebelum meninggal dunia ia menulis sendiri laporan penyakitnya dengan harapan dapat dijadikan bahan penelitian pengobatan lebih lanjut. Kisah yang sama juga dilakukan oleh Marry Cury seorang fisikawan, kimiawan yang berhasil menemukan zat radio aktif, bertahun-tahun ia menekuni dan meneliti zat radioaktif dengan harapan dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia, dengan perlahan radiasi unsur tersebut merambah ke dalam tubuh Marry Cury dan ia tahu sehingga mengidap penyakit kanker, dalam setiap

kuliahnya menjelaskan tentang radioaktif tidak pernah menunjukkan ketakutan dan bahaya radiasinya dan itu terus dirahasiakan hingga ia menjelaskan sendiri pada saat-saat ajalnya tiba.

7. Kreatif , ilmuwan dalam mengembangkan ilmunya harus kreatif. Louis Al-Vare, ilmuwan fisika Berkeley, ia seorang pemain golf. Dengan kreativitasnya ia membuat alat/analisa stroboskop/untuk meningkatkan cara bermain golf. Kemudian alat itu dihadiahkan kepada presiden Eisenhower yang juga pemain golf, dan sejak itu ia memegang paten untuk pembuatan alat tersebut. Saat ini untuk menghargai kreativitas ilmuwan dalam meningkatkan kesejahteraan manusia diberikan penghargaan NOBEL seperti yang pernah diterima oleh keluarga Cury untuk fisika dan kimia.

### **E. Filsafat Ilmu Alamiah**

Filosofis ilmu alamiah sebagai dasar pengembangan ilmu mengacu pada nilai yang berkembang sejalan dengan pola pikir manusia dalam bentuk budaya dan norma yang dianut dan menjadi pandangan hidup, untuk itu di bawah ini diuraikan beberapa dasar filsafat ilmu alamiah:

#### **1. Vitalisme**

Ilmu alamiah awalnya tidak dapat terlepas dari pengaruh kepercayaan atau mitos, filsafat vitalisme merupakan doktrin yang menyatakan adanya kekuatan di luar alam. Kekuatan itu memiliki peranan yang esensial mengatur segala sesuatu yang terjadi di alam semesta ini. Kekuatan



itu dikenal dengan istilah elan vital, sang pencipta, yang maha kuasa, dll.

## 2. Mekanisme

Mekanisme merupakan pandangan yang menyatakan bahwa sebagai penyebab yang mengatur semua gerakan di alam semesta ini adalah sejumlah hukum alam (*nature of law*). Dengan demikian, menurut paham ini semua gejala alam semesta terjadi dengan sendirinya sesuai dengan hukum alam sehingga pandangan ini akan menyamakan antara gejala makhluk hidup dengan makhluk tak hidup sehingga tidak ada perbedaan yang hakiki di antaranya. Dengan demikian akan menggiring pandangan manusia pada paham materialisme yang kemudian menjadi ateisme.

## 3. Agnotisme

Agnotisme merupakan paham yang tidak mepedulikan ada tidaknya kekuatan di luar alam (sang pencipta, Tuhan, yang maha kuasa, elan vital). Penganut paham ini hanya mempelajari gejala alam semata. Paham ini akan menggiring manusia bersikap sekuler sebagaimana banyak dianut ilmuwan barat. Indonesia yang menjunjung tinggi falsafah Pancasila yang secara seimbang akan dapat menjembatani antara paham vitalisme dengan mekanisme yang justru peduli pada sang pencipta, tidak seperti halnya agnotisme, sehingga pengetahuan alamiah secara seimbang dilandasi dengan pengetahuan keyakinan, Sehingga ilmuwan Indonesia selalu dalam kondisi teisme.

## **F. Keunggulan Ilmu Alamiah**

Sebagaimana telah dijelaskan di muka bahwa ilmu alamiah memiliki kriteria tersendiri berupa sistematis, objektif, metodik, dan universal, di mana hal ini secara tidak langsung akan menumbuhkan sikap ilmiah yang sangat bermanfaat bagi manusia. Berikut akan dijelaskan beberapa keunggulan yang bermanfaat bagi manusia:

1. Mencintai kebenaran yang objektif dan bersikap adil, sehingga akan membawa pada hidup yang tenang dan bahagia.
2. Jika ada penemuan baru yang lebih benar, maka ilmu yang lama tidak berlaku lagi, sehingga disadari bahwa ilmu pengetahuan itu tidak mutlak atau bersifat relatif. Sedang yang mutlak datangnya dari Allah Swt.
3. Dengan ilmu pengetahuan orang tidak lagi percaya pada takhayul atau mitos, karena semua yang ada di alam ini terjadi melalui proses hukum alam atas izin Allah Swt.
4. Ilmu pengetahuan akan membimbing kita untuk tidak berpikir melalui prasangka, tetapi berpikir secara objektif, terbuka dan sistematis, suka menerima pendapat orang lain dalam setiap keputusannya.

## BAB II

# PERKEMBANGAN ALAM PIKIRAN MANUSIA

### A. Batasan Pengertian

Secara umum, dapat diartikan bahwa perkembangan merupakan pola perubahan yang dimulai pada saat konsepsi (pembuahan) dan berlanjut sepanjang rentang kehidupan. Kebanyakan perkembangan melibatkan pertumbuhan, meskipun perkembangan juga meliputi penurunan. Perkembangan manusia merupakan suatu studi ilmiah tentang pola-pola perubahan dan stabilitas di sepanjang rentang kehidupan manusia. Hal itu menunjukkan bahwa manusia mengalami perubahan dalam beberapa hal, misalnya dalam hal tinggi dan berat badan, perbendaharaan kata, dan kematangan berpikir. Akan tetapi, ada pula hal-hal yang cenderung menetap, seperti, karakter, temperamen, dan kepribadian. Lebih lanjut, perkembangan bersifat sistematis, artinya perkembangan bersifat berkesinambungan dan terorganisir, Perkembangan juga bersifat adaptif, artinya perkembangan terjadi untuk menghadapi kondisi-kondisi dalam kehidupan.

Perkembangan sebenarnya tidak terjadi dalam kotak yang terpisah-pisah. Namun, untuk menyederhanakan dan mempermudah pembahasan, perkembangan sering dibagi ke dalam beberapa aspek. Secara umum, para ahli perkembangan sering membagi aspek-aspek tersebut ke dalam tiga area besar,

dengan istilah yang berbeda-beda. Di dalam Santrock (2009) disebutkan bahwa aspek tersebut meliputi aspek biologis, kognitif, dan sosioemosional.

## **B. Hakikat Manusia dan Sifat Keingintahuannya**

Hakikat manusia adalah sebagai gagasan atau konsep yang mendasari manusia dan eksistensinya di dunia yang berhubungan dengan masa lalunya untuk menjangkau masa depan untuk mencapai tujuan dalam hidupnya. Hakikat manusia berkaitan dengan unsur-unsur pokok yang membentuknya seperti dalam pandangan monoteisme, yang mencari unsur pokok yang menentukan yang bersifat tunggal, yakni materi dalam pandangan spiritualisme atau dualisme yang memiliki pandangan yang menetapkan adanya dua unsur pokok sekaligus yang keduanya tidak saling menafikan yaitu materi dan rohani, yakni pandangan pluralism yang menetapkan pandangan pada adanya berbagai unsur pokok yang pada dasarnya mencerminkan unsur yang ada dalam makrokosmos atau pandangan monodualis yang menetapkan manusia pada kesatuan dua unsur, atau monopluralisme yang meletakkan hakikat pada kesatuan semua unsur yang membentuknya.

Manusia secara individu tidak pernah menciptakan dirinya, tetapi bukan berarti bahwa ia tidak dapat menentukan jalan hidup setelah kelahirannya dan eksistensinya dalam kehidupan dunia ini mencapai kedewasaan, dan semua kenyataan itu akan memberikan andil atas jawaban mengenai pertanyaan hakikat, kedudukan, dan perannya dalam kehidupan yang dihadapi. Manusia adalah makhluk bertanya, mempunyai hasrat untuk mengetahui segala sesuatu. Atas dorongan hasrat ingin

tahunya, manusia tidak hanya bertanya tentang berbagai hal yang ada di luar dirinya, tetapi juga bertanya tentang dirinya sendiri. Dalam rentang ruang dan waktu, manusia telah dan selalu berupaya mengetahui dirinya.

Sejalan dengan perkembangan manusia, sumber daya manusia pun harus juga berkualitas dan memiliki kebutuhan khusus dan memiliki penalaran yang logis, memiliki rasa ingin tahu yang kuat dalam mencari informasi. Semua makhluk hidup memiliki hasrat ingin tahu. Hanya saja hasrat ingin tahu manusia berbeda dengan makhluk hidup yang lain seperti hewan dan tumbuh-tumbuhan.

Hasrat ingin tahu hewan dan tumbuh-tumbuhan terbatas dan timbul semata-mata hanya untuk mempertahankan kelestarian hidupnya. Hasrat ingin tahu hewan dan tumbuh-tumbuhan bersifat tetap, tidak berubah sepanjang masa. Asimov menyebut hasrat ingin tahu tersebut sebagai *idle curiosity* atau yang kita kenal dengan *instinct*. Hasrat ingin tahu manusia berbeda dengan hasrat ingin tahu binatang dan tumbuh-tumbuhan karena di samping manusia memiliki *instinct* seperti yang dimiliki hewan dan tumbuh-tumbuhan, manusia juga memiliki pikiran yang mampu menciptakan kebudayaan.

Karena kelebihan yang dimiliki itulah menyebabkan hasrat ingin tahu manusia menjadi tidak selamanya tetap, melainkan ia selalu berubah dan berkembang dari masa ke masa. Karena selalu berubah dan berkembangnya hasrat ingin tahu manusia itulah yang menyebabkan jawaban atas hasrat ingin tahu manusia juga selalu berubah-ubah dan

berkembang sesuai dengan perubahan dan perkembangan kemampuan berpikir manusia. Jadi, dalam persaingan yang global ini kita sebagai manusia bisa saling mencari informasi dan saling bertukar informasi dengan orang lain karena zaman/peradaban manusia sudah maju bahkan teknologi sekarang pun sekarang sudah sangat canggih sehingga kita sebagai manusia bisa tahu segalanya bahkan alam semesta pun kita bisa tahu dengan adanya dukungan dari teknologi yang pesat dan perkembangan yang sangat pesat itu adalah bekal kita untuk menjadikan kita sebagai manusia yang berakal dan berbudi.

### **C. Manusia dan Makhluk Hidup Lain**

Manusia sebagai makhluk yang berakal dan berbudi pasti memiliki kelebihan dibandingkan dengan penghuni bumi lainnya. Beberapa kelebihan manusia dari pada makhluk lainnya antara lain:

1. Manusia sebagai makhluk yang berpikir (*homo sapiens*)

Makhluk hidup memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan benda tak hidup, yaitu dapat berkembang biak, bernapas, dapat bergerak, melakukan adaptasi, serta peka terhadap rangsang (iritabilitas). Manusia sebagai makhluk hidup sama seperti makhluk hidup lainnya mempunyai ciri hidup, yaitu berkembang biak, memerlukan nutrisi, bergerak tumbuh dan berkembang, beradaptasi, serta peka terhadap rangsang. Setiap manusia dilahirkan dalam keadaan partikularistik (unik). Meski manusia mempunyai beberapa keterbatasan secara fisik, seperti ukuran, kekuatan, kecepatan, dan pancainderanya

dibandingkan makhluk bumi lainnya, namun manusia lebih baik dalam menggunakan akalnya. Manusia mempunyai ciri istimewa, yaitu kemampuan berpikir yang ada dalam satu struktur dengan perasaan dan kehendaknya (sehingga sering disebut sebagai makhluk yang berkesadaran, yaitu landasan untuk nalar atau berpikir). Aristoteles memberikan identitas sebagai *animal rationale*. Dengan kemampuan berpikirnya manusia bisa mengatasi kekurangannya. Manusia memikirkan segala sesuatu, baik yang dapat diindera maupun yang tidak dapat diindera.

Dalam proses menuangkan pikiran, manusia berusaha mengatur segala fakta dan hasil pemikiran dengan cara sedemikian rupa sehingga cara kerja alami otak dilibatkan dari awal, dengan harapan bahwa akan lebih mudah mengingat dan menarik kembali informasi di kemudian hari. Selanjutnya dengan pemikirannya yang kritis dan kreatif manusia memikirkan dirinya sendiri, yaitu hakikatnya sebagai manusia. Hakikat manusia adalah makhluk Tuhan yang eksis dalam diri pribadinya yang otonom, berjiwa-raga, dan berada dalam sifat hakikatnya sebagai makhluk individu yang memasyarakat). Pemahaman tentang hakikat pribadi ini membuat manusia sadar akan adanya berbagai persoalan hidup yang justru bersumber dari kebutuhan dan kepentingan yang dituntut pemenuhannya bagi setiap unsur hakikat pribadinya itu. Kemudian sadar akan perlunya pemecahan segala masalah tersebut demi tercapainya tujuan hidupnya.

Untuk itulah manusia selalu berusaha meningkatkan kualitas pemikirannya, dari yang mistis-religius menuju ke ontologis-kefilsafatan, sampai akhirnya pada taraf yang paling konkret-fungsional. Pemikiran yang mistis-religius (reseptif) adalah menerima segala sesuatu sebagai kodrat Tuhan, di mana manusia tidak mungkin dan tidak perlu mengubahnya. Pemikiran yang konkret-fungsional bermakna bahwa dalam pemikiran itu terkandung suatu terobosan baru, yaitu adanya kreativitas penciptaan teknologi yang sedemikian rupa sehingga orang tidak harus mengikuti hukum alam, melainkan justru bagaimana hukum alam itu bisa dilampaui.

2. Manusia sebagai pembuat alat (*homo faber*).

Manusia tidak mempunyai arti untuk hidup jika tidak mengerjakan sesuatu. Dalam konsep ini, manusia memandang kehidupan sesamanya sebatas pekerjaan. Hal ini menyebabkan relasi antara sesama manusia pun tidak dipandang sebagai relasi personal atau relasi antarsesama manusia. Dalam konsep *homo faber*, relasi antara satu manusia dengan manusia lain berubah menjadi relasi manusia kepada benda atau objek. Objek di sini berarti sesuatu yang dapat diukur dan dikendalikan. Perkembangan maupun perubahan yang terjadi dalam diri manusia pun dinilai dari produktivitas atau hasil akhir dari pekerjaan yang dilakukan oleh manusia tersebut. Dunia atau alam semesta akhirnya pun bisa diukur karena perkembangan teknologi yang merupakan bagian dari pekerjaan manusia. *Homo faber* juga memungkinkan



manusia untuk mengukur berbagai hal dalam dunia atau alam semesta.

Meski memiliki kekurangan dari segi kemampuan fisik, tapi manusia bisa memenuhi semua kebutuhannya. Cara manusia untuk memenuhi kebutuhannya adalah dengan membuat alat. Dengan alat yang dibuatnya tersebut, manusia dengan mudah dapat beradaptasi dengan lingkungannya. Kemampuan membuat alat, erat hubungannya dengan sifat tegak manusia yang memungkinkan dia bebas menggunakan tangannya. Di samping itu, kemampuan itu juga erat hubungannya dengan kemampuan pengelihatannya, kecekatan, dan kemampuan penalaran otaknya yang tinggi. Jadi, manusia menjadi dominan dalam ekosistem berkat kemampuan membuat dan menggunakan alat. Secara singkat, manusia melalui apa yang dikerjakan dan apa yang dihasilkan dapat melihat serta mengukur dirinya maupun hal-hal lain yang berada di luar dirinya. Konsep yang merupakan pasangan dari *homo faber* adalah *homo ludens*.

3. Manusia dapat berbicara (*homo languens*)

Kelebihan manusia daripada makhluk hidup lainnya yang adalah manusia bisa berbicara, sedangkan makhluk hidup lainnya tidak. Manusia dapat berbicara melalui lisan maupun tulisan sehingga ia dapat mengkomunikasikan apa yang diinginkannya. Manusia bisa berbahasa karena memiliki otak yang berbeda dengan makhluk lain. Dalam hal ini, anatomi otak manusia dan hewan kurang lebih sama, namun manusia memiliki *celebrum cortex* yang

lebih besar ukurannya daripada hewan. Hal ini yang membuat manusia bisa melakukan hal-hal yang lebih rumit seperti mempelajari bahasa. Sementara, kemampuan hewan hanyalah sebatas menirukan ujaran manusia.

Manusia berbicara bukan sekedar mengucapkan bunyi-bunyi bahasa. Bahasa sebagai alat komunikasi berimplikasi bahwa kemahiran berbicara menjadi tolok ukur seseorang dalam berkomunikasi. Kerangka berpikir ditunjukkan melalui keruntutan bunyi-bunyi tuturan artikulasi ketika berbicara maupun memberikan respon atas pembicaraan orang lain. Dalam teori komunikasi, tujuan berbicara bukan sekedar merespon peristiwa tindak tutur yang diterima, tetapi memiliki tujuan yang lebih luas. Manusia dapat mempengaruhi, membujuk, memberi informasi, mengungkapkan pikiran dan masih banyak lagi tujuan yang ditunjukkan dari berbagai peristiwa. Melalui kegiatan komunikasi, manusia dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan berimajinasi. Berbagai informasi yang berkembang dan diterima dan dikembangkan melalui proses berpikir inilah, manusia dapat meningkatkan kualitas hidup. Dengan kata lain, berbicara menjadi sarana untuk mengekspresikan ide, gagasan, imajinasi yang dimiliki kepada orang lain. Di sinilah terjadinya proses transfer dan produktif ilmu pengetahuan terjadi. Artinya, secara personal kegiatan berbicara seperti ini merupakan kegiatan individu dalam berkomunikasi.

4. Manusia dapat hidup bermasyarakat (*homo socius*)  
Manusia merupakan makhluk sosial. Maksudnya manusia tidak dapat hidup sendiri tanpa bantuan dari manusia

lainnya. Untuk mengatasi hal itu, manusia pun hidup bermasyarakat dan saling membantu satu sama lainnya. Dengan demikian, manusia bisa dengan mudah memenuhi kebutuhannya.

5. Manusia dapat mengadakan usaha (*homo economicus*). Salah satu cara bagi manusia untuk memenuhi kebutuhannya adalah dengan mengadakan tukar-menukar barang dan berjual-beli dengan manusia lainnya. Dengan kegiatan ini manusia bisa saling membantu dalam memenuhi kebutuhan masing-masing manusia tersebut dengan mudah. Hal ini tentu tidak dapat dilakukan makhluk bumi lainnya.

6. Manusia mempunyai kepercayaan dan beragama (*homo religious*).

Hal lain yang membedakan manusia dengan penghuni bumi lainnya adalah manusia memiliki kepercayaan dan beragama. Manusia percaya dengan adanya kekuatan gaib yang lebih besar dan mengatur jagad raya ini.

#### **D. Sifat Keingintahuan Manusia**

Binatang mempunyai insting untuk kelangsungan hidupnya, memperoleh makanan, serta hal-hal lainnya. Aktivitas tersebut tidak berubah dari waktu ke waktu dan dinyatakan sebagai rasa keingintahuan yang tidak berkembang atau biasa disebut *idle curiosity*. Sedangkan manusia menggunakan kemampuan otaknya untuk melakukan penalaran, pemikiran logis, dan analisis. Oleh karena itu, manusia memiliki rasa ingin tahu yang selalu berkembang yang biasa disebut dengan *curiosity*.

Secara sederhana perkembangan rasa ingin tahu ini dimulai dengan pertanyaan *what* “apa” tentang sesuatu kemudian dilanjutkan dengan *how* “bagaimana” kemudian *why* “mengapa”. Pengetahuan yang diperoleh dari alam semesta ini selanjutnya merupakan dasar dari perkembangan ilmu pengetahuan alam. Semua pengetahuan dapat diturunkan dari satu generasi ke generasi selanjutnya. Ilmu ini terus berkembang sejalan dengan sifat manusia yang selalu ingin tahu terutama tentang benda yang ada di sekelilingnya, alam jagad raya, bahkan dirinya sendiri. Hal tersebut mendorong manusia untuk memahami serta menjelaskan gejala-gejala yang terjadi dan dorongan rasa ingin tahu manusia tersebut membuat mereka mencari jalan keluar dari setiap apa yang terjadi. Pengetahuan tentang satu masalah mendatangkan pertanyaan (masalah) lain yang ingin dijawab.



Manusia dengan rasa keingintahuannya yang besar selalu berusaha mencari jawaban atas fenomena yang terjadi. Seringkali mereka menerka-nerka sendiri jawabannya.

Terkadang jawaban itu tidak logis, tetapi mudah diterima oleh masyarakat awam. Misalnya “Mengapa ada pelangi?” kemudian mereka membuat jawaban, pelangi adalah selendang bidadari atau “Mengapa gunung meletus?” jawabannya karena yang berkuasa marah. Dari hal ini timbulnya pengetahuan tentang bidadari dan sesuatu yang berkuasa. Untuk menjawab semua rasa ingin tahu manusia sering mereka-reka jawaban mereka sendiri. Pengetahuan seperti inilah yang disebut *pseudo science*. Ilmu pengetahuan juga berkembang sesuai dengan zamannya dan sejalan dengan cara berpikir dan alat bantu yang ada pada saat itu.

Cara memperoleh ilmu pengetahuan alam semu (*pseudo ilmu pengetahuan alam*), antara lain:

### **1. Mitos dan Legenda**

Pengetahuan baru itu muncul dari kombinasi antara pengalaman dan kepercayaan yang disebut mitos. Cerita-cerita mitos disebut legenda. Mitos dapat diterima karena keterbatasan penginderaan, penalaran, dan hasrat ingin tahu yang harus dipenuhi. Untuk menjawab keingintahuan tentang alam, manusia menciptakan mitos. Mitos merupakan cerita yang dibuat-buat atau dongeng yang pada umumnya menyangkut tokoh kuno, seperti dewa atau manusia perkasa, yang ada kaitannya dengan apa yang terjadi di alam. Mitos memiliki asal kata dari bahasa Yunani yang artinya sesuatu yang diungkapkan. Secara pengertian mitos adalah cerita yang bersifat simbolik yang mengisahkan serangkaian cerita nyata atau imajiner. Mitos merupakan gabungan dari pengamatan, pengalaman dengan dugaan, imajinasi dan kepercayaan.

Secara garis besar dapat dibedakan 3 macam mitos, yaitu mitos sebenarnya, cerita rakyat dan legenda.

a. Mitos yang merupakan cerita rakyat adalah usaha manusia mengisahkan peristiwa penting yang menyangkut kehidupan masyarakat, biasanya juga disampaikan dari mulut ke mulut sehingga sulit diperiksa kebenarannya. Mitos termasuk tahap teologi atau tahap metafisika. Mitologi ialah pengetahuan tentang mitos yang merupakan kumpulan cerita-cerita mitos. Cerita mitos sendiri dituturkan lewat tari-tarian, nyanyian, wayang, dan lain-lain. Dalam mitos sebagai legenda, dikemukakan tentang tokoh yang dikaitkan dengan terjadinya suatu daerah. Contoh Mitos:

- Jangan duduk di depan pintu, nanti susah berjodoh
- Jangan makan pisang yang ada di pinggir, nanti jodohnya adalah orang jauh
- Jangan membuka payung di dalam rumah, nanti sulit rejekinya

Puncak pemikiran mitos adalah pada zaman Babylonia, yaitu kira-kira 700-600 SM dengan berkembangnya horoskop (ramalan bintang), ekliptika (bidang edar matahari). Sebagai contoh, orang Babylonia berpendapat bahwa alam semesta sebagai ruang setengah bola dengan bumi yang datar sebagai lantainya, dan langit dengan bintang-bintang sebagai atapnya.

b. Legenda (bahasa Latin: *legere*) adalah cerita rakyat yang berisikan tentang tokoh, peristiwa, atau tempat tertentu yang mencampurkan fakta historis dengan mitos. Oleh

karena itu, legenda seringkali dianggap sebagai “sejarah” kolektif (*folk history*). Walaupun demikian, karena tidak tertulis, maka kisah tersebut telah mengalami distorsi sehingga seringkali jauh berbeda dengan kisah aslinya. Oleh karena itu, jika legenda hendak dipergunakan sebagai bahan untuk merekonstruksi sejarah, maka legenda harus dibersihkan terlebih dahulu bagian-bagiannya dari yang mengandung sifat-sifat *folklor*.

Menurut buku *Sari Kata Bahasa Indonesia*, legenda adalah cerita rakyat zaman dahulu yang berkaitan dengan peristiwa dan asal-usul terjadinya suatu tempat. Contohnya: Sangkuriang, Batu Menangis, dan Legenda Pulau Giliraja.

Menurut Pudentia, legenda adalah cerita yang dipercaya oleh beberapa penduduk setempat benar-benar terjadi, tetapi tidak dianggap suci atau sakral yang juga membedakannya dengan mite. Dalam KBBI 2005, legenda adalah cerita rakyat pada zaman dahulu yang ada hubungannya dengan peristiwa sejarah. Menurut Emeis, legenda adalah cerita kuno yang setengah berdasarkan sejarah dan yang setengah lagi berdasarkan angan-angan. Menurut William R. Bascom, legenda adalah cerita yang mempunyai ciri-ciri yang mirip dengan mitos, yaitu dianggap benar-benar terjadi, tetapi tidak dianggap suci. Menurut Hooykaas, legenda adalah dongeng tentang hal-hal yang berdasarkan sejarah yang mengandung sesuatu hal yang ajaib atau kejadian yang menandakan kesaktian. Contoh cerita rakyat: Malin Kundang, Ande - Ande Lumut, Timun Mas, dan lain lain.

Contoh legenda: Legenda Batu Menangis, Legenda Terbentuknya Danau Toba, Sangkuriang.

Pada masa prasejarah, mitos dapat diterima dan dipercaya kebenarannya karena: a) Keterbatasan pengetahuan yang disebabkan karena keterbatasan penginderaan, baik langsung maupun dengan alat; b) Keterbatasan penalaran manusia pada saat itu.

Karena kemampuan berpikir manusia makin maju dan disertai pula dengan perlengkapan pengamatan yang makin baik, mitos dengan berbagai legendanya mulai ditinggalkan. Orang mulai menggunakan akal sehat serta rasionya untuk menjawab berbagai pertanyaan tentang alam. Kegiatan untuk memperoleh atau menemukan pengetahuan yang benar disebut berpikir, sedangkan proses berpikir dalam menarik kesimpulan yang benar disebut penalaran. Pengetahuan yang diperoleh tidak berdasarkan penalaran digolongkan pada pengetahuan yang nonilmiah atau bukan ilmu pengetahuan.

Pendekatan semacam itu sebenarnya sudah dilakukan pada masa filosof muslim di Persia dengan bukti munculnya ilmu-ilmu terapan seperti ilmu perbintangan, ilmu kimia dan ilmu kedokteran; tetapi kebenaran ini tidak dideklarasikan oleh ilmuwan barat. Mereka mengklaim bahwa kelahiran ilmu pengetahuan alam adalah setelah ditemukannya teropong bintang (sekalipun sejak masa filsafat muslim teleskop sudah ada) yang mampu membuktikan kebenaran teori Heliosentris. Sejak penemuan teleskop, telah banyak membantu para



ilmuwan untuk dapat membuktikan secara empirik terhadap konsep-konsepnya.

## **2. Wahyu**

Wahyu dalam arti bahasanya adalah isyarat yang cepat, merupakan kalam atau perkataan dari Allah, yang diturunkan kepada seluruh makhluk-Nya melalui manusia tertentu dengan perantara malaikat ataupun secara langsung. Kata “wahyu” adalah kata benda, dan bentuk kata kerjanya adalah *awha-yuhi*. Arti kata wahyu adalah pemberitahuan secara tersembunyi dan cepat. Para nabi memperoleh pengetahuan dari Tuhan tanpa upaya, tanpa bersusah payah, tanpa memerlukan waktu untuk memperolehnya. Pengetahuan mereka terjadi atas kehendak Tuhannya. Wahyu berisikan pengetahuan agama, baik mengenai kehidupan mencakup masalah transsendental seperti latar belakang dan tujuan penciptaan manusia, dunia, dan segenap isinya, serta kehidupan di akhirat nanti. Dalam konteks lain, kebenaran wahyu seluruhnya diakui oleh akal, bahkan pengalaman manusia secara historis menggambarkan dengan jelas dalam wahyu.

## **3. Otoritas dan Tradisi**

Prinsip dari cara ini adalah orang lain menerima pendapat yang dikemukakan oleh orang yang mempunyai aktivitas tanpa terlebih dulu menguji atau membuktikan kebenaran, baik berdasarkan fakta empiris ataupun berdasarkan penalaran sendiri. Di dalam masyarakat, kerap kali ditemui orang-orang yang karena kedudukan pengetahuannya sangat dihormati dan dipercayai. Orang tersebut memiliki kewibawaan yang besar

di lingkungan masyarakatnya. Banyak pendapatnya yang diterima sebagai kebenaran. Kepercayaan pada pendapatnya itu tidak saja karena kedudukannya di dalam masyarakat itu, misalnya sebagai pemimpin atau pemuka adat atau ulama dan lain-lainnya, tetapi dapat juga karena keahliannya dalam bidang tertentu. Otoritas ilmiah adalah orang-orang yang biasanya telah menempuh pendidikan formal tertinggi atau yang mempunyai pengalaman kerja ilmiah dalam sesuatu bidang yang cukup banyak. Pendapat-pendapat mereka sering diterima orang tanpa diuji, karena dipandang benar. Namun kenyataannya, banyak pendapat otoritas ilmiah tidak benar karena pendapat tersebut tidak didasari penelitian ilmiah, melainkan hanya didasarkan atas pemikiran logis. Hal ini disebabkan karena orang yang menerima pendapat tersebut menganggap bahwa apa yang dikemukakannya adalah benar.

#### **4. Prasangka**

Prasangka dalam bahasa Inggrisnya "*prejudice*" berasal dari bahasa Latin "*praejudicium*" yang memiliki banyak arti, di antaranya berarti sebuah preseden, keputusan yang didasarkan kepada pengalaman dan keputusan masa lalu. Prasangka berarti membuat keputusan sebelum mengetahui fakta yang relevan mengenai objek tersebut. Pengetahuan yang dicapai secara akal sehat biasanya sering diwarnai dan diikuti dengan kepentingan orang yang melakukannya kemudian membuat orang mengumumkan hal yang khusus menjadi terlalu luas dan menyebabkan akal sehat ini berubah menjadi sebuah prasangka. Prasangka dapat dibagi ke dalam tiga kategori.

- Prasangka kognitif, merujuk pada apa yang dianggap benar.
- Prasangka afektif, merujuk pada apa yang disukai dan tidak disukai.
- Prasangka konatif, merujuk pada bagaimana kecenderungan seseorang dalam bertindak.

## 5. Intuisi

Yaitu suatu pendapat seseorang yang diangkat dari perbendaharaan pengetahuannya terdahulu melalui suatu proses yang tidak disadari. Jadi, seolah-olah muncul begitu saja pendapat itu tanpa dipikir. Pengetahuan yang dicapai dengan cara ini sukar dipercaya, ungkapan-ungkapan sering juga masuk akal, tetapi belum tentu cocok dengan kenyataan. Contohnya adalah seorang astrolog di samping rumusnya sering menggunakan intuisinya dalam memberikan ramalan nasib seseorang.

Sokrates menyebut pengetahuan intuitif sebagai “*theoria*” di mana cara untuk sampai pada pengetahuan itu adalah refleksi terhadap diri sendiri. Ibn Sina menyebut intuisi dengan *al-ḥadsal-qudsī* (intuisi suci). Berbeda dengan pengetahuan rasional, pengenalan intuitif disebut juga *ḥudūrī* karena objek penelitiannya hadir dalam jiwa penelitiannya sehingga ia menjadi satu dan identik dengannya. Dalam pendekatan intuitif, orang menentukan pendapat mengenai suatu hal berdasarkan atas pengetahuan yang langsung atau diperoleh dengan cepat melalui proses yang tak disadari atau tidak dipikirkan lebih dahulu. Intuisi adalah suatu aliran atau paham yang menganggap bahwa intuisi (naluri/perasaan) adalah

sumber pengetahuan dan kebenaran. Intuisi termasuk salah satu kegiatan berpikir yang tidak didasarkan pada penalaran, bersifat personal dan tidak dapat diramalkan. Jadi, intuisi adalah non-analitik dan tidak didasarkan atau suatu pola berpikir tertentu dan sering bercampur aduk dengan perasaan. Kata intuisi sebenarnya telah didengar jauh sebelumnya. Kaum mistik mengklaim bahwa intuisi adalah cara untuk memenuhi hasrat terdalam manusia atas pengetahuan yang sempurna atau absolut terhadap realitas.

## **6. Penemuan Kebetulan**

Suatu peristiwa yang tidak disengaja kadang-kadang ternyata menghasilkan suatu kebenaran yang menambah perbendaharaan pengetahuan manusia karena sebelumnya kebenaran itu tidaklah diketahui. Sepanjang sejarah manusia, penemuan kebenaran secara kebetulan telah banyak terjadi dan banyak di antaranya yang memberikan manfaat bagi kehidupan manusia itu sendiri. Penemuan kebenaran seperti ini bukanlah cara yang terbaik karena manusia yang bersifat pasif dan menunggu.

Salah satu contoh penemuan secara kebetulan adalah tentang peristiwa yang dialami seorang Indian yang menderita penyakit demam dengan panas yang tinggi. Yang bersangkutan dalam keadaan tidak berdaya terjatuh pada aliran sebuah sungai kecil yang airnya kelihatan berwarna hitam. Setelah berulang kali meminum air sungai yang terasa pahit itu, ternyata secara berangsur-angsur yang bersangkutan menjadi sembuh. Kemudian diketahuilah bahwa air yang berwarna hitam itu ternyata disebabkan oleh sebatang pohon kina

yang tumbang di hulu sungai sebagai sebab yang sebenarnya dari kesembuhan orang tersebut. Dari kejadian yang tidak disengaja atau kebetulan itu, akhirnya diketahuilah bahwa kina merupakan obat penyembuh demam yang disebut malaria.

## 7. Cara – Coba – Ralat

Yaitu metode coba-coba atau untung-untungan. Cara ini dapat diibaratkan seekor kera yang mencoba meraih pisang dalam sebuah kerangkeng dari percobaan Kohler, seorang psikolog Jerman. Kera itu dengan cara coba-coba akhirnya dapat juga meraih pisang dengan menggunakan tongkat.

Mencoba sesuatu secara berulang-ulang, walaupun selalu menemukan kegagalan dan akhirnya menemukan suatu kebenaran disebut cara kerja *trial and error*. Penemuan kebenaran dengan cara coba-coba dilakukan tanpa kepastian akan diperolehnya suatu kondisi tertentu atau pemecahan sesuatu masalah atau manfaat tertentu. Penemuan masalah terjadi secara kebetulan setelah dilakukan serangkaian usaha; usaha yang berikut biasanya mengalami kemajuan dari usaha sebelumnya. Penemuan kebenaran dengan cara coba-coba pada umumnya tidak efisien dan tidak terkendali. Cara ini sudah menunjukkan adanya aktivitas manusia dalam mencari kebenaran, walaupun lebih banyak mengandung unsur-unsur untung-untungan. Di samping itu, cara tersebut kerap kali memerlukan waktu yang lama karena kegiatan mencoba itu tidak dapat direncanakan, tidak terarah, dan tidak diketahui tujuannya. Dengan kata lain, cara ini terlalu bersifat merab-raba, tidak pasti dan tanpa pengertian yang jelas. Oleh karena itulah, maka cara *trial and error* tidak dapat diterima sebagai

metode keilmuan dalam usaha mengungkapkan kebenaran ilmu, terutama karena tidak memberikan jaminan untuk sampai pada penemuan kebenaran yang dapat mengembangkan ilmu secara sistematis.

## **8. Pendekatan Akal Sehat (*Common Sense*)**

Akal sehat dan ilmu adalah dua hal yang berbeda, sekalipun dalam batas tertentu, keduanya mengandung persamaan. Akal sehat adalah serangkaian konsep (*concept*) dan bagan konseptual (*conceptual schemes*) yang memuaskan untuk penggunaan praktis bagi kemanusiaan. Konsep adalah kata yang menyatakan abstraksi yang digeneralisasikan dari hal yang khusus. Bagan konsep adalah seperangkat konsep yang dirangkaikan dengan dalil-dalil hipotesis dan teoretis. Pendekatan ini biasanya kurang dapat diterima sebagai kebenaran ilmiah. Hal tersebut menurut Kerlinger (1992 : 4-8) disebabkan: (a) Penggunaan teori-teori dan konsep-konsep dalam pengertian yang longgar; (b) Hasil pengujian hipotesis secara selektif karena semata-mata cocok dengan hipotesisnya; (c) Kurang memperhatikan kendali atau kontrol terhadap sumber-sumber pengaruh di luar yang dipersoalkan; (d) Dalam menjelaskan hubungan antarfenomena tidak begitu tajam dan kurang hati-hati. Kebenaran yang diperoleh melalui akal sehat biasanya ditemukan dan digunakan dalam kehidupan praktis. Misalnya, kebenaran tentang pengaruh pendapatan seseorang terhadap tingkat konsumsinya.

## **E. Perkembangan Fisik, Sifat, dan Pikiran Manusia**

### **1. Perkembangan Fisik Manusia**

Manusia sebagai makhluk memiliki ciri-ciri sebagai berikut menurut Maskoeri Jasin (2008: 1):

- a. Memiliki organ tubuh yang kompleks dan sangat khusus terutama otaknya.
- b. Mengadakan metabolisme atau penyusunan dan pembongkaran zat, yakni ada zat yang masuk dan keluar.
- c. Memberikan tanggapan terhadap rangsangan dari dalam dan luar.
- d. Memiliki potensi untuk berkembang.
- e. Tumbuh dan berkembang.
- f. Berinteraksi dengan lingkungannya.
- g. Bergerak

Tubuh manusia berubah mulai sejak berupa sel sederhana yang selanjutnya secara bertahap menjadi manusia yang sempurna. Sel sederhana berasal dari sel kromosom sperma yang identik dengan kromosom sel telur. Lima minggu setelah terjadi konsepsi, bakal jantung mulai berdenyut yang selanjutnya akan membagi menjadi serambi kiri dan kanan pada minggu ke-9. Sedangkan pada minggu ke-13, janin sudah mulai berbentuk yang ditandai dengan berfungsinya berbagai organ, yang selanjutnya pada usia 18 minggu mulai terasa gerakan dari janin.

Pada usia 32 minggu, janin mulai mempersiapkan diri untuk dilahirkan dengan kepala di bawah makin mendekati lubang kelahiran. Pada saat ini gerakan semakin berkurang. Perkembangan tercepat terjadi pada saat setelah kelahiran

sampai remaja. Bayi manusia (usia 0-2 tahun) tumbuh dan berkembang menjadi anak yang pandai berbicara, membaca, berhitung, dan mampu bergerak dengan lincah. Kemudian anak manusia berada pada masa kanak-kanak pada usia 3-5 tahun yang disebut masa bertanya dan ditandai dengan pertumbuhan fisik yang mulai berkembang serta pandai berbicara, membaca, dan berhitung. Selanjutnya pada usia 13-20 tahun, anak tersebut menjadi remaja yang mulai mengalami pubertas, seperti perempuan mulai mensturasi, dan laki-laki mulai memiliki jenggot, kumis, serta membesar suaranya. Selanjutnya, masuk masa dewasa (usia >20 tahun) yang sudah mampu bekerja dan berumah tangga. Setelah usia 30 tahun, mulai dapat mengendalikan diri dan mampu menempatkan diri sebagai individu yang bertanggung jawab.

## **2. Perkembangan Sifat dan Pikiran Manusia**

Sifat ingin tahu manusia berkembang seiring dengan perkembangan umur dan waktu di mana manusia tersebut hidup. Pada zaman prasejarah manusia hidup dari berburu dan berladang yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain, kemudian meningkat menjadi petani dan peternak yang menetap. Ada dua macam perkembangan alam pikiran manusia, yakni perkembangan alam pikiran manusia sejak dilahirkan sampai akhir hayatnya dan perkembangan alam pikiran manusia sejak zaman purba hingga dewasa ini. Berikut ini pengelompokan perkembangan kecerdasan manusia berdasarkan usia dari bayi hingga dewasa.

### **a. Masa bayi (0 – 2 Tahun)**

Masa bayi menurut psikologi disebut sebagai periode



sensomotorik. 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, 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 – 7 tahun. Pada periode ini, dorongan keingintahuannya sangat besar sehingga banyak yang menyebut masa ini sebagai masa bertanya. Apalagi pada masa ini si anak sudah memiliki keterampilan berbahasa lisan. Namun, pada masa ini pengungkapannya sering menggunakan lambang– lambang, seperti bermain mobil dengan garasinya menggunakan kotak kosong.

c. Masa Usia Sekolah (6 – 12 Tahun)

Masa ini disebut juga sebagai periode operasional nyata, dengan kisaran usia 7-11 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 dimulai dengan menggunakan penalaran dan logika.

d. Masa Remaja (13 – 20 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 menggunakan nalar serta berhipotesis.

e. Masa Dewasa ( > 20 Tahun )

Masa dewasa ini 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.

**F. Bagaimana Alam Pikiran Manusia Dapat Berkembang?**

Pada dasarnya manusia merupakan makhluk hidup ciptaan Tuhan yang paling sempurna dalam persaingan hidup di muka bumi ini. Meski banyak keterbatasan fisik, seperti di antaranya: ukuran, kekuatan, kecepatan, dan pancaindera. Keberhasilan tersebut disebabkan karena manusia memiliki akal yang lebih baik daripada makhluk lainnya, yang memungkinkan manusia lebih mudah untuk beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya. Karena itu, alam pikir manusia dapat berkembang dengan kemampuan berpikir dan bernalar manusia, akal serta nuraninya yang memungkinkan untuk selalu berbuat yang lebih baik lagi dan bijaksana untuk dirinya maupun lingkungan sekitarnya.

Pengetahuan yang terkumpul dan semakin maju menyebabkan rasa ingin tahu manusia semakin berkembang. Rasa ingin tahu pada manusia ini menyebabkan pengetahuan mereka dapat berkembang setiap hari, mereka mengamati benda-benda dan peristiwa yang terjadi di alam sekitarnya. Manusia tidak akan pernah merasa puas jika belum

memperoleh jawaban mengenai apa yang diamatinya, rasa ingin tahu semacam itu yang tidak dimiliki oleh hewan. Manusia merupakan makhluk hidup yang berakal serta mempunyai derajat yang tertinggi bila dibandingkan dengan hewan atau makhluk lainnya. Rasa ingin tahu yang terdapat pada manusia ini yang menyebabkan pengetahuan mereka menjadi berkembang. Dan dengan sifat keingintahuan manusia yang besar, manusia selalu berusaha mencari keterangan tentang fenomena alam dan pengetahuan-pengetahuan yang sangat banyak. Mungkin karena itulah secara tidak langsung alam pikiran manusia dapat berkembang. Dan mungkin karena teknologi yang juga semakin berkembang sesuai zamannya, sehingga sejalan dengan cara berpikir manusia yang memudahkan manusia untuk mencari informasi dan ilmu pengetahuan yang sangat banyak sehingga membuat alam pikir manusia semakin berkembang dan berkembang lagi. Manusia secara terus menerus selalu mengembangkan pengetahuan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa bagaimana alam pikiran manusia dapat berkembang karena dengan kemampuan manusia untuk berpikir dan bernalar serta sifat keingintahuan manusia yang sangat besar.

Menurut Auguste Comte (1798-1857), dalam sejarah perkembangan jiwa manusia, baik sebagai individu maupun sebagai keseluruhan berlangsung dalam 3 tahap, di antaranya sebagai berikut:

1. Tahap teologi atau fiktif

Pada tahap teologi atau fiktif, berusaha untuk mencari dan menemukan sebab yang pertama dan tujuan yang terakhir

dari segala sesuatu, dan selalu dihubungkan dengan kekuatan gaib. Gejala alam yang menarik perhatiannya selalu diletakkan dalam kaitannya dengan sumber yang mutlak. Mempunyai anggapan bahwa setiap gejala dan peristiwa dikuasai dan diatur oleh para dewa atau kekuatan gaib lainnya.

2. Tahap filsafat atau fisik atau abstrak

Tahap metafisika atau abstrak merupakan tahap di mana manusia masih tetap mencari sebab utama dan tujuan akhir, tetapi manusia tidak lagi menyadarkan diri kepada kepercayaan akan adanya kekuatan gaib, melainkan pada akal nya sendiri, akal yang telah mampu melakukan abstraksi guna menemukan hakikat segala sesuatu.

3. Tahap positif atau ilmiah riil

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

Suatu pola pikir yang lebih maju dari mitos adalah penggabungan antara pengamatan, pengalaman dan akal sehat, logika atau rasional. Oleh karena itu, berkembanglah faham “rasionalisme”, yaitu pertanyaan akan dijawab dengan logika atau hal-hal yang masuk akal. Lebih lanjut dikenal dengan “metode deduksi” yaitu penarikan suatu kesimpulan didasarkan pada sesuatu yang bersifat umum menuju kepada yang khusus. Sedangkan “metode induksi” merupakan dasar dari perkembangan metode ilmiah sekarang yang intinya

adalah bahwa pengambilan kesimpulan dilakukan berdasarkan data pengamatan atau eksperimentasi yang diperoleh. Untuk melakukan eksperimen, maka manusia perlu menciptakan alat bantu atau instrumentasi pengamatan. Peralatan instrumentasi yang tercipta akan berkembang menjadi lebih sempurna dan bahkan dimungkinkan pengembangannya menjadi peralatan produksi atau industri. Metode ini kemungkinan dapat dipengaruhi oleh alat pendukung pengamatan yang digunakan. Semakin canggih alat yang digunakan maka akurasi datanya semakin tinggi dan memungkinkan penarikan kesimpulannya juga akan lebih tajam.

Dalam sejarah peradaban manusia mulai dari tingkat primitif sampai modern, manusia juga mengalami perkembangan. Perkembangan itu berawal dan menuju suatu bentuk atau pola kebiasaan yang lebih manusiawi. Bila dahulu manusia tidak berpakaian, pada zaman ini manusia sudah menggunakan pelbagai jenis pakaian. Bila dahulu manusia percaya pada kisah-kisah mitos, sekarang manusia percaya pada pikirannya. Manusia semakin berkembang dalam kebudayaannya sesuai dengan tuntutan dan perkembangan zaman.

Perkembangan ini dilihat oleh Van Peursen sebagai sebuah pergeseran kebudayaan. Dalam bukunya yang berjudul *Strategi Kebudayaan*, berbicara tentang perkembangan kebudayaan. Bahwasanya, perkembangan kebudayaan manusia dipengaruhi oleh cara pikir manusia (alam pikiran manusia). Alam pikiran manusia itu yang membentuk suatu kebudayaan yang baru yang merupakan pergeseran dari yang lama. Perkembangan

atau pergeseran memiliki dua dimensi yaitu kontinuitas dan diskontinuitas. Kontinuitas berarti perkembangan itu tidak sama sekali memutuskan yang lama, tetapi perkembangan itu didasarkan pada kebiasaan yang lama atau sebelumnya. Diskontinuitas berarti yang kebiasaan yang lama itu diganti dengan kebidanan yang baru. Menurut Van Peursen, ada tiga bentuk alam pemikiran manusia. Ketiga alam pemikiran itu antara lain: alam pikiran mitis, alam pikiran ontologis, dan alam pikiran fungsional.

1. Alam pikiran mitis yaitu sikap manusia yang merasakan dirinya terkepeng oleh kekuatan-kekuatan gaib di sekitarnya, yaitu kekuasaan dewa-dewa alam raya atau kekuasaan kesuburan. Sedangkan alam pikiran ontologism, sikap manusia yang tidak lagi dalam kepengungan kekuasaan mitis, melainkan secara bebas ingin meneliti segala hal ihwal, dalam tahap ini manusia mulai mengambil jarak terhadap segala sesuatu yang dirasakan mengepung manusia. Pada tahap ini manusia mulai menyusun suatu ajaran atau teori mengenai dasar hakikat segala sesuatu dan segala sesuatu menurut perinciannya. Di sini, alam pikiran manusia (sebagai subjek) dan dunia (objek) saling meresapi. Diyakini adanya pengaruh timbal balik, dan objek dipercayai memiliki kekuatan tersembunyi. Benda-benda tertentu diyakini memiliki daya mitos sehingga subjek (manusia) diyakini mendapat pengaruh dari benda yang diyakininya tersebut.
2. Tahap ontologis adalah tahap di mana manusia mulai menganalisis alam. Pada tahap ini, manusia mulai

bertanya tentang dunia. Manusia yang tidak lagi ada dalam lingkaran kekuasaan mitis, tetapi secara bebas ingin meneliti segala hal ihwal. Dalam tahap ini manusia mulai mengambil jarak terhadap segala sesuatu yang dirasakan mengempung dirinya. Keadaan manusia dalam alam pikiran mitis masih terkungkung dalam lingkaran dunia. Di mana dalam alam pemikiran mitis, manusia takut terhadap dunia dan merasa inferior berhadapan dengan dunia. Akan tetapi sebaliknya, dalam level ontologis, manusia keluar dari kungkungan dunia mitis. Manusia merenungkan tentang peristiwa-peristiwa, benda-benda, dan seluruh aspek hidupnya. Dan permenungan ini tidak lain merupakan permenungan tentang “ada” itu sendiri. Pada konteks ini, manusia mengalami perkembangan. Perkembangan itu ialah sebuah pergerakan dari “mitos” ke “logos”. Perkembangan dari mitos ke logos ini membuat manusia bisa bertanya dan mencari pengertian tentang dunia dan dirinya. Ia menggunakan pikirannya untuk menemukan pengertian tentang “ada”. Namun, dalam tahap ini memang manusia tidak hanya melulu berpikir secara logis, tapi emosi dan harapan juga bermain, juga agama dan keyakinan tetap berpengaruh bagi kehidupannya.

Pertanyaan yang diajukan dalam alam pikiran ontologis adalah tentang dunia transenden, tentang kebebasan manusia, pengertian mengenai kehidupan, dan hal-hal yang bersifat eskatologis. Dari pertanyaan-pertanyaan itu manusia memperoleh pengertian tentang dunia dan dirinya. Dengan demikian, dalam alam pikiran

ontologis ini, manusia berusaha memperoleh pengertian mengenai daya-daya kekuatan yang menggerakkan alam dan manusia. Alam pikiran seperti ini membebaskan manusia dari lingkaran mitologis. Alam pikiran ontologis berani hidup dalam ketegangan jarak dengan mitologis. Pada tahap ini manusia mengambil jarak (distansi) dengan dunia.

Alam pemikiran ontologis ini memiliki fungsinya dalam perkembangan hidup manusia. Salah satu contohnya ialah sejarah perkembangan pemikiran dunia barat. Alam pikiran barat mempunyai ciri khas tersendiri yaitu tempat munculnya ilmu pengetahuan. Lahirnya ilmu pengetahuan merupakan akibat langsung dari refleksi manusia tentang alam dan dirinya.

Alam pemikiran ontologis memiliki bentuk atau akibat negatifnya. Efek negatif yang ada pada tahap ini disebut dengan substansialisme. Substansialisme adalah sesuatu yang dapat berdiri sendiri, yang mempunyai landasan sendiri, dan tidak perlu bersandar pada sesuatu di luarnya sehingga segala sesuatu yang pada mulanya tumbuh bersama, kini mulai terpisah-pisah dan terputus, muncul adanya kelompok-kelompok di masyarakat kehidupan manusia ditandai dengan adanya sekat-sekat. Substansialisme berarti segala sesuatu yang tidak bernilai, tidak ada hakikatnya harus dimusnahkan karena tidak sesuai dengan pencapaian yang ingin dituju oleh ontologis.

Dalam konteks Indonesia, pemikiran ontologis tampak dalam perubahan cara berpikir. Dahulu, banyak



masyarakat yang melihat bahwa letusan gunung api, banjir, atau bencana alam lainnya merupakan akibat kemarahan dari sang pencipta sehingga tak jarang ditemukan pelbagai bentuk kegiatan ritual untuk melakukan pendamaian dengan sang pencipta. Maka diadakan upacara pemberian sesajian atau ritual lainnya untuk meredam kemurkaan sang pencipta.

3. Tahap fungsional, bentuk pemikiran yang senantiasa mencari hubungan dengan segala sesuatu yang lain. Ia tidak berdiri sendiri. Pemikiran fungsional selalu terkait dengan lainnya dalam kerangka kebertautan manusia lebih menitikberatkan nilai-nilai pada aspek pragmatiknya (tingkat kegunaan). Pemikiran fungsional adalah titik klimaks. Corak bertanya pemikiran fungsional, bagaimana sesuatu itu bisa berfungsi dan berguna bagi manusia. Singkat kata, ibarat melihat bulan, orang mistik meyakini bahwa di sana ada kekuatan gaib yang berpengaruh kepada kita, sementara orang ontologi mengajukan pertanyaan dari jauh ‘Apa itu bulan?’, dan orang fungsional malah bertanya, ‘Bagaimana caranya agar planet bulan tersebut dijelajahi dan diselidiki?’ (ada pertautan fungsi). Pascapemikiran fungsional, kata Mulkhan, lahirlah kecenderungan neo-tradisionalisme, yang ditandai banyaknya kampus-kampus dan kehidupan kota besar yang serba rasional kembali menyuarakan spiritualisme baru, seperti diskusi religi, pengajian, remaja masjid, dan lain-lain. Namun, dalam tahap perkembangan selanjutnya, masyarakat mulai menyadari dan mengerti

bahwa bencana merupakan konsekuensi logis bila manusia tidak memelihara dan bertanggung jawab terhadap alam. Karena itu, dengan bantuan pikirannya, manusia berpikir logis tentang dirinya dan alam. Dengan demikian bencana alam dilihat sebagai sebuah fenomena atau kejadian alam dan bukan bentuk kemarahan dari sang pencipta.

Indonesia adalah negara yang multikultural. Di samping itu, Indonesia adalah negara kepulauan, di mana terdapat ribuan pulau dari Sabang sampai Marauke. Indonesia bukan hanya Jawa; Indonesia bukan hanya Kalimantan atau Bali. Indonesia juga bukan hanya orang Islam atau Katolik. Indonesia adalah keseluruhan. Indonesia adalah bangsa Indonesia. Keadaan ini lantas tidak membuat Indonesia hidup terkotak-kotak. Meskipun diwarnai keanekaragaman, Indonesia tetap satu, berbeda-beda tetapi satu juga (Bhinneka Tunggal Ika).

Kritikan terhadap alam pemikiran ontologis di Indonesia berkaitan dengan eksploitasi terhadap alam. Dahulu, Indonesia terkenal dengan kekayaan alamnya. Akan tetapi, realitas sekarang ini menunjukkan bahwa alam Indonesia berada di ambang kehancuran. Hal ini disebabkan oleh gaya pikiran yang melihat alam sebagai objek. Di sini terjadi kesenjangan (distansi) antara manusia dan alam. Oleh karena ilmu pengetahuan, manusia (masyarakat Indonesia) mengeksploitasi alam demi kepentingan dirinya sendiri.

## BAB III

# SEJARAH PENGETAHUAN MANUSIA

### A. Batasan Pengertian

Ilmu pengetahuan atau ilmu pengetahuan alam (*science*) adalah pengetahuan yang diperoleh dengan cara tertentu, yaitu cara atau metode ilmiah. Jadi, dalam hal ini kata kunci yang amat penting adalah cara atau metode ilmiah. Jika ada suatu pengetahuan yang didapat dari cara-cara non-ilmiah, maka pengetahuan tersebut belum layak disebut sebagai ilmu pengetahuan. Misalnya, Einstein melalui penelitian ilmiah selama bertahun-tahun menemukan bahwa semua benda akan jatuh (ke bawah) disebabkan karena adanya gravitasi bumi. Ini adalah ilmu pengetahuan. Tetapi jika pengetahuan itu diperoleh dengan cara non-ilmiah, misalnya bertapa di gua selama berbulan-bulan untuk mendapatkan wangsit, maka pengetahuan yang diperoleh bukanlah ilmu pengetahuan.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa ilmu pengetahuan adalah produk atau hasil dari suatu pencarian dengan cara atau metode ilmiah. Tetapi ilmu pengetahuan juga bisa dilihat sebagai sistem, yaitu bahwa ilmu pengetahuan melibatkan berbagai abstraksi dari kejadian atau gejala yang terjadi di alam semesta dan diatur dalam tatanan yang logis dan sistematis. Jadi, kumpulan fakta dan konsep saja belum dapat disebut sebagai ilmu pengetahuan.

Ilmu pengetahuan menuntut fakta dan konsep tersebut diatur dalam tatanan yang sistematis. Lalu, apa ciri khusus dari ilmu pengetahuan atau ilmu pengetahuan alam itu? Ilmu pengetahuan alam, ibarat bangunan, didirikan di atas dua pilar utama, yaitu struktur logis ilmu pengetahuan alam (*the logic structure of science*) dan pengujian terhadap pernyataan (*the verifiability of claims*). Struktur logis ilmu pengetahuan alam adalah urutan atau tahapan yang harus dilakukan oleh seorang ilmuwan (*scientist*) dalam mencari ilmu pengetahuan. Urutan ini terkenal dengan sebutan metode ilmiah atau *scientific method*, yang terdiri dari: formulasi permasalahan (dalam bentuk hipotesis atau pertanyaan), pengumpulan data, dan analisis data, serta pengambilan keputusan. Pilar kedua adalah pengujian terhadap pernyataan, artinya setiap pernyataan dalam ilmu pengetahuan alam (dalam bentuk prinsip, teori, hukum, dan lain-lain) harus siap diuji secara terbuka. Karena itu, seorang ilmuwan yang melaporkan hasil penelitiannya di sebuah jurnal ilmiah berkewajiban melaporkan secara rinci metode ilmiah digunakan dalam penelitiannya. Hanya dengan cara demikian ilmuwan tersebut dapat memberi kesempatan kepada ilmuwan lain untuk menguji temuannya tersebut. Selain dua pilar utama tersebut, ilmu pengetahuan juga mempunyai norma-norma yang secara taat dipegang oleh kebanyakan ilmuwan.

Definisi ilmu pengetahuan dari beberapa ahli dan pakar, antara lain:

1. Menurut M. J. Langerveld, guru besar pada Rijk University di Utrech (Belanda) dikutip Purnama (2008:74) yang

menyatakan bahwa ilmu pengetahuan adalah kumpulan pengetahuan mengenai sesuatu hal tertentu, yang merupakan kesatuan sistematis dan memberikan penjelasan yang sistematis yang dapat dipertanggungjawabkan dengan sebab-sebab suatu kejadian.

2. Mohammad Hatta: pengetahuan atau studi yang teratur tentang pekerjaan hukum umum, sebab akibat dalam suatu kelompok masalah yang sifatnya sama baik dilihat dari kedudukannya maupun hubungannya.
3. Dadang Ahmad S. Ilmu pengetahuan menurut Dadang Ahmad S., adalah suatu proses pembentukan pengetahuan yang terus menerus hingga dapat menjelaskan fenomena dan keberadaan alam itu sendiri.
4. Syahrudin Kasim: pancaran hasil metabolisme ragawi sebagai hidayah sang pencipta yang berasal dari proses interaksi fenomena fitrawi melalui dimensi hati, akal, nafsu yang rasional empirik dan hakiki dalam menjelaskan khasanah alam semesta demi untuk menyempurnakan tanggung jawab kekhalfahan.
5. Helmy A. Kotto: suatu proses pembentukan pengetahuan yang terus menerus sampai menjelaskan fenomena dan keberadaan alam itu sendiri.
6. Menurut The Liang Gie (1987), ilmu pengetahuan dicirikan:
  - a. Empiris, artinya pengetahuan diperoleh berdasarkan pengamatan dan percobaan;
  - b. Sistematis, artinya berbagai keterangan dan data yang tersusun sebagai kumpulan pengetahuan itu mempunyai hubungan yang teratur

- c. Objektif, artinya ilmu pengetahuan itu bebas dari prasangka perseorangan dan kesukaan pribadi;
- d. Analitis, artinya pengetahuan ilmiah berusaha membeda-bedakan pokok soalnya dan peranan dari bagian-bagian itu
- e. Verifikatif, artinya dapat diperiksa kebenarannya oleh siapa pun.

## **B. Perkembangan Ilmu Pengetahuan**

Ilmu pengetahuan pada dasarnya lahir dan berkembang sebagai konsekuensi dari usaha-usaha manusia, baik untuk memahami realitas kehidupan dan alam semesta maupun untuk menyelesaikan permasalahan hidup yang dihadapi, serta mengembangkan dan melestarikan hasil yang sudah dicapai oleh manusia sebelumnya. Sejarah perkembangan ilmu pengetahuan memiliki ciri khas atau karakteristik tertentu. Maka dari itu, untuk memahami sejarah perkembangan ilmu pengetahuan secara mudah, di sini telah dilakukan elaborasi dan klasifikasi atau pembagian secara garis besar. Berikut adalah uraian singkat dari masing-masing periode atau sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dari masa ke masa. Kalau pengetahuan lahir sejak manusia pertama diciptakan, maka perkembangannya sejak zaman purba. Secara garis besar, periodisasi sejarah perkembangan ilmu pengetahuan menjadi empat periode: pada zaman Yunani kuno, pada zaman Islam, pada zaman renaissance dan modern, dan pada zaman kontemporer. Sedangkan George J. Mouly membagi perkembangan ilmu menjadi tiga (3) tahap yaitu animisme, ilmu empiris, dan ilmu teoretis.

Pada tahap animisme, manusia menjelaskan gejala yang ditemuinya dalam kehidupan sebagai perbuatan dewa-dewi, hantu dan berbagai makhluk halus. Pada tahap inilah pola pikir mitosentris masih sangat kental mewarnai pemikiran bangsa Yunani sebelum berubah menjadi logosentris. Sebagai contoh, gempa bumi pada saat itu tidak dianggap fenomena alam biasa, tetapi Dewa Bumi yang sedang menggoyangkan kepalanya. Namun, ketika filsafat diperkenalkan, fenomena alam tersebut tidak lagi dianggap sebagai aktivitas dewa, tetapi aktivitas alam yang terjadi secara kualitas. Dari hal tersebut diketahui bahwa proses berpikir manusia menuntut mereka untuk menemukan sebuah metode belajar dari pengalaman dan memunculkan keinginan untuk menyusun sesuatu hal secara empiris, serta dapat diukur.

Awal dari IPA dimulai pada saat manusia memperhatikan gejala-gejala alam, mencatatnya kemudian mempelajarinya. Pengetahuan yang diperoleh mula-mula terbatas pada hasil pengamatan terhadap gejala alam yang ada. Kemudian makin bertambah dengan pengetahuan yang diperoleh dari hasil pemikirannya. Selanjutnya dari peningkatan kemampuan daya pikirnya manusia mampu melakukan eksperimen untuk membuktikan dan mencari kebenaran dari suatu pengetahuan. Dari hasil eksperimen ini kemudian diperoleh pengetahuan yang baru. Setelah manusia mampu memadukan kemampuan penalaran dengan eksperimen lahirlah IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) sebagai suatu ilmu yang mantap.

Perkembangan IPA itu sendiri sangat lambat antara abad 15-16. Namun, perkembangan IPA lebih pesat setelah adanya

konsep Copernicus yang kemudian diperkuat Galileo (konsep geosentris → konsep heliosentris), dikenal sebagai permulaan abad ilmu pengetahuan modern (kebenaran berdasarkan induksi). Di awal abad 20 perkembangan IPA khususnya bidang fisika makin berkembang pesat setelah konsep fisika kuantum dan relativitas dan bermunculan beberapa fisikawan yang terkenal seperti Newton. Hal tersebut perlu direvisi dan penyesuaian dengan konsep ilmu pengetahuan ke arah pemikiran yang modern.

Ilmu pengetahuan akan terus berkembang sejalan dengan sifat manusia yang tidak pernah merasa puas dengan apa yang sudah dipunyai atau diketahuinya. Berdasarkan hal tersebut, maka ilmu pengetahuan merupakan siklus ilmu dengan penelitian sebagai intinya yang tidak pernah terputus. Bahkan akan semakin membesar dan meluas. Penggolongan IPA menjadi “klasik” dan “modern” bukan berkaitan dengan waktu maupun klasifikasi bidang ilmu. Penggolongan ini mengacu kepada konsepsi, yaitu cara berpikir, cara memandang, dan cara menganalisis suatu fenomena alam. IPA klasik telahannya mengikuti kaidah ilmu tradisional berdasarkan pengalaman, kebiasaan, dan bersifat makroskopik. Sedangkan IPA modern yang bersifat mikroskopik, muncul berdasarkan penelitian maupun pengujian dan telah diadakan pembaharuan yang dikaitkan dengan berbagai disiplin ilmu yang ada.

## **1. Zaman Kuno dan Yunani Kuno**

### **a. Zaman Kuno**

Masa ini berlangsung sekitar empat juta tahun yang lalu sampai 20.000 tahun sebelum Masehi. Zaman pra-Yunani



Kuno disebut juga sebagai Zaman Batu karena pada masa ini manusia masih menggunakan batu sebagai peralatan dalam kehidupan sehari-harinya. Sisa-sisa peradaban yang ditemukan dalam masa ini antara lain:

- 1) Alat-alat dari batu
- 2) Tulang belulang hewan
- 3) Sisa beberapa tanaman
- 4) Gambar di gua-gua
- 5) Tempat penguburan
- 6) Tulang belulang manusia purba

Sekitar abad ke-15 sampai 6 SM, manusia telah menggunakan besi, tembaga, perak untuk peralatannya. Abad ke-15 SM peralatan besi digunakan pertama kali di Irak, bukan di Eropa atau Tiongkok. Pengetahuan yang dikumpulkan pada zaman kuno berasal dari kemampuan mengamati dan membedakan, serta dari hasil percobaan yang sifatnya spekulatif atau *trial and error*. Semua pengetahuan yang diperoleh diterima sebagaimana adanya, belum ada usaha untuk mencari asal-usul dan sebab akibat dari segala sesuatu.

Pada zaman ini ditandai oleh kemampuan:

- 1) *Know how* dalam kehidupan sehari-hari yang didasarkan pada pengalaman.
- 2) Pengetahuan yang berdasarkan pengalaman itu diterima sebagai fakta dengan sikap *receptive mind*, keterangan masih dihubungkan dengan kekuatan magis.
- 3) Kemampuan menemukan abjad dan sistem bilangan alam sudah menampakkan perkembangan pemikiran

manusia ke tingkat abstraksi.

- 4) Kemampuan menulis, berhitung, menyusun kalender yang didasarkan atas sintesa terhadap hasil abstraksi yang dilakukan.
- 5) Kemampuan meramalkan suatu peristiwa atas dasar peristiwa-peristiwa sebelumnya yang pernah terjadi.

Pada saat manusia mulai memiliki kemampuan menulis, membaca, dan berhitung, maka pengetahuan yang terkumpul dicatat secara tertib dan berlangsung terus menerus. Pada masa ini manusia sudah mulai memperhatikan fenomena alam sebagai suatu proses alam sehingga mampu menemukan pengetahuan bahwa gugusan bintang di langit sebagai suatu kesatuan, dan menamainya seperti Ursa Mayor, Ursa Minor, Pisces, Scorpio, dan sebagainya. Mereka juga mempunyai kemampuan menghitung waktu bulan kembali pada bentuk yang sama yaitu 28-29 hari. Dari pengamatan dan pencatatan peredaran matahari, ahli astronomi Babilonia menetapkan pembagian waktu, 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 enam puluh ini juga digunakan untuk pengukuran sudut, 60 detik sama dengan 1 menit, 60 menit sama dengan 1 derajat dan satu lingkaran penuh sama dengan  $360^\circ$ . Demikian pula ahli Babilonia dapat meramalkan terjadinya gerhana matahari, tiap 18 tahun tambah 10 atau 11 hari. Ini terjadi kira-kira 3000 SM.

Pada tahun 2980-2950 SM telah dapat dibangun piramid di Mesir untuk menghormati dewa agar tidak terjadi bahaya

banjir di sungai Nil. Pembangunan piramid itu menunjukkan bahwa pengetahuan teknik bangunan dan matematika khususnya geometri dan aritmatika telah maju. Kurang lebih tahun 1.600 SM orang mesir telah menghitung keliling lingkaran sama dengan tiga kali garis tengahnya sedang luas lingkaran sama dengan seperdua belas kuadrat kelilingnya.

## **b. Zaman Yunani Kuno**

Pada zaman Yunani (600 – 200 SM) terjadi pola pikir yang lebih maju dari pola pikir mitos, di mana terjadi penggabungan antara pengamatan, pengalaman dan akal sehat, logika atau rasional. Aliran ini disebut rasionalisme. Lebih lanjut lagi dikenal dengan metode deduksi yaitu penarikan suatu kesimpulan didasarkan pada suatu yang bersifat umum (*premis mayor*) menuju ke yang khusus (*premis minor*). Dasar metode ilmiah sekarang adalah metode induksi, yang intinya adalah bahwa pengambilan keputusan dan kesimpulan dilakukan berdasarkan data pengamatan atau eksperimen.

Pengetahuan adalah segala sesuatu yang telah diketahui. Untuk mengetahui sesuatu, manusia dapat menggunakan indranya dengan cara mendengar, melihat, merasa, mencium, dan sebagainya. Semua pengetahuan yang didasarkan secara indrawi dikategorikan sebagai pengetahuan empiris, artinya pengetahuan yang bersumber dari pengalaman. Oleh karena itu, pengalaman menjadi bagian penting dari seluk-beluk adanya pengetahuan.

Periode Yunani Kuno adalah tempat bersejarah di mana sebuah bangsa memiliki peradaban. Oleh karenanya, Yunani Kuno sangat identik dengan filsafat yang merupakan induk

dari ilmu pengetahuan. Padahal filsafat dalam pengertian yang sederhana sudah berkembang jauh sebelum para filosof klasik Yunani menekuni dan mengembangkannya. Filsafat di tangan mereka menjadi sesuatu yang sangat berharga bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada generasi-generasi setelahnya. Ia ibarat pembuka pintu-pintu aneka ragam disiplin ilmu yang pengaruhnya terasa hingga sekarang.

Menurut Bertrand Russel, di antara semua sejarah, tak ada yang begitu mencengangkan atau begitu sulit diterangkan selain lahirnya peradaban di Yunani secara mendadak. Memang banyak unsur peradaban yang telah ada ribuan tahun di Mesir dan Mesopotamia. Namun, unsur-unsur tertentu belum utuh sampai kemudian bangsa Yunani yang menyempurnakannya. Seiring dengan waktu, filsafat dijadikan sebagai landasan berpikir oleh bangsa Yunani untuk menggali ilmu pengetahuan sehingga berkembang pada generasi-generasi setelahnya. Itu ibarat pembuka pintu-pintu aneka ragam disiplin ilmu yang pengaruhnya terasa hingga sekarang. Karena itu, periode perkembangan filsafat Yunani merupakan entri poin untuk memasuki peradaban baru umat manusia. Zaman ini berlangsung dari abad 6 SM sampai dengan sekitar abad 6 M. Zaman ini menggunakan sikap *an inquiring attitude* (suatu sikap yang senang menyelidiki sesuatu secara kritis), dan tidak menerima pengalaman yang didasarkan pada sikap *receptive attitude* (sikap menerima segitu saja). Sehingga pada zaman ini filsafat tumbuh dengan subur. Yunani mencapai puncak kejayaannya atau zaman keemasannya. Pada tahap ini manusia tidak hanya menerima pengetahuan seadanya, tetapi secara

spekulatif mencoba mencari jawab tentang asal-usul dan sebab-akibat dari segala sesuatu.

1) Thales (624-545 SM).

Kurang lebih 600 tahun sebelum Nabi Isa (Yesus) terlahir, muncul sosok pertama dari tridente Miletus yaitu Thales yang menggebrak cara berpikir mitologis masyarakat Yunani dalam menjelaskan segala sesuatu. Sebagai saudagar-filosof, Thales amat gemar melakukan rihlah. Ia bahkan pernah melakukan lawatan ke Mesir. Thales adalah filsuf pertama sebelum masa Socrates. Menurutnya zat utama yang menjadi dasar segala materi adalah air. Pada masanya, ia menjadi filsuf yang mempertanyakan isi dasar alam. Ia dianggap orang pertama yang mempertanyakan dasar dari alam dan segala isinya. Thales berpendapat bahwa pangkal segala sesuatu adalah air: dari air asal segala sesuatu, kepada air pula ia akan kembali. Di samping itu juga menyatakan bahwa bintang mengeluarkan cahaya sendiri, sedangkan bulan menerima cahaya dari matahari.

2) Anaximenes (588-526 SM)

Berpendapat bahwa zat dasar adalah udara. Ia menganggap bahwa semuanya di alam semesta dirasuki dengan udara. Segala zat terjadi dari udara yang merapat dan merenggang. Pendapat ini mungkin dihubungkan dengan kenyataan bahwa manusia itu tergantung kepada pernafasan.

3) Anaximander (610-546 SM)

Anaximander (610 SM-546 SM) dengan diktum falsafinya bahwa permulaan yang pertama, tidaklah bisa ditentukan (*apeiron*), karena tidaklah memiliki sifat-sifat zat yang ada sekarang. Berpendapat langit dengan segala isinya

itu mengelilingi bumi dan sebenarnya langit yang nampak itu hanya separohnya.

4) Heraklitos (535-475 SM)

Menyatakan bahwa api adalah asal segala sesuatu, sebab api ini yang menggerakkan sesuatu, menghidupkan alam semesta, yang berubah-ubah sifatnya di dalam proses yang kekal. Yang kekal hanyalah perubahan, segala sesuatu adalah mengalir.

5) Pythagoras (580-499 SM)

Dikenal sebagai Bapak Bilangan, dan salah satu peninggalan Pythagoras yang terkenal adalah teorema Pythagoras, yang menyatakan bahwa kuadrat hipotenusa dari suatu segitiga siku-siku adalah sama dengan jumlah kuadrat dari kaki-kakinya (sisi-sisi siku-sikunya). Walaupun fakta di dalam teorema ini telah banyak diketahui sebelum lahirnya Pythagoras, namun teorema ini dikreditkan kepada Pythagoras karena ia yang pertama kali membuktikan pengamatan ini secara matematis. Mengemukakan 4 unsur dasar yaitu bumi, air, udara, dan api. Dalam bidang matematika menemukan dalil yang terkenal yaitu bahwa kuadrat panjang sisi miring sebuah segi tiga siku-siku sama dengan jumlah kuadrat panjang kedua sisi siku-sikunya. Ia berhasil menyumbang teori tentang bilangan, pembentukan benda, dan menemukan hubungan antara nada dengan panjang dawai.

6) Empedokles (495-435 SM)

Menerima 4 unsur dasar menurut Pythagoras dan menyatakan bahwa sifat segala benda terjadi dari

pencampuran keempat unsur itu dalam perbandingan yang berbeda. Keempat unsur itu adalah sifat panas, dingin, basah, dan kering. Selain itu, ia menambahkan satu unsur lagi yang ia sebut cinta (*philia*). Hal ini dilakukannya untuk menerangkan adanya keterikatan dari satu unsur ke unsur lainnya. Empedokles juga dikenal sebagai peletak dasar ilmu-ilmu fisika dan biologi pada abad 4 dan 3 SM. Kering dan dingin membentuk bumi, panas dan kering unsur pembentuk api. Air dari basah dan dingin, udara dari basah dan panas. Selain itu juga dinyatakan bahwa segala benda yang sejenis akan tarik menarik, sedang yang berlawanan akan tolak menolak.

7) Socrates (469 SM-399 SM)

Socrates lahir di Athena, dan merupakan generasi pertama dari tiga ahli filsafat besar dari Yunani, yaitu Socrates, Plato dan Aristoteles. Socrates adalah yang mengajar Plato, dan Plato pada gilirannya juga mengajar Aristoteles. Sumbangsih Socrates yang terpenting bagi pemikiran Barat adalah metode penyelidikannya, yang dikenal sebagai metode elenchos yang banyak diterapkan untuk menguji konsep moral yang pokok. Karena itu, Socrates dikenal sebagai bapak dan sumber etika atau filsafat moral, dan juga filsafat secara umum. Periode setelah Socrates ini disebut dengan zaman keemasan kelimuan bangsa Yunani karena pada zaman ini kajian-kajian kelimuan yang muncul adalah perpaduan antara filsafat alam dan filsafat tentang manusia.

8) Leukippos dan Demokritos (460-370 SM)

Dalam mencari unsur dasar dari segala sesuatu Leukippos & Demokritos mengemukakan teori atom sebagai berikut: zat memiliki bangun butir. Segala zat terdiri atas atom, yang tidak dapat dibagi, tak dapat dimusnahkan tak dapat diubah. Atom-atom dapat berbeda dalam jumlah dan susunan atom. Semua perubahan akibat dari penggabungan dan penguraian atom menurut hukum sebab akibat. Tidak ada masalah kebetulan dan ciptaan. Yang ada hanyalah atom dan kehampaan.

9) Plato (427-345 SM)

Pendekatan penelitian yang digunakan oleh Plato adalah apa yang dikenal ilmuwan sekarang sebagai idealisme atau rasionalisme. Melalui pendekatan ini pengetahuan ilmiah diperoleh secara deduktif yakni membangun konklusi umum dengan mengandalkan ide-ide murni, akal dan logika dan kemudian menerapkannya pada kasus-kasus tertentu. Pendekatan tersebut telah melahirkan alat bantu pengetahuan ilmiah berupa matematika. Plato menyatakan bahwa pengetahuan yang benar adalah yang sejak semula telah ada dalam alam pikiran atau alam ide. Sumbangsih Plato yang terpenting tentu saja adalah ilmunya mengenai ide. Dunia fana ini tiada lain hanyalah refleksi atau bayangan daripada dunia ideal.

10) Aristoteles (384-322 SM)

Menerima 4 unsur dasar: tanah, udara, air, dan api, dan menambahkan unsur yang kelima yaitu eter atau "*quint essentia*". Ia menganggap unsur yang satu dapat



berubah menjadi unsur yang lain, kecuali eter yang tak dapat berubah. Dari air dan tanah yang menjadi masak terjadi garam, biji, dan logam. Emas adalah logam yang tidak mengandung tanah. Logam perak, tembaga, timah putih, dan besi, pada dasarnya banyak mengandung tanah. Semua logam akan mengalami proses memasak menjadi logam mulia, yaitu emas. Pendapat bahwa unsur berubah menjadi unsur lain inilah yang menjadi dasar dari alkimia untuk mengubah logam biasa menjadi emas. Pendapat Aristoteles yang lain adalah bahwa untuk mencari pengetahuan yang benar adalah dengan jalan pikiran secara deduktif. Berbeda dengan Plato, Aristoteles menyangkal bahwa pengetahuan yang benar itu berasal dari dunia yang gaib, melainkan menghargai pengetahuan yang diperoleh dan dibuktikan dengan pancaindra.

Aristoteles meletakkan dasar-dasar pengembangan ilmu pengetahuan ilmiah melalui pendekatan empiris dengan mengandalkan pada kemampuan indera terutama mata dan telinga. Pendekatan ini kemudian dikenal dengan istilah metode empirisme atau metode induktif. Dalam hal ini, pengetahuan ilmiah diperoleh dengan cara mengambil konklusi umum atau generalisasi dari sejumlah kejadian baik fenomena alam maupun sosial yang bersifat kasuistik. Pendekatan empirisme atau metode induktif tersebut telah melahirkan alat bantu ilmu pengetahuan ilmiah yang disebut statistika.

Logika Aristoteles adalah suatu sistem berpikir deduktif (*deductive reasoning*), yang bahkan sampai saat

ini masih dianggap sebagai dasar dari setiap pelajaran tentang logika formal. Meskipun demikian, dalam penelitian ilmiahnya ia menyadari pula pentingnya observasi, eksperimen dan berpikir induktif (*inductive thinking*).

Sebuah teori yang cukup terkenal lahir dari Aristoteles, yaitu teori tentang materi dan bentuk. Keduanya ini merupakan prinsip-prinsip metafisis. Materi adalah prinsip yang tidak ditentukan, sedangkan bentuk adalah prinsip yang menentukan. Teori ini kemudian dikenal dengan sebutan *Hylemorfisme*.

11) Archimedes (sekitar 287-212 SM)

Seorang ahli matematika, astronom, filsuf, fisikawan, dan insinyur berbangsa Yunani. Archimedes dianggap sebagai salah satu matematikawan terbesar sepanjang masa. Hal ini didasarkan pada temuannya berupa prinsip matematis tuas, sistem katrol (yang didemonstrasikannya dengan menarik sebuah kapal sendirian saja), dan ulir penak, yaitu rancangan model planetarium yang dapat menunjukkan gerak matahari, bulan, planet-planet, dan kemungkinan konstelasi di langit. Dari karya-karyanya yang bersifat eksperimental, ia kemudian dijuluki sebagai Bapak IPA Eksperimental.

12) Ptolomeus (127-151)

Berpendapat bahwa bumi sebagai pusat jagat raya, bintang dan matahari mengelilingi bumi (*geosentrisme*). Planet beredar melalui orbitnya sendiri dan terletak antara bumi dan bintang. Karya Ptolomeus ditulis sekitar tahun 150 dan diberi nama *Syntaxis*, yang kemudian oleh bangsa

Arab dinamakan Almagest yang menjadi ensiklopedia dalam ilmu perbintangan. Pendapat dan pandangan dari Aristoteles serta Ptolomeus berpengaruh sangat lama sampai dengan menjelang zaman modern, yaitu sampai zaman Galileo, geosentrisme diganti dengan heliosentris (matahari sebagai pusat jagat raya).

## **2. Zaman Pertengahan**

### **a. Zaman Alkimia (Abad 1-2)**

Alkimia adalah protosains yang menggabungkan unsur-unsur kimia, fisika, astrologi, seni, semiotika, metalurgi, kedokteran, mistisisme, dan agama. Dua tujuan yang saling berkaitan yang diupayakan oleh banyak ahli alkimia adalah filosofi, sebuah zat mitos yang memungkinkan terjadinya transmudasi logam biasa menjadi emas; dan panacea universal, obat yang dapat menyembuhkan segala penyakit dan memperpanjang usia. Alkimia dapat dipandang sebagai cikal-bakal ilmu kimia modern sebelum dirumuskannya metode ilmiah. Ahli alkimia menerima pendapat empat buah unsur tanah, udara, api, dan air bahkan menambahkan tiga lagi, yaitu: air raksa, belerang, dan garam. Di sini pengertian unsur lebih dimaksudkan sebagai sifatnya daripada unsur itu sendiri.

Air raksa = logam yang mudah menjadi uap.

Belerang = mudah terbakar dan memberi warna.

Garam = tak dapat terbakar dan bersifat tanah.

### **b. Periode Islam**

Tidak terbantahkan bahwa Islam sesungguhnya adalah ajaran yang sangat cinta terhadap ilmu pengetahuan. Hal ini

sudah terlihat dari pesan yang terkandung dalam al-Qur'an yang diwahyukan pertama kali kepada Nabi Muhammad saw, yaitu surat al-'Alaq dengan diawali kata perintah *iqra* yang berarti (bacalah). Gairah intelektualitas di dunia Islam ini berkembang pada saat Eropa dan Barat mengalami titik kegelapan. Sebagaimana dikatakan oleh Josep Schumpeter dalam buku magnum opusnya yang menyatakan adanya *great gap* dalam sejarah pemikiran ekonomi selama 500 tahun, yaitu masa yang dikenal sebagai jaman kegelapan (*dark ages*). Masa kegelapan Barat itu sebenarnya merupakan masa kegemilangan umat Islam, suatu hal yang berusaha disembunyikan oleh Barat karena pemikiran ekonom muslim pada masa inilah yang kemudian banyak dicuri oleh para ekonom Barat. Pada saat itulah di Timur, terutama di wilayah kekuasaan Islam terjadi perkembangan ilmu pengetahuan yang pesat. Di saat Eropa pada zaman pertengahan lebih berkekat pada isu-isu keagamaan, maka peradaban dunia Islam melakukan penterjemahan besar-besaran terhadap karya-karya filosof Yunani, dan berbagai temuan di lapangan ilmiah lainnya.

Zaman Keemasan Islam (*Islamic Golden Age*) merupakan suatu periode ketika dunia Arab secara politis bersatu di bawah kekhalifahan. Pada era ini, khususnya di bawah pemerintahan Harun Al-Rasyid dan Al-Ma'mun, dunia Islam mengalami kemajuan ilmu pengetahuan, sains, dan budaya yang luar biasa pesat. Secara tradisional, periode ini punya rentang antara abad 8 Masehi hingga abad 13 Masehi. Banyak ahli sejarah yang punya pendapat bahwa periode ini juga ditandain sama waktu berdirinya Bayt al Hikmah (750—1258) yang merupakan

pusat studi, perpustakaan, sekaligus universitas terbesar di dunia pada saat itu. Pada periode yang cukup panjang ini (sekitar 500 tahun), bisa dikatakan tidak ada peradaban lain di muka bumi yang bisa menandingi pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan di dunia Islam, dari mulai Eropa, Cina, India, semuanya salut dengan kegigihan kekhalifahan yang menjunjung tinggi ilmu pengetahuan melebihi peradaban mana pun pada masa itu.

Beberapa cendekiawan Islam yang mempengaruhi perkembangan ilmu pengetahuan dunia, di antaranya:

- 1) Al Khowarizmi (780-850) Buku pertamanya, *al-Jabar*, lengkapnya dalam *Kitāb Al Mukhtasar fi Hisāb al Jabr wa'l-Muqābalah* atau “Buku Rangkuman untuk Kalkulasi dengan Melengkapkan dan Menyeimbangkan” adalah buku pertama yang membahas solusi sistematis dari linear dan notasi kuadrat sehingga ia disebut sebagai Bapak Aljabar dan Arimatika yang kemudian mendorong penggunaan sistem desimal. Ia juga menulis perhitungan biasa (*arithmetics*), yang menjadi pembuka jalan penggunaan cara desimal di Eropa untuk menggantikan tulisan Romawi. Selain itu, beliau inilah yang berhasil memetakan pergerakan matahari, bulan, dan kelima planet yang dia tulis dalam kitab *Zīj al-Sindhind* (Perhitungan Astronomi Pakistan dan India)
- 2) Omar Khayam (1043-1132) ahli astronomi dengan mengoreksi hingga enam desimal di belakang koma) mengukur panjang satu tahun sebagai 365,24219858156 hari, sebagai ahli matematika menulis buku tentang

aljabar berjudul *Treatise on Demonstration of Problems of Algebra*;

- 3) Abu Ibnu sina (atau Avicenna, 980-1137) menulis buku-buku kedokteran (*Kitab Penyembuhan* dan *Qanun Kedokteran* atau *Al-Qanun fi At Tibb*) yang menjadi standar dalam ilmu kedokteran di Eropa. Ibnu Sina juga merupakan salah seorang yang pertama kali menemukan cara pengobatan bagi orang yang sakit dengan cara menyuntikkan obat ke tubuh penderita. Ibnu Sina membuat penemuan dari pipa udara yang terbuat dari emas dan perak, kemudian dimasukkan ke dalam mulut dan diteruskan ke kerongkongan untuk mengobati orang yang tercekik dan sulit bernafas. Dalam mengobati penyakit pada kepala, Ibnu Sina mengetahui hakikat ilmiah penting, bahwa tulang tempurung kepala apabila pecah tidak dapat melekat kembali seperti tulang lainnya pada badan, melainkan ia akan tetap terpisah dan hanya terikat dengan selaput yang kuat. Ibnu Sina membagi pecahnya tepurung kepala menjadi dua macam berdasarkan ada atau tidak adanya luka pada kepala. Merupakan orang yang pertama kali dalam hal menemukan : kedokteran makanan dan penyakit perut, tentang penyakit ginjal dan saluran kencing, tentang penyakit khusus wanita, tentang penyakit saraf, tentang penyakit kejiwaan, di bidang kedokteran mata, dalam mengobati tumor, dalam hal pembiusan, pengukuran denyut nadi, dsb.

Ibnu Sina membuat "*Kitab al Shifa*" atau lebih dikenal dengan *The Book of Healing*. Dalam buku itu, Avicenna

meletakkan dasar-dasar dan aturan dalam menjalankan metode eksperimen dalam mencari kebenaran dalam ilmu pengetahuan, di dalamnya juga membuat hipotesis bahwa awal terbentuknya gunung adalah proses pergerakan permukaan bumi seperti gempa bumi dan pergerakan sungai. Sampai akhirnya metode saintifik tersebut disempurnakan oleh Galileo yang menjadi Bapak Sains Modern. Maka tidak heran apabila beliau diberi julukan *al-Ra's* atau puncak gunung pengetahuan.

- 4) Ibnu Yunus (958-1009) merupakan penemu kuadran berlubang alat pengukur gerakan bintang. Penemuannya yang terpenting ialah pendulum atau bandul ayunan yang digunakan untuk mengukur detik-detik waktu dalam observasi benda-benda angkasa, 600 tahun sebelum Galileo Galilei dan C. Huygens yang sekarang dianggap penemuannya.
- 5) Ibnu Haitsam (965-1040), bukunya mengenai cahaya yang ditulisnya telah diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris, antara lain *Light on Twilight Phenomena*. Kajiannya banyak membahas mengenai lingkaran cahaya di sekitar bulan dan matahari serta bayang-bayang dan gerhana. Membahas mengenai senja dan cahaya fajar bermula apabila matahari berada di garis  $19^{\circ}$  di ufuk timur. Warna merah pada senja pula akan hilang apabila matahari berada di garis  $19^{\circ}$  derajat ufuk barat. Dalam kajiannya, dia juga telah berhasil menghasilkan kedudukan cahaya seperti bias cahaya dan pembalikan cahaya, menemukan teori lensa pembesar. Teori itu telah digunakan oleh para

ilmuwan di Itali untuk menghasilkan kaca pembesar yang pertama di dunia.

Karya monumentalnya adalah di bidang optik, yaitu *al-Manāẓir*, yang membahas mengenai masalah-masalah yang berkaitan dengan mata. Dalam penyelidikannya, beliau telah mengkaji gerakan cahaya, ciri-ciri bayang dan gambar, serta banyak lagi fenomena optik yang penting. Beliau menolak teori Ptolomy dan Euclid mengatakan bahwa manusia melihat benda melalui pancaran cahaya yang keluar dari matanya. Tetapi menurut Ibnu al-Haytham, bukan mata yang memberikan cahaya, tetapi benda yang dilihat itu. Yang lebih menakjubkan telah menemui prinsip isi padu udara sebelum seorang ilmuwan yang bernama Tricella yang mengetahui perkara itu 500 tahun kemudian. Ibnu Haitsam juga telah menemukan kewujudan tarikan gravitasi sebelum Isaac Newton mengetahuinya.

- 6) Jabir Ibn-Hayyan (721-815), ilmuwan dari Iran yang ahli di bidang kimia. Dia adalah orang pertama yang mengidentifikasi zat yang bisa melarutkan emas. Jabir juga orang pertama yang menemukan asam sulfat, klorida dan nitrat. Kontribusi lainnya ialah pada penemuan alkali. Ia mengembangkan teknik eksperimentasi sistematis di dalam penelitian kimia sehingga setiap eksperimen dapat direproduksi kembali. Jabir menekankan bahwa kuantitas zat berhubungan dengan reaksi kimia yang terjadi sehingga dapat dianggap Jabir telah merintis ditemukannya hukum perbandingan tetap. Kontribusi lainnya antara lain dalam



penyempurnaan proses kristalisasi, distilasi, kalsinasi, sublimasi dan penguapan, serta pengembangan instrumen untuk melakukan proses-proses tersebut.

Karya-karya beliau banyak diterjemahkan ke dalam berbagai bahasa, dan kemudian diserap oleh ilmu kimia modern. Eropa kemudian mulai mengenal istilah-istilah teknik seperti realiger (sulfit merah dari arsenik), tutia (seng oksida), alkali, antimonial, alembic, dan aludel. Demikian juga salomoniak (sejenis substansi baru kimia) telah diperkenalkan oleh Jabir yang sebelumnya tidak pernah dikenal oleh orang-orang Yunani. Dia juga yang menemukan larutan aqua regia (dengan menggabungkan asam klorida dan asam nitrat) untuk melarutkan emas. Jabir juga mampu mengaplikasikan pengetahuannya di bidang kimia ke dalam proses pembuatan besi dan logam lainnya, serta pencegahan karat. Dia jugalah yang pertama mengaplikasikan penggunaan mangan dioksida pada pembuatan gelas kaca. Jabir berhasil memadukan asam hidroklorik (senyawa garam) dengan asam netrik. Kemudian campuran yang dihasilkan dari perpaduan ini dikenal dengan nama “air emas” atau “air raksa”, karena kemampuannya untuk mencairkan emas. Cara pemaduan berikutnya adalah dengan meneteskan campuran garam makanan (clorit sodium) dan kaca biru atau kaca ciprus. Jabir menyifati zat asam ini sebagai air keras karena zat ini dapat mencairkan logam. Jabir adalah orang yang merumuskan cara pembuatan tinta dari sulfite besi yang dicampur emas, sehingga bisa mengganti air emas (yang mahal harganya) untuk membuat tulisan dari tinta emas.

Jabir mampu merumuskan cara-cara istimewa dalam mewarnai kulit, membuat pernis, mengeraskan kain tenun, mengecat rambut dan beberapa keperluan sehari-hari lainnya yang menggunakan bahan-bahan kimia.

- 7) Ibnu al-Nafis (1213-1288) merupakan ilmuwan dari Damaskus yang punya kontribusi besar di bidang medis. Ia merumuskan dasar-dasar sirkulasi lewat temuannya tentang sirkulasi dalam paru-paru, sirkulasi jantung, dan kapiler. Merupakan ilmuwan pertama yang mengungkapkan teori pembuluh darah kapiler. Ia secara akurat dapat mendeskripsikan peredaran darah dalam tubuh, sistem peredaran darah Ibn Nafis bermula dari bilik kanan–arteri pulmonalis–paru-paru–vena pulmonalis–(serambi kiri)–bilik kiri. Penelitiannya berujung pada kesimpulan bahwa darah dipompa dari bilik kanan ke paru-paru, tempat darah akan bercampur dengan oksigen, untuk kemudian dialirkan ke bilik kiri. Dengan teori ini, Ibn Nafis membuktikan bahwa darah disaring di dalam paru-paru, yang lebih lanjut dikenal sebagai sistem peredaran darah pulmonal. Ia menjadi orang pertama pula yang menyatakan paru-paru terdiri atas sejumlah bagian, di antaranya laring, pembuluh arteri, dan pembuluh vena. Lokasi semua bagian itu terletak dalam jaringan yang lembut dan berpori. Al-Nafis sering dijuluki sebagai bapak fisiologi peredaran darah.
- 8) Nasir al Din Tusi dalam kitabnya *Akhlaq-i-Nasri* menyampaikan teorinya tentang mekanisme seleksi alami yang membentuk keanekaragaman hayati di dunia,

yang dia kemukakan 750 tahun sebelum Charles Darwin dan Alfred Wallace, duet pengungkap rahasia Seleksi Alami. Tusi menyebutkan bahwa organisme-organisme yang lebih cepat untuk bermutasi dan berubah bentuk/ memiliki perubahan fungsi organ akan lebih bervariasi dibandingkan individu lainnya. Badan organisme tersebut berubah karena faktor internal dan eksternal. Ini nih, yang merupakan titik awal pemikiran manusia tentang asal mula spesies terbentuk.

Karya-karya di bidang trigonometri menandai puncak kemajuan ilmu trigonometri. Dialah yang mengarang *Kitab Shakh Al-Qatta* (Risalah tentang Kuadrilateral), sebuah karya dengan keaslian luar biasa. Buku yang menguraikan trigonometri bulatan ini sangat terkenal, dan mungkin merupakan karya terbaik yang pernah ditulis sepanjang abad pertengahan.

- 9) Al-Jazari, ilmuwan dari Mesopotamia, yang hidup pada abad pertengahan. Ia menulis buku *Pengetahuan Ilmu Mekanik* tahun 1206, di mana ia menjelaskan lima puluh peralatan mekanik berikut instruksi tentang bagaimana cara merakitnya. Al-Jazari merupakan seorang tokoh besar di bidang mekanik dan industri, mendapat julukan sebagai bapak Modern Engineering berkat temuan-temuannya yang banyak mempengaruhi rancangan mesin-mesin modern saat ini, di antaranya *combustion engine*, *crankshaft*, *suction pump*, *programmable automation*, dan sebagainya.

- 10) Al-Rāzī (850-923) dalam kitabnya *Al-Hiawi* merupakan sebuah ensiklopedi mengenai seluruh perkembangan ilmu kedokteran sampai masanya Rhazas mengarang suatu *Encyclopedia* ilmu kedokteran dengan judul *Continens*. Dalam buku *Kitab Ath-Thib Al-Manshuri*, Ar-Razi menjelaskan tentang anatomi tubuh manusia, termasuk anatomi kerangka manusia dan susunan urat saraf serta anatomi pembuluh darah dan tenggorokan. Ar-Razi berhasil menemukan benang jahit untuk operasi yang terbuat dari bahan selaput hewan. Dia merupakan orang yang pertama kali menjelaskan penggunaan perban gypsum pada pengobatan patah tulang. *Kitab Man La Yahdhuru Ath-Thabib*. Buku ini berisi tentang pertolongan pertama pada kecelakaan sebelum dibawa ke dokter.
- Kitab Manafi Al-Aghdzyah*. Dalam buku ini dijelaskan tentang pengaruh makanan bagi kesehatan secara umum serta bahayanya dalam keadaan mengudap penyakit tertentu. Buku ini merupakan buku kedokteran pertama dalam bidang makanan.
- 11) Al-Kindi, merupakan orang yang pertama kali membuat tesis tentang biru langit. Ia menjelaskan bahwa biru langit bukanlah warna langit itu sendiri, melainkan warna dari pantulan cahaya lain yang berasal dari penguapan air dan butir-butir debu yang bergantung di udara. Ia adalah penemu berbagai ilmu tentang pembuatan aroma parfum, aroma kimia untuk membuat kaca, warna, dan besi. Sebuah tesisnya yang berhubungan dengan pembuatan parfum

adalah dia berhasil menciptakan berbagai jenis aroma dari parfum itu, seperti pembuatan minyak kasturi, dan lain-lain. Ia juga berhasil menjelaskan secara rinci proses kimia lainnya, seperti penyaringan dan penyulingan. Salah satu penemuannya yang sangat menakjubkan adalah hipotesanya tentang pasang dan surut air.

- 12) Di Cina ada Shen Kuo (1031 M–1095 M), seorang ilmuwan dan negarawan yang pertama kali menggambarkan magnet jarum kompas yang digunakan untuk navigasi, menemukan konsep utara sejati, menyusun teori pembentukan tanah, atau geomorfologi.

Secara garis besar sumbangan bangsa Arab dalam pengembangan pengetahuan alam adalah:

- 1) Menerjemahkan peninggalan bangsa Yunani, mengembangkannya dan kemudian menyebarkan dan mengembangkan ke Eropa gerakan penerjemahan berlangsung dalam tiga fase. Fase pertama pada masa Khalifah al-Manshur hingga Harun ar-Rasyid. Pada masa ini yang banyak diterjemahkan adalah karya-karya dalam bidang astronomi dan mantiq. Fase kedua berlangsung mulai masa khalifah Al-Makmun hingga tahun 300 H. Buku-buku yang banyak diterjemahkan adalah dalam bidang filsafat dan kedokteran. Pada fase ketiga berlangsung setelah tahun 300 H, terutama setelah adanya pembuatan kertas.
- 2) Mengembangkan metode eksperimen sehingga memperluas pengamatan dalam lapangan kedokteran, obat-obatan, astronomi, kimia, dan biologi.

- 3) Memantapkan penggunaan sistem penulisan bilangan dengan dasar sepuluh dan ditulis dengan posisi letak, artinya nilai suatu angka terletak pada letaknya. Contoh: bilangan 2132 = paling depan berarti dua ribuan, berturut-turut ke belakang, satu ratusan, tiga puluhan dan dua satuan. Cabang matematika elementer yaitu aljabar diawali dan dikembangkan bangsa Arab.

### c. Masa Renaisans

Renaisans atau Abad Pembaharuan adalah kurun waktu abad ke-15 sampai abad ke-16 di dalam sejarah Eropa yang merupakan masa peralihan dari Abad Pertengahan ke Zaman Modern. Istilah “Renaisans” berasal dari kata Prancis *renaissance* (pengucapan bahasa Prancis: [ʁənɛsɑ̃s]), artinya ‘kelahiran kembali’, dari kata dasar *renaître*, artinya ‘lahir kembali’. Padanannya dalam bahasa Italia adalah *rinascimento*, dari kata dasar *rinascere*. Renaisans bermula seusai Krisis Akhir Abad Pertengahan, dan berkaitan dengan perubahan sosial besar-besaran. Renaisans adalah periode perkembangan peradaban yang terletak di ujung atau sesudah abad kegelapan sampai muncul abad modern. Renaisnsnce berarti kelahiran kembali, yakni upaya untuk menghidupkan kembali kebudayaan klasik Yunani dan Romawi. Zaman *renaissance* sering disebut pula zaman humanisme, yakni zaman di mana manusia diangkat dari zaman pertengahan. Ciri khas yang melekat pada zaman ini adalah humanisme, individualisme, lepas dari agama, empirisme, dan rasionalisme. Di zaman ini pandangan-pandangan Ibn Rushd sangat digandrungi, baik

yang ditranformasikan lewat karya-karyanya maupun melalui komentar-komentar para muridnya.

Renaissans merupakan era sejarah yang penuh dengan kemajuan dan perubahan yang mengandung arti bagi perkembangan ilmu. Ciri utama *renaissance* yaitu humanisme, individualisme, sekulerisme, empirisisme, dan rasionalisme. Sains berkembang karena semangat dan hasil empirisisme. Pengaruh ilmu pengetahuan Islam atas Eropa yang sudah berlangsung sejak abad ke-12 M itu menimbulkan gerakan kebangkitan kembali (*renaissance*) pusaka Yunani di Eropa pada abad ke-14 M. Berkembangnya pemikiran Yunani di Eropa kali ini adalah melalui terjemahan-terjemahan Arab yang dipelajari dan kemudian diterjemahkan kembali ke dalam bahasa latin. Walaupun Islam akhirnya terusir dari negeri Spanyol dengan cara yang sangat kejam, tetapi Islam telah membidani gerakan-gerakan penting di Eropa. Gerakan-gerakan itu adalah kebangkitan kembali (*renaissance*) kebudayaan Yunani klasik pada abad ke-14 M, rasionalisme pada abad ke-17 M, dan pencerahan (*aufklarung*) pada abad ke-18 M. Contoh-contoh awalnya adalah perkembangan perspektif dalam pembuatan lukisan cat minyak dan dihidupkannya kembali kepandaian membuat beton.

Agak sulit menentukan garis batas yang jelas antara abad pertengahan, zaman renaissans, dan zaman modern. Sementara orang menganggap bahwa zaman modern hanyalah perluasan dari zaman renaissans. Pengetahuan yang terkumpul sejak zaman Yunani sampai abad pertengahan sudah banyak tetapi belum sistimatis dan belum dianalisis menurut jalan

pikiran tertentu. Biasanya pemikiran diwarnai cara berpikir filsafat, agama atau bahkan mistik. Setelah alat sempurna dikembangkan metode eksperimen.

1) Roger Bacon (1214-1294)

Menyatakan bahwa pada hakikatnya ilmu pengetahuan alam adalah ilmu yang berdasarkan kepada kenyataan yang disusun dan dibentuk dari pengalaman, penyelidikan, dan percobaan. Matematika merupakan dasar untuk berpikir dan merupakan kunci untuk mencari kebenaran dalam ilmu pengetahuan.

2) Leonardo da Vinci (1452-1519)

Pernah menyatakan bahwa percobaan tidak mungkin sesat, yang tersesat adalah pandangan dan pertimbangan kita.

3) Francis Bacon (1561-1626)

Berpendapat bahwa cara berpikir induktif merupakan satu-satunya jalan untuk mencapai kebenaran. Hanya percobaan dan penyelidikan yang menumbuhkan pengertian terhadap keadaan alam. Mulai saat itu kegiatan eksperimen ditingkatkan sehingga cara memperoleh pengetahuan dilakukan dengan langkah-langkah:

- Observasi dan pengumpulan data.
- Menyusun model atau ramalan generalisasi.
- Melakukan eksperimen untuk menguji ramalan atau generalisasi
- Kesimpulan atau hukum yang lebih mantap.

4) Nicolas Copernicus (1473-1543) seorang astronom, matematika dan pengobatan. Tulisannya yang terkenal dan



merombak pandangan Yunani berjudul *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (Peredaran Alam Semesta). Buku ini ditulis pada tahun 1507 AD, tetapi tidak segera dideklarasikan karena konsepnya bertentangan dengan konsep lama yang sudah mendapat justifikasi dari penguasa. Pokok-pokok ajarannya sebagai berikut:

- Matahari adalah pusat dari sistem solar, di mana sistem itu bumi merupakan salah satu planet di antara planet-planet lain yang beredar mengelilingi matahari.
- Bulan beredar mengelilingi bumi dan bersama bumi mengelilingi matahari.
- Bumi berputar pada porosnya dari arah barat ke timur yang mengakibatkan adanya siang dan malam dan pandangan gerakan bintang-bintang.

Pengikut Copernicus adalah Bruno (1548 - 1600 M) memperoleh kesimpulan lebih jauh lagi, yaitu:

- Jagat raya ini tidak ada batasnya
- Bintang-bintang tersebar di seluruh jagat raya.

Konsep-konsep di atas dibenarkan Galileo Galilei (1564-1642 M) dengan menggunakan teleskopnya yang mampu melihat tata surya dan mengumumkan hasil penemuannya bahwa teori Geosentri dianggap salah dan yang benar adalah teori Heliosentris sebagaimana dikemukakan oleh Copernicus dan Kepler sekalipun bertentangan dengan pendapat penguasa yang mempertahankan teori geosentris dan menganggap suci bumi dan menjadi pusat tata surya sebagai tempat singgasana para raja.

- 5) Johannes Keppler (1571-1630)
  - Orbit dari semua planet berbentuk elips.
  - Dalam waktu yang sama, maka garis penghubung antara planet dan matahari selalu melintas bidang yang luasnya sama
  - Pangkat dua dari waktu yang dibutuhkan sebuah planet untuk mengelilingi matahari adalah sebanding dengan pangkat tiga dari jarak rata-rata planet itu dengan matahari.
- 6) Galileo Galilei (1546-1642)

Antara lain menemukan 4 hukum gerak, penemuan tata bulan planet Jupiter, mendukung heliosentrisme dari Copernicus dan hukum Keppler. Ia juga menyatakan bahwa bulan tidak datar, penuh dengan gunung, planet Mercurius dan Venus tidak memancarkan cahaya sendiri dan juga menemukan 4 buah bulan pada planet Jupiter. Penemuannya ini didasarkan atas pengamatan dengan alat teropong bintangnya.

### 3. Periode Zaman Modern

Secara umum, istilah modern berasal dari kata *moderna* yang artinya: “sekarang” (Jerman: *jetzeit*). Dengan pengertian itu, diketahui bahwa yang disebut modern manakala semangat kekinian menjadi kesadaran seseorang. Zaman modern atau zaman kiwari adalah era perkembangan ilmu yang berawal sejak sekitar abad ke-15. Tahun tersebut ditandai dengan runtuhnya Kekaisaran Romawi Timur, penemuan benua Amerika oleh Columbus, dimulainya *Zeitgeist* dan reformasi gereja oleh Martin Luther. *Zeitgeist* (bahasa Jerman: *zeit* yang berarti

waktu atau zaman dan *geist* yang berarti jiwa) merupakan pemikiran dominan pada suatu masa yang menggambarkan dan mempengaruhi sebuah budaya dalam masa itu sendiri. Ada tiga sumber pokok yang menyebabkan berkembangnya ilmu pengetahuan di Eropa dengan pesat, yaitu hubungan antara kerajaan Islam di Semenanjung Iberia dengan negara Perancis, terjadinya Perang Salib dari tahun 1100-1300, dan jatuhnya Istanbul ke tangan Turki pada tahun 1453. Ilmuwan pada zaman ini membuat penemuan dalam bidang ilmiah. Eropa yang merupakan basis perkembangan ilmu melahirkan ilmuwan yang populer. Zaman modern menjadi identitas di dalam filsafat modern.

Timbulnya ilmu pengetahuan yang modern berdasarkan metode eksperimental dan matematis. Pada masa modern terjadi perkembangan yang pesat pada bidang ekonomi. Hal ini terlihat dari kota-kota yang berkembang menjadi pusat perdagangan, pertukaran barang, kegiatan ekonomi monoter, dan perbankan. Kaum kelas menengah melakukan upaya untuk bangkit dari keterpurukan dengan mengembangkan suatu kebebasan tertentu. Kebebasan ini berkaitan dengan syarat-syarat dasar kehidupan. Segala macam barang kebutuhan bisa dibeli dengan uang. Pasar pun sudah mulai mengambil peranan penting untuk menuntut manusia untuk rajin, cerdas, dan cerdas. Dari sudut pandang sosio-ekonomi menjelaskan bahwa individu berhadapan dengan tuntutan-tuntutan baru dan praktis yang harus dijawab berdasarkan kemampuan akal budi yang mereka miliki. Tokoh-tokoh ilmuwan yang terkenal di zaman modern adalah sebagai berikut:

a. Rene Descartes

Dia juga dikenal sebagai Renatus Cartesius, merupakan seorang filsuf matematikawan Perancis. Karyanya yang terpenting ialah *Discours de la Méthode* (1637) dan *Meditationes de prima Philosophia* (1641). Descartes kadang dipanggil “Penemu Filsafat Modern” dan “Bapak Matematika Modern”. Pemikirannya membuat sebuah revolusi falsafi di Eropa karena pendapatnya yang revolusioner bahwa semuanya tidak ada yang pasti, kecuali kenyataan bahwa seseorang bisa berpikir. Hasil pemikirannya berupa konsep “Aku berpikir maka aku ada (*I think, therefore I am*). Meski paling dikenal karena karya-karya filosofinya, dia juga telah terkenal sebagai pencipta sistem koordinat Kartesius, yang mempengaruhi perkembangan kalkulus modern.

b. Isaac Newton

Berperan dalam ilmu pengetahuan modern terutama penemuannya dalam tiga bidang, yaitu teori Gravitasi, perhitungan Calculus, dan Optika. Ketiga bidang tersebut dapat diuraikan secara singkat adalah sebagai berikut.

- Teori gravitasi adalah perbincangan lanjutan mengenai soal pergerakan yang telah dirintis oleh Galileo dan Kepper. Teori gravitasi menerapkan bahwa planet tidak bergerak lurus, namun mengikuti lintasan elips, karena adanya pengaruh gravitasi, yaitu kekuatan yang selalu akan timbul jika ada dua benda berdekatan. Teori gravitasi ini dapat menerangkan dasar dari semua lintasan planet dan bulan, pengaruh

pasang surutnya air samudera, dan peristiwa astronomi lainnya.

- Perhitungan Calculus, yaitu hubungan antara X dan Y. kalau X bertambah, maka Y akan bertambah pula, tetapi menurut ketentuan yang tetap atau teratur. Misalnya ada benda bergerak, panjangnya jarak yang ditempuh tergantung dari kecepatan tiap detik dan panjangnya waktu pergerakan. Cara perhitungan Calculus ini banyak manfaatnya untuk menghitung berbagai hubungan antara dua atau lebih hal yang berubah, bersama dengan ketentuan yang teratur.
  - Optika atau mengenai cahaya jika cahaya matahari dilewatkan sebuah prisma, maka cahaya asli yang kelihatannya homogen menjadi terbias antara merah sampai ungu, menjadi pelangi. Kemudian kalau pelangi itu di lewatkan sebuah prisma lainnya yang terbalik, maka pelangi terkumpul kembali menjadi cahaya homogen. Dengan demikian dapat dibuktikan bahwa cahaya itu sesungguhnya terdiri atas komponen yang terbentang antara merah dan ungu.
- c. Charles Darwin

Dikenal sebagai penganut teori evolusi yang fanatik. Darwin menyatakan bahwa perkembangan yang terjadi pada makhluk di bumi terjadi karena seleksi alam. Teori yang terkenal ada *struggle for life* (perjuangan untuk hidup). Darwin berpendapat bahwa perjuangan untuk hidup berlaku pada setiap kumpulan makhluk hidup yang sejenis karena meskipun sejenis, namun

tetap menampilkan kelainan-kelainan kecil. Makhluk hidup yang berkelainan kecil itu berbeda-beda daya menyesuaikan dirinya terhadap lingkungan. Makhluk hidup yang dapat menyesuaikan diri akan memiliki peluang yang lebih besar untuk bertahan hidup lebih lama, sedangkan yang kurang dapat menyesuaikan diri akan tersisihkan karena kalah bersaing. Oleh karena itu, yang dapat bertahan adalah yang paling unggul (*survival of the fittest*).

#### **4. Periode Kontemporer**

Zaman kontemporer adalah era perkembangan terakhir yang terjadi hingga sekarang. Perkembangan ilmu di zaman ini meliputi hampir seluruh bidang ilmu dan teknologi, ilmu-ilmu sosial seperti sosiologi, antropologi, psikologi, ekonomi, hukum, dan politik serta ilmu-ilmu eksakta seperti fisika, kimia, dan biologi serta aplikasi-aplikasinya di bidang teknologi rekayasa genetika, informasi, dan komunikasi. Zaman kontemporer identik dengan rekonstruksi, dekonstruksi, dan inovasi-inovasi teknologi di berbagai bidang.

Zaman ini bermula dari abad 20 M dan masih berlangsung hingga saat ini. Zaman ini ditandai dengan adanya teknologi canggih, dan spesialisasi ilmu-ilmu yang semakin tajam dan mendalam. Pada zaman ini bidang fisika menempati kedudukan paling tinggi dan banyak dibicarakan oleh para filsuf. Sebagian besar aplikasi ilmu dan teknologi di abad 21 merupakan hasil penemuan mutakhir di abad 20. Pada zaman ini, ilmuwan yang menonjol dan banyak dibicarakan adalah fisikawan.

Bidang fisika menjadi titik pusat perkembangan ilmu pada masa ini. Fisikawan yang paling terkenal pada abad ke-20 adalah Albert Einstein. Ia lahir pada tanggal 14 Maret 1879 dan meninggal pada tanggal 18 April 1955 (umur 76 tahun). Albert Einstein adalah seorang ilmuwan fisika. Dia mengemukakan teori relativitas dan juga banyak menyumbang bagi pengembangan mekanika kuantum, mekanika statistik, dan kosmologi. Pada zaman ini juga melihat integrasi fisika dan kimia, pada zaman ini disebut dengan “Sains Besar”. Linus Pauling (1953) mengarang sebuah buku yang berjudul *The Nature of Chemical Bond* menggunakan prinsip-prinsip mekanika kuantum.

Kemudian, karya Pauling memuncak dalam pemodelan fisik DNA, “rahasia kehidupan”. Pada tahun ini juga James D. Watson, Francis Crick dan Rosalind Franklin menjelaskan struktur dasar DNA, bahan genetik untuk mengungkapkan kehidupan dalam segala bentuknya. Hal ini memicu rekayasa genetika yang dimulai tahun 1990 untuk memetakan seluruh manusia genom (dalam *Human Genome Project*) dan telah disebut-sebut sebagai berpotensi memiliki manfaat medis yang besar. Salah satu hasil teknologi yang menakjubkan dan kontroversial adalah teknologi rekayasa genetika yang berupa teknologi kloning. Dr. Gurdon dari Universitas Cambridge adalah orang pertama yang melakukan teknologi ini pada tahun 1961. Gurdon berhasil memanipulasi telur-telur katak sehingga tumbuh menjadi kecebong kloning.

Pada tahun 1993, Dr. Jerry Hall berhasil mengkloning embrio manusia dengan teknik pembelahan. Pada tahun 1997,

Dr. Ian Wilmut berhasil melakukan kloning mamalia pertama dengan kelahiran domba yang diberi nama Dolly. Pada tahun yang sama lahir lembu kloning pertama yang diberi nama Gene. Pada tahun 1998, para peneliti di Universitas Hawaii yang dipimpin oleh Dr. Teruhiko Wakayama berhasil melakukan kloning terhadap tikus hingga lebih dari lima generasi. Pada tahun 2000, Prof. Gerald Schatten berhasil membuat kera kloning yang diberi nama Tetra. Setelah berbagai keberhasilan teknik kloning yang pernah dilakukan, para ahli malah lebih berencana menerapkan teknik kloning pada manusia.

Selain kimia dan fisika, teknologi komunikasi berkembang pesat pada zaman ini. Maxwell seorang fisikawan Skotlandia berhasil merumuskan persamaan matematis gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan persamaan Maxwell berbunyi bahwa kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/det) dapat merambat diruang hampa udara. Sedangkan Hertz melengkapi perhitungan Maxwell dan mengungkapkan eksperimennya bahwa medan listrik dapat ditransmisikan melalui gelombang elektromagnet (gelombang radio) dengan kecepatan transmisi sama dengan kecepatan cahaya sehingga namanya diabadikan sebagai satuan frekuensi/getaran perdetik gelombang (Hertz=Hz) antara 300-3000 Hz yang disebut UHF (ultra high frekuensi). Dengan adanya frekuensi tersebut, maka terciptalah HP (*handphone*). Selain itu, banyak penemuan dan pengembangan lanjut dari penemuan yang merubah warna dunia, yaitu: listrik, elektronika (IC dan transistor), Roboti, TV dan radio, teknologi nuklir, mesin transportasi, komputer, internet, pesawat terbang, telepon dan seluler, rekayasa



pertanian dan DNA, perminyakan, teknologi luar angkasa, AC dan kulkas, rekayasa material, teknologi kesehatan (laser, IR, USG), fiber optic, dan fotografi (kamera, video).

Awal penemuan nuklir (difusi fisika dan kimia) oleh manusia adalah ketika Wilhem K. Roentgen (1845-1923), fisikawan berkebangsaan Jerman, pada tahun 1895 menemukan jenis sinar yang diberi nama sinar X (Roentgen). Kemudian ditemukanlah gejala radioaktivitas oleh ahli fisika Perancis, Antonie Henri Becquerel di mana selanjutnya bahan yang memiliki sifat yang sama lebih dikenal dengan istilah bahan radioaktif. Pada tahun 1898, pasangan suami-istri berkebangsaan Perancis, Pierre Curie (1859-1905) dan Marie Curie (1867-1905) memulai proyek yang berujung pada penemuan unsur baru yaitu Polonium (Po) dan Radium (Ra) yang dapat memiliki sifat yang sama dengan unsur Uranium (U).

Pada tahun 1902, Ernest Rutherford (1871-1937) dan Frederick Soddy (1877-1956) menerangkan peluruhan radioaktif yang mengubah unsur menjadi unsur lain sambil menghasilkan energi. Kemudian tahun 1905 Albert Einstein, menunjukkan kesetaraan massa dan energi dalam persamaan, sebagai bagian dari Teori Kenisbian (Relativity) Khusus. Persamaan ini bahkan meramalkan bahwa energi yang amat besar terkunci di dalam materi dan dapat dilepaskan. Pada tahun 1910, Soddy mengusulkan adanya isotop. Pada tahun 1911, Rutherford, dengan menggunakan partikel alfa, menyelidiki bagian dalam atom dan menemukan intinya yang berat. Pada tahun 1913, Francis William Aston (1877-

1945), menunjukkan adanya isotop. Niels Henrik David Bohr (1885-1962) mengajukan teorinya berdasarkan apa yang telah ditemukan oleh Rutherford dan teori kuantum ahli fisika Jerman, Max Planck (1858-1947). Pada tahun 1919, Rutherford menunjukkan perubahan nitrogen menjadi oksigen dan hidrogen setelah dibentur oleh partikel alfa. Ini adalah reaksi nuklir pertama yang diamati oleh manusia.

## BAB IV

# RUANG LINGKUP ILMU PENGETAHUAN ALAM

### A. Batasan Pengertian

IPA merupakan ilmu yang sistematis dan dirumuskan, yang berhubungan dengan gejala-gejala kebendaan dan didasarkan terutama atas pengamatan dan induksi (H.W. Fowler *et-al*, 1951). Menurut Nokes di dalam bukunya ‘*Science in Education*‘ menyatakan bahwa IPA adalah pengetahuan teoretis yang diperoleh dengan metode khusus. Kedua pendapat di atas sebenarnya tidak berbeda. Memang benar IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) merupakan suatu ilmu teoretis, tetapi teori tersebut didasarkan atas pengamatan, percobaan-percobaan pada gejala-gejala alam.

Carin dan Sund (1993) mendefinisikan IPA sebagai “pengetahuan yang sistematis dan tersusun secara teratur, berlaku umum (universal), dan berupa kumpulan data hasil observasi dan eksperimen”. Merujuk pada pengertian IPA itu, maka dapat disimpulkan bahwa hakikat IPA meliputi empat unsur utama yaitu:

Sikap : rasa ingin tahu tentang benda, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang menimbulkan masalah baru yang dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar; IPA bersifat *open ended*;

Proses : prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah; metode ilmiah meliputi penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen atau percobaan, evaluasi, pengukuran, dan penarikan kesimpulan;

Produk : berupa fakta, prinsip, teori, dan hukum;

Aplikasi: penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari.

Keempat unsur itu merupakan ciri IPA yang utuh yang sebenarnya tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Dalam proses pembelajaran IPA, keempat unsur itu diharapkan dapat muncul sehingga peserta didik dapat mengalami proses pembelajaran secara utuh, memahami fenomena alam melalui kegiatan pemecahan masalah, metode ilmiah, dan meniru cara ilmuwan bekerja dalam menemukan fakta baru.

## **B. Perkembangan dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Alam**

Ilmu pengetahuan dipelajari untuk menemukan kebenaran, tetapi kebenaran terdiri atas beberapa macam, tergantung pada metode yang digunakannya, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. *Kebenaran absolute* yaitu kebenaran mutlak. Ciri kebenaran mutlak adalah kebenaran yang benar dengan sendirinya, tidak berubah-ubah dan tidak membutuhkan pengakuan dari siapa pun agar menjadi benar.
2. *Kebenaran relative* merupakan kebenaran yang berubah-ubah. Dengan demikian kebenaran ditemukan selalu bersifat sementara.

3. *Kebenaran konsistensi* merupakan kebenaran yang disebabkan oleh adanya kesesuaian antara teori dan realita.
4. *Kebenaran spekulatif* merupakan kebenaran yang bersifat kebetulan dengan sepenuhnya mengutamakan kekuatan logika yang sistematis dan mendalam.
5. *Kebenaran religious* merupakan kebenaran yang didasarkan pada keyakinan atas nilai-nilai agama.
6. *Kebenaran normative* merupakan kebenaran yang didasarkan pada aturan dan tradisi yang berlaku di lingkungan masyarakat secara turun-temurun.
7. *Kebenaran ilmiah* merupakan kebenaran yang didasarkan pada uji coba empiris dan rasional.

### **1. Kriteria Ilmu Pengetahuan**

Tidak semua pengetahuan dapat disebut sebagai ilmu karena ilmu merupakan pengetahuan yang cara mendapatkannya harus memenuhi syarat tertentu. Suatu pengetahuan dapat disebut ilmu jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Logis atau masuk akal  
yaitu sesuatu dengan logika atau aturan berpikir yang ditetapkan dalam cabang ilmu pengetahuan yang bersangkutan. Definisi, aturan, inferensi, probabilitas, kalkulus, dan sebagainya merupakan bentuk logika yang menjadi andasan ilmu pengetahuan.
- Objektif atau sesuai dengan fakta.  
Fakta adalah informasi yang diperoleh dari pengamatan atau penalaran fenomena. Adapun objektif dalam ilmu pengetahuan berkenaan dengan sikap yang

tidak bergantung pada suasana hati, prasangka, atau pertimbangan nilai pribadi. Atribut objektif mengandung arti bahwa kebenaran ditentukan oleh pengujian secara terbuka yang dilakukan dari pengamatan dan penalaran fenomena.

- Sistematis  
yaitu adanya konsistensi dan keteraturan internal. Keteraturan internal ini mencakup keteraturan dalam teori, hukum, prinsip, dan metodenya. Konsistensi internal dapat berubah dengan adanya penemuan-penemuan baru. Akan tetapi, sifat dinamis ini tidak boleh menghasilkan kontradiksi pada asas teori ilmu pengetahuan.
- Andal  
yaitu dapat diuji kembali secara terbuka menurut persyaratan yang ditentukan dengan hasil yang dapat diandalkan, yaitu bahwa ilmu pengetahuan bersifat umum, terbuka, dan universal.
- *Designed*  
artinya dirancang sedemikian rupa. Ilmu pengetahuan tidak berkembang dengan sendirinya, tetapi dikembangkan menurut suatu rancangan yang menerapkan metode ilmiah. Rancangan ini menentukan mutu keluaran ilmu pengetahuan.
- Akumulatif  
Ilmu pengetahuan merupakan himpunan fakta, teori, hukum atau aturan yang terkumpul sedikit demi sedikit. Apabila ada kaidah yang salah, kaidah itu diganti dengan kaidah yang benar. Kebenaran ilmu bersifat relatif dan

temporal, tidak pernah mutlak dan final sehingga ilmu pengetahuan bersifat dinamis dan terbuka.

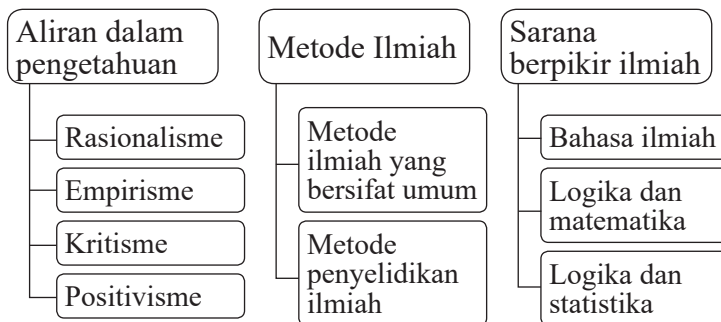
## **2. Perkembangan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)**

Awal dari IPA dimulai pada saat manusia memperhatikan gejala-gejala alam, mencatatnya kemudian mempelajarinya. Pengetahuan yang diperoleh mula-mula terbatas pada hasil pengamatan terhadap gejala alam yang ada. Kemudian makin bertambah dengan pengetahuan yang diperoleh dari hasil pemikirannya. Selanjutnya dari peningkatan kemampuan daya pikirnya manusia mampu melakukan eksperimen untuk membuktikan dan mencari kebenaran dari suatu pengetahuan. Dari hasil eksperimen ini kemudian diperoleh pengetahuan yang baru. Setelah manusia mampu memadukan kemampuan penalaran dengan eksperimen ini lahirlah IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) sebagai ilmu yang mantap.

Perkembangan IPA itu sendiri mulai berkembang sangat lambat antara abad 15-16. Namun, perkembangan IPA lebih pesat setelah adanya konsep Copernicus yang kemudian diperkuat Galileo yang dikenal sebagai permulaan abad ilmu pengetahuan modern (kebenaran berdasar induksi). Di awal abad 20 perkembangan IPA khususnya bidang fisika makin berkembang pesat setelah konsep fisika kuantum dan relativitas dan bermunculan beberapa fisikawan yang terkenal seperti Newton. Hal tersebut perlu direvisi dan penyesuaian dengan konsep ilmu pengetahuan ke arah pemikiran yang modern. Perkembangan IPA tidak jauh dari kaitan landasan ilmu pengetahuan itu sendiri antara lain:

1. Hipotesis, merupakan strata ilmu yang paling rendah, berupa dugaan atau prediksi yang diambil berdasarkan pengetahuan atau teori yang sudah ada untuk menjawab penelitian yang sedang dilakukan.
2. Teori, merupakan strata ilmu yang lebih tinggi dari hipotesis, berupa landasan ilmu yang telah teruji kebenarannya, namun teori masih mungkin untuk dikoreksi dengan teori baru yang lebih tepat.
3. Hukum dan dalil, merupakan strata ilmu yang paling tinggi, berupa teori yang telah diuji terus-menerus dan diketahui tidak ditemukan adanya kesalahan.

### C. Ruang Lingkup IPA dan Pengembangannya



Ilmu pengetahuan alam dapat dibagi menjadi tiga bidang utama yaitu:

#### 1. Ilmu Pengetahuan Sosial (*Social Science*)

Ilmu pengetahuan sosial (*social science*) yang membahas hubungan antarmanusia sebagai makhluk sosial, yang selanjutnya dibagi atas:

- Psikologi, mempelajari proses mental dan tingkah laku. Pendidikan, proses latihan yang terarah dan



sistematis menuju ke suatu tujuan.

- Antropologi, mempelajari asal-usul dan perkembangan jasmani, sosial, kebudayaan, dan tingkah laku sosial.
- Etnologi, cabang dari studi antropologi yang dilihat dari aspek sistem sosio-ekonomi dan pewarisan kebudayaan terutama keaslian budaya.
- Sejarah, pencatatan peristiwa-peristiwa yang telah terjadi pada suatu bangsa, negara, atau individu.
- Ekonomi, yang berhubungan dengan produksi, tukar menukar barang produksi, pengolahan dalam lingkup rumah tangga, negara, atau perusahaan.
- Sosiologi, studi tentang tingkah laku sosial, terutama tentang asal usul organisasi, institusi, perkembangan masyarakat.

## 2. Ilmu Pengetahuan Alam

Ilmu pengetahuan alam yang membahas tentang alam semesta dengan semua isinya dan selanjutnya terbagi atas:

- Fisika, mempelajari benda tak hidup dari aspek wujud dengan perubahan yang bersifat sementara, seperti : bunyi cahaya, gelombang magnet, teknik kelistrikan, teknik nuklir.
- Kimia, mempelajari benda hidup dan tak hidup dari aspek susunan materi dan perubahan yang bersifat tetap. Kimia secara garis besar dibagi kimia organik (protein, lemak) dan kimia anorganik (NaCl), hasil dari ilmu ini dapat diciptakan seperti plastik, bahan peledak.
- Biologi, yang mempelajari makhluk hidup dan gejala-gejalanya.

- Botani, ilmu yang mempelajari tentang tumbuh-tumbuhan
  - Zoologi ilmu yang mempelajari tentang hewan
  - Morfologi ilmu yang mempelajari tentang struktur luar makhluk hidup.
  - Anatomi suatu studi tentang struktur dalam atau bentuk dalam makhluk hidup
  - Fisiologi studi tentang fungsi atau faal/organ bagian tubuh makhluk hidup
  - Sitologi ilmu yang mempelajari tentang sel secara mendalam
  - Histologi studi tentang jaringan tubuh atau organ makhluk hidup yang merupakan serentetan sel sejenis
  - Palaentologi studi tentang makhluk hidup masa lalu
3. Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa
- Studi tentang bumi sebagai salah satu anggota tatasurya, dan ruang angkasa dengan benda angkasa lainnya.
- Geologi, yang membahas tentang struktur bumi. (yang bahasannya meliputi dari ilmu kimia dan fisika) contoh dari ilmu ini petrologi (batu-batuan), vulkanologi (gempa bumi), mineralogi (bahan-bahan mineral)
  - Astronomi, membahas benda-benda ruang angkasa dalam alam semesta yang meliputi bintang, planet, satelit, dan lain-lainnya. Manfaatnya dapat digunakan dalam navigasi, kalendar, dan waktu.

<b>Ilmu Pengetahuan Alam</b>		<b>Ilmu Sosial dan Budaya</b>
<b>Ilmu Pengetahuan Alam Fisik</b>	<b>Ilmu Pengetahuan Alam Hayati (Biologi)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisika</li> <li>• Kimia</li> <li>• Astronomi</li> <li>• Geologi</li> <li>• Mineralogi</li> <li>• Geografi</li> <li>• Geofisika</li> <li>• Meteorologi</li> <li>• Oseanologi, dll</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botani</li> <li>• Zoologi</li> <li>• Mikrobiologi</li> <li>• Kesehatan</li> <li>• Palaentologi</li> <li>• Fisiologi</li> <li>• Taksonomi, dll</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahasa</li> <li>• Sosiologi</li> <li>• Pendidikan</li> <li>• Sejarah</li> <li>• Antropologi</li> <li>• Etnologi</li> <li>• Seni dan Budaya</li> <li>• Psikologi</li> <li>• Ekonomi, dll</li> </ul>
Didukung oleh Matematika/Statistika dan Informatika		

Dengan adanya perkembangan IPA di berbagai bidang saat ini banyak terdapat penemuan-penemuan baru yang berguna dalam kehidupan manusia, misalnya sistem pancausaha tani, alat-alat kedokteran, dsb. Pengetahuan tentang IPA dimulai pada saat manusia memperhatikan gejala-gejala alam, mencatat, dan kemudian mempelajarinya. Pengetahuan yang diperoleh mula-mula terbatas pada hasil pengamatan terhadap gejala alam yang ada. Kemudian bertambah dengan pengetahuan yang diperoleh dari hasil pemikirannya. Selanjutnya dari peningkatan kemampuan daya pikirnya, manusia mampu melakukan eksperimen untuk membuktikan dan mencari kebenaran dari suatu pengetahuan. Dari hasil eksperimen ini kemudian diperoleh pengetahuan yang baru.

#### **D. IPA Klasik dan IPA Modern**

Ilmu pengetahuan akan terus berkembang sejalan dengan sifat manusia yang tidak pernah merasa puas dengan apa yang sudah dipunyai atau diketahuinya. Berdasarkan hal tersebut, maka ilmu pengetahuan merupakan siklus ilmu dengan penelitian sebagai intinya yang tidak pernah terputus. Bahkan ia akan semakin membesar dan meluas. 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. Dari kata klasik dan modern sendiri, sedikit banyaknya sudah ada perbedaan di antara kedua kata tersebut. Klasik identik dengan sesuatu yang sudah diketahui atau dikenal dalam kurun waktu yang cukup lama dan sesuatu yang berhubungan dengan cara-cara tradisional. Sedangkan modern identik dengan sesuatu yang telah mengalami pembaharuan yang lebih kompleks.

Secara umum, langkah-langkah penerapan metode ilmiah pada IPA Klasik dan IPA Modern adalah sama, yakni harus melalui penginderaan, perumusan masalah, pengajuan hipotesis, eksperimen, dan penarikan kesimpulan (teori). Baik IPA Klasik maupun IPA Modern keduanya memiliki tujuan akhir yang sama, yakni keingintahuan.

IPA klasik yang telaaahannya mengikuti kaidah ilmu tradisional berdasarkan pengalaman, kebiasaan, dan bersifat makroskopik. Sedangkan IPA modern yang bersifat mikroskopik, muncul berdasarkan penelitian maupun pengujian dan telah diadakan pembaharuan yang dikaitkan dengan berbagai disiplin ilmu yang ada.

## 1. IPA Klasik

Bila ditinjau dari pengertian klasik sendiri, maka dapat diartikan bahwa yang klasik umumnya bersifat tradisional berdasarkan pengalaman, kebiasaan, atau naluri semata. Meskipun ada kreasi, namun merupakan tiruan dari keadaan alam sekitar. Ciri-ciri IPA klasik adalah sebagai berikut:

- a. Lebih mendahulukan eksperimen dari teori.
- b. Mendeskripsikan gejala-gejala alam.
- c. Penekanannya secara kualitatif sehingga yang ditunjukkan kuantitatif.

Pakar fisika membedakan antara Fisika Klasik dan Fisika Modern. Fisika Klasik atau fisika terbatas mempelajari komponen materi dan interaksi antara komponen dengan perkembangan pengamatan.

- a. Penglihatan dengan teori cahaya
- b. Pendengaran dengan suara.
- c. Indera rasa termodinamika.
- d. Listrik magnet.

Dari sisi perkembangan pengetahuan tentang penjumlahan vektor yang dipakai dalam *computed tomografi* (CT) atau penampang lintang tubuh dengan sinar X, *magnetic resonance imaging* (MRI) untuk deteksi tumor. Di samping itu, juga teori momentum linear ( $p = mv$ ) yang selanjutnya dikembangkan dalam sistem terisolasi, muncul hukum kekekalan momentum maupun kekekalan energi. Listrik maupun magnet ditemukan dan berkembang dengan adanya potensial dan energi potensial serta gaya energi listrik induksi.

IPA klasik secara umum, sebagai contoh digambarkan pembuatan ragi tempe dan juga ragi tapis; 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. Contoh lain, pembuatan gula kelapa merupakan proses fisika bersama-sama kimia yang telah tinggi tingkatannya, juga pembuatan terasi, ikan asin, rendang, dan telur asin adalah merupakan karya IPA klasik. Petani pembuat/pengrajin sama sekali tidak mengetahui proses yang terjadi dalam mewujudkan karyanya. Demikian pula segala kegiatan yang merupakan larangan berdasarkan kepercayaan. Dengan kata lain, dianggap tabu atau pamali atau angker adalah merupakan usaha untuk mempertahankan keseimbangan lingkungan, sebagai contoh tokek tidak boleh dibunuh, ikan di suatu tempat angker tidak boleh dimakan. Mereka tidak melakukan penelitian dan pengujian, namun hanya berdasarkan pengalaman dari nenek moyangnya.

## **2. IPA Modern**

IPA modern muncul berdasarkan penelitian maupun pengujian dan telah diadakan pembaharuan yang dikaitkan dengan berbagai disiplin ilmu yang ada. Proses *canning*, pengalengan ikan, buah-buahan, dan berbagai kegiatan yang berkaitan dengan fisika, biologi, kimia, biokimia, dan sebagainya merupakan hasil perkembangan IPA yang telah dinikmati oleh manusia. Fisika modern merintis dimulainya IPA modern yang dikaitkan dengan ditemukannya teori relativitas dan kuantum menggambarkan sifat atom, inti, dan

partikel lain molekul zat padat. Sebagai contoh, teknologi nuklir merupakan teknologi modern yang dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran, transportasi, angkatan bersenjata, dan berbagai penelitian yang berkaitan dengan disiplin ilmu yang lain.

IPA modern diperoleh atas dasar penelitian dengan menggunakan metode ilmiah disertai pengujian berulang kali sehingga diperoleh ilmu yang mantap, baik untuk terapan atau ilmu murni. Banyak contoh kegiatan IPA modern, seperti pemanfaatan energi matahari untuk kegiatan yang berkaitan dengan listrik untuk transportasi, industri, rumah tangga adalah pemanfaatan foron untuk menimbulkan aliran muatan listrik (elektron) karena perbedaan panas sehingga terbentuklah sel pembangkit listrik. Tungku sinar matahari telah banyak digunakan yang hanya berprinsip pada titik fokus lensa cekung. Dengan energi panas bumi dapat diperoleh tenaga listrik.

Dalam kaitannya dengan alam lingkungan, untuk menciptakan suasana bersih timbul pemikiran pemanfaatan sampah sisa organisme, seperti jerami, sisa tanam-tanaman lain, dan kotoran hewan diproses dengan bantuan bakteri dalam kondisi tertentu sehingga menghasilkan gas-gas yang ternyata dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar. Proses di atas sering disebut sebagai energi biogas.

Namun, pada IPA Klasik, suatu pengetahuan didapatkan dari awal, yakni didasarkan dari hasil eksperimen yang dilakukan dan kajian pada IPA Klasik lebih dangkal karena terbatas pada media atau alat bantu penelitian. Sedangkan pada

IPA Modern, suatu pengetahuan diperoleh melalui eksperimen yang dilakukan dengan berkiplat pada teori yang telah ada dan dengan bantuan teknologi yang lebih canggih dan maju, maka kajian dari IPA Modern lebih mendetail sehingga diperoleh pengetahuan yang lebih mendalam mengenai suatu fenomena alam. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa IPA Modern merupakan pengembangan dari IPA Klasik.

Dengan demikian, penggolongan IPA klasik dan IPA 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. Perkembangan ilmu yang sangat besar akhir-akhir ini sangat ditunjang perkembangan ilmu maupun perangkat komputer yang semakin cepat dan canggih.

Pengembangan ilmu yang terus menerus dan begitu cepatnya, terutama mulai awal abad ke-20 menyebabkan klasifikasi ilmu berkembang ke arah disiplin ilmu yang lebih spesifik. Sebagai contoh dalam disiplin ilmu kimia maka telah terjadi pemfokusan menjadi berbagai sub-disiplin ilmu kimia antara lain: kimia teoretis, kimia analisis, kimia anorganik, biokimia, kimia fisik, kimia organik. Selanjutnya, contoh adalah dalam subdisiplin kimia organik maka terdapat antara lain fokus ke arah kimia organik sintesis dan kimia bahan alam. Kimia bahan alam pun dapat terbagi lagi berdasarkan kelompok senyawa kimianya. Berdasarkan pengembangan fokus ilmu tersebut menunjukkan bahwa ilmu pengetahuan berkembang dengan pesatnya sehingga tidak memungkinkan



lagi seseorang dapat menguasai ilmu dengan sempurna. Untuk dapat menguasai ilmunya dengan baik, maka pada akhirnya seorang ahli akan lebih memfokuskan atau menspesialisasikan dirinya dalam salah satu fokus disiplin ilmu tertentu.

Dalam hal lain, perkembangan ilmu tidak hanya ke arah fokus disiplin ilmu saja, tetapi banyak ilmu baru yang tidak bisa dibahas berdasarkan satu disiplin ilmu saja. Ilmu semacam ini disebut sebagai multidisiplin ilmu. Contoh ilmu multidisiplin yang paling populer adalah ilmu lingkungan. Pembahasan ilmu lingkungan dapat dilihat dari disiplin ilmu sosial maupun IPA. Pendekatan IPA pun dapat dilihat dari berbagai disiplin ilmu seperti kimia (kimia lingkungan), fisika (fisika lingkungan), biologi (ekologi, biodiversivitas), hidrologi (pencemaran air), geografi (pencemaran udara, perubahan iklim), pertanian, dan banyak lainnya. Perkembangan multidisiplin IPA pun cukup banyak dan beberapa ilmu multidisiplin saat ini berkembang dengan sangat pesat, sebagai contoh adalah bioteknologi, rekayasa genetika, informatika/komputer dan ilmu material. Perkembangan tersebut sangat mempengaruhi pola pandang dan kehidupan sosial manusia saat ini.



## BAB V

# METODE ILMIAH

### A. Batasan Pengertian

Metode ilmiah merupakan proses keilmuan untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis berdasarkan bukti fisis. Metode ilmiah akan menjelaskan berbagai macam gejala-gejala yang ada di alam dan akan menjawab berbagai macam pertanyaan yang timbul dari segala macam bentuk perubahan yang terjadi. Ilmuwan melakukan observasi serta membentuk hipotesis dalam usahanya untuk menjelaskan fenomena alam. Prediksi yang dibuat berdasarkan hipotesis tersebut diuji dengan melakukan eksperimen dan percobaan-percobaan langsung untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan yang muncul.

Secara bahasa metode berasal dari dua kata yaitu “meta” dan “hodos”. Meta berarti melalui sedangkan hodos berarti jalan atau cara. Dengan demikian, metode dapat berarti cara atau jalan yang harus dilalui untuk mencapai suatu tujuan adalah suatu cara yang teratur dan terpicik baik-baik untuk mencapai suatu maksud atau cara untuk mencapai suatu pengetahuan. Sedangkan kata ilmiah adalah suatu keilmuan untuk mendapatkan pengetahuan secara alami berdasarkan bukti fisis. Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode ilmiah adalah proses keilmuan yang bertujuan untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis berdasarkan

bukti fisis. Menurut Almack (1939), metode ilmiah adalah cara menerapkan prinsip-prinsip logis terhadap penemuan, pengesahan dan penjelasan kebenaran. Ostle (1975) berpendapat bahwa metode ilmiah adalah pengejaran terhadap sesuatu untuk memperoleh sesuatu interelasi. Metode ilmiah juga merupakan suatu tahapan tertentu yang harus dikerjakan oleh seorang ilmuwan dalam melakukan suatu penelitian yang juga didukung oleh hipotesis.

Metode ilmiah adalah gabungan antara pendekatan rasional dan pendekatan empiris. Rasionalisme memberi kerangka pemikiran yang logis, sedangkan empiris dalam memastikan kebenarannya memberikan kerangka pengujian.

Berikut ini terdapat perbedaan antara metode ilmiah dengan metode non-ilmiah:

<b>Metode Ilmiah</b>	<b>Metode Non-Ilmiah</b>
Permasalahan harus dirumuskan secara jelas, spesifik dan nampak variabel yang diteliti.	Permasalahan yang dipertanyakan sering tidak jelas, tetapi bersifat umum dan suwir.
Jawaban yang diberikan terhadap permasalahan harus didukung dengan logis dan benar.	Jawaban apapun tidak perlu didukung data.
Proses pengumpulan data, analisis data, dan penyimpulan harus dilakukan dengan logis dan benar.	Tidak ada proses pengumpulan data atau analisis data, meskipun mungkin ditutup dengan kesimpulan.

<b>Metode Ilmiah</b>	<b>Metode Non-Ilmiah</b>
Kesimpulan siap diuji oleh siapa pun yang meragukan validasinya.	Pengujian terhadap kesimpulan boleh dilakukan ataupun tidak tanpa membawa akibat yang berarti bagi kesimpulan pertama.
Hanya digunakan untuk mengkaji hal-hal yang diamati, dapat diukur, dan empiris	Boleh saja digunakan untuk mengkaji hal apa pun termasuk yang bersifat misterius, supranatural dan dogmatis.

## **B. Kriteria dan Karakteristik Metode Ilmiah**

Metode ilmiah bergantung pada karakterisasi yang cermat atas subjek yang ada. Dalam proses karakterisasi, ilmuwan mengidentifikasi sifat-sifat utama yang relevan yang dimiliki oleh subjek yang diteliti. Selain itu, proses ini juga dapat melibatkan proses penentuan (definisi) dan observasi; observasi seringkali memerlukan pengukuran dan perhitungan yang cermat. Proses pengukuran dapat dilakukan dalam suatu tempat yang terkontrol dan benar-benar aman dari pengaruh luar, seperti laboratorium, dan dilakukan terhadap objek yang tidak dapat diakses atau dimanipulasi seperti populasi manusia. Proses pengukuran sering memerlukan peralatan ilmiah khusus seperti termometer, mikroskop, atau voltmeter. Hasil pengukuran secara ilmiah biasanya tuliskan dalam bentuk diagram atau tabel, digambarkan dalam bentuk grafik, atau dipetakan. Metode ilmiah memiliki 4 unsur utama, yaitu :

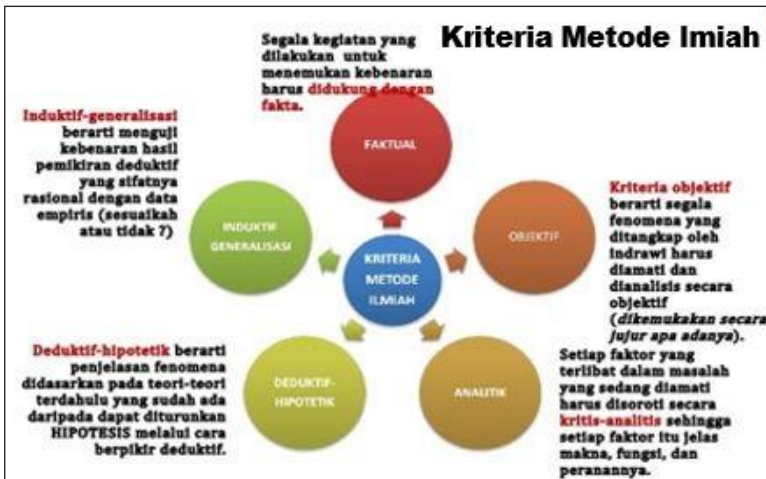
1. Karakterisasi (observasi dan pengukuran), hal ini merupakan hal yang terpenting karena menjadi titik ukur kevalidan suatu metode ilmiah. Bila pengukuran dalam metode ilmiah mengalami kesalahan, maka akan menghasilkan teori yang salah (tidak valid).
2. Hipotesis (penjelasan teoretis yang merupakan dugaan dari hasil observasi dan pengukuran). Jika prediksi tersebut tidak dapat diobservasi, hipotesis yang mendasari prediksi tersebut belumlah berguna bagi metode bersangkutan dan harus menunggu metode yang mungkin akan datang. Sebagai contoh, teknologi atau teori baru boleh jadi memungkinkan eksperimen untuk dapat dilakukan.
3. Prediksi (deduksi logis dan hipotesis). Prediksi mungkin meramalkan hasil suatu eksperimen dalam laboratorium atau observasi suatu fenomena di alam. Prediksi dapat pula bersifat statistik dan hanya berupa probabilitas. Hasil yang diramalkan oleh prediksi haruslah belum diketahui kebenarannya (apakah benar-benar akan terjadi atau tidak). Hanya dengan demikianlah maka terjadinya hasil tersebut menambah probabilitas bahwa hipotesis yang dibuat sebelumnya adalah benar. Jika hasil yang diramalkan sudah diketahui, hal itu disebut konsekuensi dan seharusnya sudah diperhitungkan saat membuat hipotesis.
4. Eksperimen (pengujian atas semua yang ada di atas). Unsur di atas merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai suatu metode ilmiah. Hasil eksperimen tidak pernah dapat membenarkan suatu hipotesis, melainkan

meningkatkan probabilitas kebenaran hipotesis tersebut. Hasil eksperimen secara mutlak bisa menyalahkan suatu hipotesis bila hasil eksperimen tersebut bertentangan dengan prediksi dari hipotesis.

Pada zaman Yunani orang cenderung untuk mengikuti ajaran dari para ahli pikir atau para penguasa. Namun, ajaran-ajaran ini banyak yang keliru karena ahli-ahli pikir itu terlalu mengandalkan atas pemikiran atau akal sehat, dan kebenaran yang dianut itu adalah yang masuk akalnya. Contohnya adalah setiap hari kita lihat matahari terbit dari timur lalu terbenam di barat. Maka masuk akallah bila dikatakan bahwa matahari beredar mengelilingi bumi. Contoh lain, bila kayu dibakar maka berubah jadi api, udara, dan abu (tanah). Maka menurut akal sehat, unsur dasar pembentuk kayu itu adalah tanah, api, udara.

Pengetahuan yang didapat dengan cara-cara tersebut di atas termasuk pada golongan pengetahuan yang tidak ilmiah. Adapun cara memperoleh pengetahuan dengan pendekatan ilmiah ialah dengan menggunakan Metode Ilmiah yang berdasarkan pada pemikiran rasional, pengalaman empiris (fakta) maupun referensi pengalaman sebelumnya. Menurut Conant yang dikutip Kerlinger (1973, h.3), akal sehat adalah serangkaian konsep dan bagian konseptual yang memuaskan untuk penggunaan praktis bagi kemanusiaan. Konsep merupakan kata yang dinyatakan abstrak dan dapat digeneralisasikan kepada hal-hal yang khusus. Akal sehat ini dapat menunjukkan hal yang benar walaupun di sisi lainnya dapat pula menyesatkan. Berdasarkan metode ini, data atau fakta

yang ada perlu diuji terlebih dahulu sebelum kebenarannya. Oleh karenanya, dengan cara ini suatu pengetahuan atau fakta dapat diperbaiki bila ada kesalahan atau penemuan baru yang dapat mengoreksi pengetahuan sebelumnya. Cara untuk memperoleh pengetahuan atau kebenaran pada metode ilmiah haruslah diatur oleh pertimbangan-pertimbangan yang logis (McCleary, 1998). Pengetahuan yang diperoleh dengan cara atau metode ilmiah disebut ilmu. Atau dengan kata lain ilmu adalah pengetahuan yang didapatkan berdasarkan metode ilmiah.



### C. Sikap Ilmiah

Suatu pengetahuan untuk dapat dikatakan pengetahuan ilmiah memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi. Menurut Karlina Supeli Laksono dalam “Filsafat Ilmu Pengetahuan (Epsitomologi) pada Pascasarjana Universitas Indonesia tahun



1998/1999 ”, ilmu pengetahuan ilmiah harus memenuhi tiga syarat, yaitu:

1. Sistematis, yaitu merupakan kesatuan teori-teori yang tersusun sebagai suatu sistem.
2. Objektif atau dikatakan pula sebagai intersubjektif, yaitu teori tersebut terbuka untuk diteliti oleh orang lain/ahli lain sehingga hasil penelitian bersifat universal.
3. Dapat dipertanggungjawabkan, yaitu mengandung kebenaran yang bersifat universal, dengan kata lain dapat diterima oleh orang lain/ahli-ahli lain.

Suatu sikap yang menerima pendapat orang lain dengan baik dan benar yang tidak mengenal putus asa serta dengan ketekunan juga keterbukaan. Mengapa dibutuhkan suatu sikap ilmiah? Sikap ilmiah merupakan sikap yang harus ada pada diri seorang ilmuwan atau akademisi ketika menghadapi persoalan-persoalan ilmiah untuk dapat melalui proses penelitian yang baik dan mendapat hasil yang baik pula. Dalam melakukan penelitian atau pengamatan tidak terlepas dari kegiatan atau eksperimen. Eksperimen sangat menarik, tetapi sekaligus membahayakan. Untuk itu, kita perlu mempunyai sikap dalam melakukan pengamatan supaya dalam bereksperimen dapat berjalan dengan baik. Sikap ilmiah ini perlu dibiasakan dalam berbagai forum ilmiah, misalnya dalam seminar, diskusi, lokakarya, sarasehan, dan penulisan karya ilmiah. Beberapa sikap ilmiah yang harus dimiliki adalah sebagai berikut:

1. Rasa Ingin Tahu yang Tinggi  
Seorang peneliti harus selalu memiliki rasa ingin tahu yang tinggi terhadap objek yang terdapat di lingkungannya

(peduli terhadap lingkungannya). Sikap ingin tahu terlihat dari kebiasaan bertanya.

2. Jujur

Seorang peneliti harus dapat menerima apa pun hasil penelitiannya, dan tidak boleh mengubah data hasil penelitiannya.

3. Objektif

Seorang peneliti dalam mengemukakan hasil penelitiannya tidak boleh dipengaruhi oleh perasaan pribadinya, tetapi harus berdasarkan kenyataan (fakta) yang ada.

4. Berpikir secara Terbuka

Seorang peneliti mau menerima kritik dari orang lain, dan mendengarkan pendapat orang lain.

5. Memiliki Kepedulian

Seorang peneliti mau mengubah pandangannya ketika menemukan bukti yang baru.

6. Teliti

Seorang peneliti dalam melakukan penelitian harus teliti dan tidak boleh melakukan kesalahan karena dapat mempengaruhi hasil penelitiannya.

7. Tekun

Seorang peneliti harus tekun dan tidak mudah putus asa jika menghadapi masalah dalam penelitiannya.

8. Berani dan Santun

Seorang peneliti harus berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi.

#### **D. Langkah-Langkah Operasional Metode Ilmiah**

Setiap metode yang digunakan pasti memiliki langkah-langkah yang harus diikuti agar kita dengan mudah mendapatkan hasil yang kita inginkan. Unsur utama metode ilmiah adalah pengulangan empat langkah berikut: karakterisasi (pengamatan dan pengukuran), hipotesis (penjelasan teoretis yang merupakan dugaan atas hasil pengamatan dan pengukuran), prediksi (deduksi logis dari hipotesis), dan eksperimen (pengujian atas semua hal di atas).

Langkah-langkah operasional metode ilmiah terdiri dari:

1. Penemuan masalah
2. Penentuan kerangka masalah
3. Perumusan kerangka masalah
4. Pengajuan hipotesis
5. Deduksi hipotesis
6. Pengujian hipotesis (eksperimen)
7. Penarikan kesimpulan

Dalam metode ilmiah seluruh langkah-langkah di atas harus dilakukan agar suatu penelitian dapat disebut ilmiah. Langkah-langkah tersebut harus dilakukan secara urut dan benar karena langkah yang satu merupakan dasar bagi langkah berikutnya. Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus diperhatikan dalam melakukan metode ilmiah:

##### **1. Penemuan Masalah**

Menemukan permasalahan (*problem finding* atau *problem generation*). Penemuan permasalahan merupakan salah satu tahap penting dalam penelitian. Bila permasalahan tidak ditemukan, maka penelitian tidak perlu dilakukan.

Pentingnya penemuan permasalahan juga dinyatakan oleh ungkapan: “Berhasilnya perumusan permasalahan merupakan setengah dari pekerjaan penelitian”. Penemuan permasalahan juga merupakan tes bagi suatu bidang ilmu pengetahuan; seperti dinyatakan oleh Mario Bunge dengan pernyataan: “Kriteria terbaik untuk menjajagi apakah suatu disiplin ilmu masih hidup atau tidak adalah dengan memastikan apakah bidang ilmu tersebut masih mampu menghasilkan permasalahan . . . . Tidak satupun permasalahan akan tercetus dari bidang ilmu yang sudah mati”. Permasalahan dapat diidentifikasi sebagai kesenjangan antara fakta dengan harapan, antara tren perkembangan dengan keinginan pengembangan, antara kenyataan dengan ide. Sutrisno Hadi (1986, 3) mengidentifikasi permasalahan sebagai perwujudan “ketiadaan, kelangkaan, ketimpangan, kemerosotan, ketertinggalan, kejanggalan, ketidakserasian, dan semacamnya”.

Cara-cara formal (menurut metodologi penelitian) dalam rangka menemukan permasalahan dapat dilakukan dengan alternatif-alternatif berikut ini:

- a. Rekomendasi suatu riset. Biasanya, suatu laporan penelitian pada bab terakhir memuat kesimpulan dan saran. Saran (rekomendasi) umumnya menunjukkan kemungkinan penelitian lanjutan atau penelitian lain yang berkaitan dengan kesimpulan yang dihasilkan. Saran ini dapat dikaji sebagai arah untuk menemukan permasalahan.
- b. Analogi adalah suatu cara penemuan permasalahan dengan cara “menggambil” pengetahuan dari bidang ilmu

lain dan menerapkannya ke bidang yang diteliti. Dalam hal ini, dipersyaratkan bahwa kedua bidang tersebut haruslah sesuai dalam tiap hal-hal yang penting. Contoh permasalahan yang ditemukan dengan cara analogi ini, misalnya: “apakah proses perancangan perangkat lunak komputer dapat diterapkan pada proses perancangan arsitektural?” (seperti diketahui perencanaan perusahaan dan perencanaan arsitektural mempunyai kesamaan dalam hal sifat pembuatan keputusannya yang *judgmental*).

- c. Renovasi. Cara renovasi dapat dipakai untuk mengganti komponen yang tidak cocok lagi dari suatu teori. Tujuan cara ini adalah untuk memperbaiki atau meningkatkan kemantapan suatu teori. Misal suatu teori menyatakan “ada korelasi yang signifikan antara arah pengembangan bangunan rumah tipe tertentu dalam perumahan sub – inti dengan tipe bangunan rumah asal penghuninya” dapat direnovasi menjadi permasalahan “seberapa korelasi antara arah pengembangan bangunan rumah tipe tertentu dalam perumahan sub – inti dengan tipe bangunan rumah asal penghuninya dengan tingkat pendidikan penghuni yang berbeda”. Dalam contoh di atas, kondisi yang “umum” diganti dengan kondisi tingkat pendidikan yang berbeda.
- d. Dialektik, dalam hal ini, berarti tandingan atau sanggahan. Dengan cara dialektik, peneliti dapat mengusulkan untuk menghasilkan suatu teori yang merupakan tandingan atau sanggahan terhadap teori yang sudah ada.
- e. Ekstrapolasi adalah cara untuk menemukan permasalahan dengan membuat tren (*trend*) suatu teori atau tren

permasalahan yang dihadapi.

- f. Morfologi adalah suatu cara untuk mengkaji kemungkinan-kemungkinan kombinasi yang terkandung dalam suatu permasalahan yang rumit, kompleks.
- g. Dekomposisi merupakan cara penjabaran (pemerincian) suatu permasalahan ke dalam komponen-komponennya.
- h. Agregasi merupakan kebalikan dari dekomposisi. Dengan cara agregasi, peneliti dapat mengambil hasil-hasil peneliti atau teori dari beberapa bidang (beberapa penelitian) dan “mengumpulkannya” untuk membentuk suatu permasalahan yang lebih rumit, kompleks.

## **2. Perumusan Masalah**

Proses kegiatan ilmiah dimulai ketika kita tertarik pada sesuatu hal. Ketertarikan ini karena manusia memiliki sifat perhatian. Pada saat kita tertarik pada sesuatu, sering timbul pertanyaan dalam pikiran kita seperti pertanyaan apa, mengapa, ataupun bagaimana yang berbentuk kalimat tanya yang sederhana, singkat, padat, dan jelas. Jadi, perumusan masalah berarti pertanyaan mengenai suatu objek serta dengan adanya pertanyaan tadi dapat diketahui faktor-faktor yang berhubungan dengan objek tersebut. Perumusan masalah juga merupakan langkah untuk mengetahui masalah yang akan dipecahkan sehingga masalah tersebut menjadi jelas batasan, kedudukan, dan alternatif cara untuk memecahkan masalah tersebut.

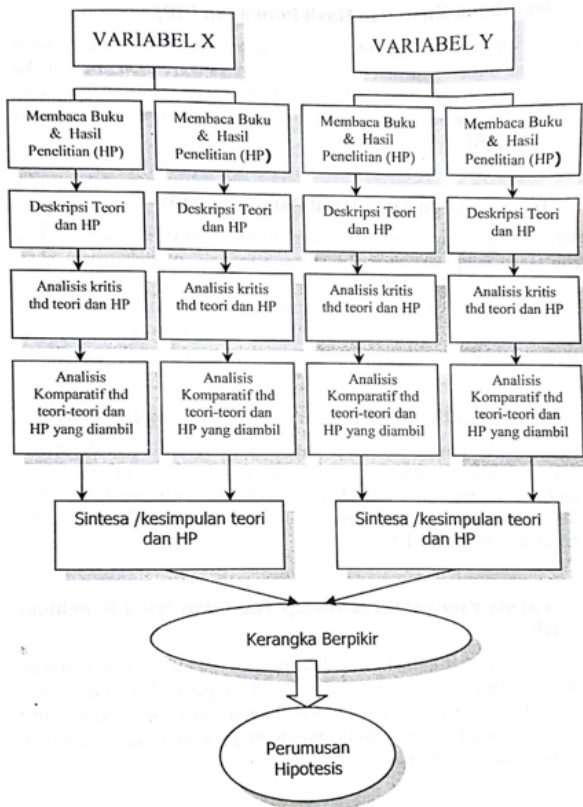
Penjelasan mengenai rumusan masalah ini sendiri bisa ditentukan dalam berbagai jenis, antara lain adalah sebagai berikut;

- **Deskriptif**  
Rumusan permasalahan dalam penelitian deskriptif lebih sering mempergunakan model penelitian kualitatif, lantaran dalam pembentukannya seringkali hanya dilakukan dengan menghubungkan variabel satu dengan lainnya. Variabel ini saling berkaitan, tetapi tidak terdapat perbandingan antarvariabel.
- **Komparatif**  
Macam kedua dalam batasan rumusan masalah ialah menggunakan studi komparatif. Secara singkatnya, model ini berbanding terbalik dengan model yang pertama. Lantaran dalam rumusan masalah komparatif ada berbandingan yang didapatkan antarvariabel tanpa mendeskripsikannya.
- **Asosiatif**  
Jenis lainnya dalam rumusan masalah adalah menggunakan model asosiatif. Model ini terbentuk dari hubungan dan juga perbandingan antarvariabel, singkatnya model ini dikenal dengan campuran. Dalam proses pembuatannya untuk rumusan masalah ini lebih dekat dengan sejumlah pertanyaan-pertanyaan yang saling berkaitan, yang kemudian pertanyaan tersebut nantinya dijawab dalam pembahasan suatu penelitian.

### **3. Pembuatan Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir adalah model (gambar) berupa konsep tentang hubungan antara variabel satu dengan berbagai faktor lainnya. Pembuatan kerangka berpikir merupakan argumentasi yang menjelaskan hubungan antarberbagai faktor yang

berkaitan dengan objek dan dapat menjawab permasalahan sehingga merupakan gambaran tentang konsep bagaimana suatu variabel memiliki hubungan dengan variabel lainnya. Bagaimana faktor-faktor dalam penelitian tersebut dapat saling berhubungan. Pembuatan kerangka berpikir menggunakan pola berpikir logis, analitis, dan sintesis atas keterangan-keterangan yang diperoleh dari berbagai sumber informasi. Hal itu diperoleh dari wawancara dengan pakar atau dengan pengamatan langsung





#### 4. Penarikan Hipotesis

Hipotesis berasal dari bahasa Yunani: *hypo* = di bawah; *thesis* = pendirian, pendapat yang ditegakkan, kepastian. Artinya, hipotesis merupakan sebuah istilah ilmiah yang digunakan dalam rangka kegiatan ilmiah yang mengikuti kaidah-kaidah berpikir biasa, secara sadar, teliti, dan terarah. Dalam penggunaan sehari-hari, hipotesis ini sering juga disebut dengan hipotesis, tidak ada perbedaan makna di dalamnya.

Hipotesis merupakan dugaan, prediksi atau jawaban sementara terhadap suatu permasalahan. Penyusunan hipotesis dapat berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Prediksi tersebut dapat pula bersifat statistik dan hanya berupa probabilitas. Hasil yang diramalkan oleh prediksi tersebut haruslah belum diketahui kebenarannya (apakah benar-benar akan terjadi atau tidak). Hanya dengan demikianlah maka terjadinya hasil tersebut menambah probabilitas bahwa hipotesis yang dibuat sebelumnya adalah benar. Jika hasil yang diramalkan sudah diketahui, hal itu disebut konsekuensi dan seharusnya sudah diperhitungkan saat membuat hipotesis. Jika prediksi tersebut tidak dapat diobservasi, hipotesis yang mendasari prediksi tersebut belum berguna bagi metode bersangkutan dan harus menunggu metode yang mungkin akan datang. Dalam penelitian, setiap orang berhak menyusun hipotesis. Masalah yang dirumuskan harus relevan dengan hipotesis yang diajukan.

Hipotesis menjadi teruji apabila semua gejala yang timbul tidak bertentangan dengan hipotesis tersebut. Dalam upaya pembuktian hipotesis peneliti dapat saja dengan sengaja

menimbulkan atau menciptakan suatu gejala. Kesengajaan ini disebut percobaan atau eksperimen. Hipotesis yang telah teruji kebenarannya disebut teori.

Hipotesis merupakan elemen penting dalam penelitian ilmiah, khususnya penelitian kuantitatif. Terdapat tiga alasan utama yang mendukung pandangan ini, di antaranya:

- a. Hipotesis dapat dikatakan sebagai piranti kerja teori. Hipotesis ini dapat dilihat dari teori yang digunakan menjelaskan permasalahan yang akan diteliti. Misalnya, sebab dan akibat dari konflik dapat dijelaskan melalui teori mengenai konflik.
- b. Hipotesis dapat diuji dan ditunjukkan kemungkinan benar atau tidak benar atau difalsifikasi.
- c. Hipotesis adalah alat yang besar dayanya untuk memajukan ilmu pengetahuan karena membuat ilmuwan dapat keluar dari dirinya sendiri. Artinya, hipotesis disusun dan diuji untuk menunjukkan benar atau salahnya dengan cara terbebas dari nilai dan pendapat peneliti yang menyusun dan mengujinya.

Satu hipotesis dapat diuji apabila hipotesis tersebut dirumuskan dengan benar. Kegagalan merumuskan hipotesis akan mengaburkan hasil penelitian. Meskipun hipotesis telah memenuhi syarat secara proporsional, jika hipotesis tersebut masih abstrak bukan saja membingungkan prosedur penelitian, melainkan juga sukar diuji secara nyata. Untuk dapat memformulasikan hipotesis yang baik dan benar, sedikitnya harus memiliki beberapa ciri-ciri pokok, yakni:

- a. Hipotesis diturunkan dari suatu teori yang disusun untuk menjelaskan masalah dan dinyatakan dalam proposisi-proposisi. Oleh sebab itu, hipotesis merupakan jawaban atau dugaan sementara atas masalah yang dirumuskan atau searah dengan tujuan penelitian.
- b. Hipotesis harus dinyatakan secara jelas, dalam istilah yang benar dan secara operasional. Aturan untuk menguji satu hipotesis secara empiris harus mendefinisikan secara operasional semua variabel dalam hipotesis dan diketahui secara pasti variabel independen dan variabel dependen.
- c. Hipotesis menyatakan variasi nilai sehingga dapat diukur secara empiris dan memberikan gambaran mengenai fenomena yang diteliti. Untuk hipotesis deskriptif berarti hipotesis secara jelas menyatakan kondisi, ukuran, atau distribusi suatu variabel atau fenomenanya dinyatakan dalam nilai-nilai yang mempunyai makna.
- d. Hipotesis harus bebas nilai. Artinya nilai-nilai yang dimiliki peneliti dan preferensi subjektivitas tidak memiliki tempat di dalam pendekatan ilmiah seperti halnya dalam hipotesis.
- e. Hipotesis harus dapat diuji. Untuk itu, instrumen harus ada (atau dapat dikembangkan) yang akan menggambarkan ukuran yang valid dari variabel yang diliputi. Kemudian, hipotesis dapat diuji dengan metode yang tersedia yang dapat digunakan untuk mengujinya sebab peneliti dapat merumuskan hipotesis yang bersih, bebas nilai, dan spesifik, serta menemukan bahwa tidak ada metode penelitian untuk mengujinya. Oleh sebab itu, evaluasi

hipotesis bergantung pada eksistensi metode-metode untuk mengujinya, baik metode pengamatan, pengumpulan data, analisis data, maupun generalisasi.

- f. Hipotesis harus spesifik. Hipotesis harus bersifat spesifik yang menunjuk kenyataan sebenarnya. Peneliti harus bersifat spesifik yang menunjuk kenyataan yang sebenarnya. Peneliti harus memiliki hubungan eksplisit yang diharapkan di antara variabel dalam istilah arah (seperti, positif dan negatif). Satu hipotesis menyatakan bahwa X berhubungan dengan Y adalah sangat umum. Hubungan antara X dan Y dapat positif atau negatif. Selanjutnya, hubungan tidak bebas dari waktu, ruang, atau unit analisis yang jelas. Jadi, hipotesis akan menekankan hubungan yang diharapkan di antara variabel, sebagaimana kondisi di bawah hubungan yang diharapkan untuk dijelaskan. Sehubungan dengan hal tersebut, teori menjadi penting secara khusus dalam pembentukan hipotesis yang dapat diteliti karena dalam teori dijelaskan arah hubungan antara variabel yang akan dihipotesiskan.
- g. Hipotesis harus menyatakan perbedaan atau hubungan antarvariabel. Satu hipotesis yang memuaskan adalah salah satu hubungan yang diharapkan di antara variabel dibuat secara eksplisit.

## 5. Deduksi Hipotesis

Merupakan pendekatan yang menggunakan logika untuk menarik satu atau lebih kesimpulan (*conclusion*) berdasarkan seperangkat premis yang diberikan. Dalam sistem deduktif

yang kompleks, peneliti dapat menarik lebih dari satu kesimpulan.

## **6. Pengujian Hipotesis/Eksperimen**

Pengujian hipotesis merupakan suatu prosedur yang dilakukan dengan tujuan memutuskan apakah *menerima* atau *menolak* hipotesis itu. Pengujian hipotesis merupakan pengujian terhadap suatu pernyataan dengan menggunakan metode statistik sehingga hasil pengujian tersebut dapat dinyatakan signifikan secara statistik. Dalam pengujian hipotesis, keputusan yang dibuat mengandung ketidakpastian, artinya keputusan bias benar atau salah, sehingga menimbulkan risiko. Besar kecilnya risiko dinyatakan dalam bentuk probabilitas. Pengujian hipotesis merupakan bagian terpenting dari statistik inferensi (statistik induktif) karena berdasarkan pengujian tersebut, pembuatan keputusan atau pemecahan persoalan sebagai dasar penelitian lebih lanjut dapat terselesaikan. Pengujian hipotesis merupakan bagian dari statistik inferensial. Pengujian hipotesis dilakukan dengan cara menganalisis data. Data dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya melalui percobaan atau eksperimen. Percobaan yang dilakukan akan menghasilkan data berupa angka untuk memudahkan penarikan kesimpulan. Pengujian hipotesis juga berarti mengumpulkan bukti-bukti yang relevan dengan hipotesis yang diajukan untuk memperlihatkan apakah terdapat bukti yang mendukung hipotesis.

## **7. Penarikan Kesimpulan**

Penarikan kesimpulan merupakan penilaian apakah sebuah hipotesis yang diajukan itu ditolak atau diterima. Hipotesis

yang diterima dianggap sebagai bagian dari pengetahuan ilmiah, sebab telah memenuhi persyaratan keilmuan. Syarat keilmuan yakni mempunyai kerangka penjelasan yang konsisten dengan pengetahuan ilmiah sebelumnya serta telah teruji kebenarannya. Melalui kesimpulan, maka akan terjawab rumusan masalah dan hipotesis yang diajukan dapat dibuktikan kebenarannya. Teruji kebenarannya berarti tidak ditemukan bukti yang bertentangan. Kesimpulan adalah intisari dari hasil eksperimen dan pernyataan mengenai hubungan hasil eksperimen dengan hipotesis, termasuk juga alasan-alasan yang menyebabkan hasil eksperimen berbeda dengan hipotesis. Jika perlu, kesimpulannya dapat diakhiri dengan memberikan masukan untuk pengujian selanjutnya.

## **E. Kelebihan dan Kekurangan Metode Ilmiah**

Setiap metode yang digunakan pasti memiliki kelebihan dan keterbatasan, berikut ini akan dipaparkan beberapa kelebihan dan keterbatasan dari metode ilmiah.

### **1. Kelebihan**

Dengan metode ilmiah dapat dihasilkan pengetahuan yang ilmiah. Kita telah mengetahui bahwa data yang digunakan untuk mengambil kesimpulan ilmiah itu berasal dari pengamatan. Keunggulan metode ilmiah terkandung dalam sifat objektif, metodik, sistematis, dan berlaku umum yang merupakan ciri khas pengetahuan ilmiah yang akan membimbing kita pada sikap ilmiah yang terpuji yaitu sebagai berikut;

- Metode ilmiah lebih bisa dipertanggungjawabkan karena di dalamnya adanya bukti-bukti yang konkret

dan ada ukuran yang jelas.

- Jelas, dapat dibuktikan dan dapat diamati langsung oleh alat indra manusia.
- Dapat dijadikan suatu tolak-ukur untuk penelitian-penelitian selanjutnya (bila tidak terdapat kesalahan).
- Mengajarkan pada manusia untuk menatap realita dan segala sesuatu yang ada.
- Logis, karena dapat dibuktikan oleh semua orang.
- Tidak berpikir secara prasangka. Tidak percaya begitu saja pada suatu kesimpulan tanpa adanya bukti-bukti yang nyata.
- Optimis, teliti dan berani menyatakan kesimpulan yang menurut keyakinan ilmiahnya adalah benar.

## 2. Keterbatasan

- Bersifat sementara, artinya, sebelum ada kebenaran ilmu yang dapat menolak kesimpulan itu, maka kesimpulan itu dianggap benar. Sebaliknya, kesimpulan ilmiah yang dapat menolak kesimpulan ilmiah yang terdahulu, maka kesimpulan tersebut menjadi kebenaran baru, sehingga tidak mustahil suatu kesimpulan ilmiah bisa berubah sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan itu sendiri.
- Sulit untuk memilih fakta yang benar-benar berkaitan dengan masalah yang akan dipecahkan.
- Metode ilmiah tidak mungkin bisa menjangkau objek yang bersifat immateri (gaib), dikarenakan tidak adanya wujud, ukuran, dan timbangan yang jelas.
- Terlalu bergantung pada objek yang ada.

- Metode ilmiah akan berubah bila objek yang diamati telah berubah. Sebagai contoh, ilmuwan mengatakan bahwa suhu di atas puncak Merapi adalah 35°C, namun apa yang dikemukakan oleh ilmuwan akan berubah seiring berubahnya cuaca dan suhu.
- Kurang valid, karena tidak semua hasil dari metode atau penelitian di suatu daerah akan bisa diterapkan untuk daerah lain.
- Membutuhkan waktu yang lama, karena penelitian dilakukan secara berulang.
- Membutuhkan biaya yang sangat mahal, karena setiap penelitian memerlukan alat bantu berupa peralatan yang menggunakan teknologi canggih.
- Dapat terhapus atau tidak dipakai bila terbukti ditemukan kesalahan dan bila muncul teori lain yang dianggap lebih berguna.
- Cenderung kaku dan tidak terpengaruh oleh rasio.
- Kita melakukan pengamatan dengan pancaindra yang juga mempunyai keterbatasan kemampuan untuk menangkap suatu fakta. Jadi, kemungkinan keliru dari penangkapan pancaindra tetap ada sehingga dengan demikian, kemungkinan keliru dari suatu kesimpulan ilmiah juga tetap ada.

## **F. Keterbatasan Metode Ilmiah**

Metode ilmiah merupakan cara efektif dalam mendapatkan kesimpulan karena pengetahuan dianalisis berdasarkan prosedur baku dengan ketelitian yang dapat diandalkan baik secara rasional maupun empirik. Tetapi harus diakui kebenaran



ilmu pengetahuan hasil dari metode ilmiah bersifat tentatif, artinya hanya bersifat sementara saja sebelum ada konsep baru yang lebih benar.

Kebenaran dalam ilmu pengetahuan alam tidak pernah mutlak dan tidak pernah lengkap serta tuntas. Sebagai manusia, para ilmuwan sadar dan berendah hati karena mereka yakin sangat sedikit apa yang telah mereka ketahui. Pada suatu hari, Dr. Walter Stewart, seorang ekonom berdiri di muka pintu auditorium di Princeton University mengamati sekelompok mahasiswa fakultas ilmu pengetahuan alam dan matematika yang keluar dari sebuah seminar. Mereka itu riuh, aktif, cerdas, dan cekatan. Dalam suatu kesempatan ia menghentikan salah seorang mahasiswa yang keluar dari auditorium secara tergesa-gesa dan bertanya, Bagaimana seminarnya? Mereka menjawab hebat, segala sesuatu yang kami ketahui minggu lalu tentang ilmu pengetahuan alam tidak benar lagi saat ini. Di samping itu, ilmu alamiah memiliki keterbatasan objek yaitu tidak dapat menyentuh wilayah di luar alam (tentang yang gaib), tidak bisa dijadikan pembenaran dalam seni estetis (indah tidak indah), etika (baik dan buruk), dan lain-lain.



## BAB VI

# ALAM SEMESTA DAN TATA SURYA

### A. Batasan Pengertian

Alam semesta (disebut pula jagat raya atau universum) adalah seluruh ruang waktu kontinu tempat kita berada, dengan energi dan materi yang dimilikinya. Usaha untuk memahami pengertian alam semesta dalam lingkup ini pada skala terbesar yang memungkinkan, ada pada kosmologi, ilmu pengetahuan yang berkembang dari fisika dan astronomi. Istilah yang paling umum untuk “Alam Semesta” di antara para filsuf Yunani kuno dari Pythagoras adalah  $\tau\omicron\ \pi\alpha\nu$  (semuanya), yang didefinisikan sebagai semua materi ( $\tau\omicron\ \omicron\lambda\omicron\nu$ ) dan semua ruang ( $\tau\omicron\ \kappa\epsilon\nu\omicron\nu$ ). Lainnya, sinonim untuk alam semesta antara filsuf Yunani kuno termasuk  $\kappa\omicron\sigma\mu\omicron\varsigma$  (artinya dunia, kosmos) dan  $\phi\upsilon\sigma\iota\varsigma$  (artinya alam, dari mana kita berasal) memiliki arti kata yang sama, yang ditemukan di penulis Latin (*totum, mundus, natura*) dan bertahan dalam bahasa modern, misalnya, kata-kata Jerman *das, weltall*, dan *natur* untuk *universe*.

Kata *universe* (semesta) biasanya didefinisikan mencakup keseluruhan. Namun, dengan menggunakan definisi alternatif, beberapa kosmolog berspekulasi bahwa *universe* hanya merujuk pada alam di mana keberadaan kita berada. Hal ini terkait dengan pemaknaan alam semesta kita yang hanya merupakan satu dari banyak “semesta” yang secara kolektif disebut *multiverse*. Alam semesta fisik didefinisikan sebagai

keseluruhan ruang dan waktu (secara kolektif disebut ruang-waktu) dan isinya. Isi tersebut terdiri dari semua energi dalam berbagai bentuk, termasuk radiasi elektromagnetik dan materi. Alam semesta juga mencakup hukum-hukum fisika yang memengaruhi energi dan materi, seperti hukum kekekalan, mekanika klasik, dan relativitas.

Alam semesta sering didefinisikan sebagai “keseluruhan keberadaan”, atau segala sesuatu yang ada, segala sesuatu yang telah ada, dan segala sesuatu yang akan ada. Bahkan, beberapa filsuf dan ilmuwan mendukung penyertaan gagasan dan konsep abstrak – seperti matematika dan logika – dalam definisi alam semesta. Kata alam semesta juga dapat merujuk pada konsep-konsep seperti kosmos, dunia, dan alam.

Alam semesta juga dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dianggap ada secara fisik, seluruh ruang dan waktu, dan segala bentuk materi, serta energi. Istilah semesta atau jagat raya dapat digunakan dalam indra kontekstual yang sedikit berbeda, yang menunjukkan konsep-konsep seperti kosmos, dunia, atau alam.

Model-model ilmiah awal untuk alam semesta dikembangkan oleh para filsuf Yunani kuno dan filsuf India kuno dan bersifat geosentris, menempatkan bumi di pusat alam semesta. Selama berabad-abad, pengamatan astronomi yang lebih tepat membuat Nicolaus Copernicus mengembangkan model heliosentris dengan matahari di pusat tata surya. Dalam mengembangkan hukum gravitasi universal, Sir Isaac Newton berdasar pada karya Copernicus serta pengamatan oleh Tycho Brahe dan hukum gerak planet Johannes Kepler.

## B. Ukuran dan Isi Alam Semesta

Semesta adalah ruangan yang sangat besar dan mungkin tak terbatas dalam volume, hal yang dapat diamati adalah tersebarnya ruang pada ukuran setidaknya 93 miliar tahun cahaya. Berdasarkan hasil pengamatan para astronom dengan menggunakan teropong binokular atau teleskop yang mutakhir bahwa di alam semesta ini terdapat bintang-bintang beredar mengikuti suatu pusat berupa kabut gas pijar yang sangat besar, dikelilingi oleh kelompok-kelompok bintang yang sangat dekat satu dengan lain (*cluster*) dan juga dikelilingi oleh gumpalan-gumpalan kabut gas pijar yang lebih kecil dari pusatnya (*nebula*) dan tebaran ribuan bintang. Keseluruhan itu termasuk matahari selanjutnya disebut Galaksi.

Menurut para ahli, ternyata galaksi itu jumlahnya banyak dan galaksi di mana bumi kita berinduk diberi nama galaksi Milky Way atau Bhima Sakti, dan galaksi tetangga Bhima Sakti yang dapat dilihat oleh para astronom adalah galaksi Andromeda. Galaksi merupakan kumpulan bintang-bintang yang jumlahnya tidak kurang 100 milyar, termasuk di antaranya matahari. Matahari merupakan pusat tata surya kita ini. Kumpulan bintang-bintang di dalam galaksi bentuknya menyerupai lensa cembung yang pipih atau cakram dengan garis tengah sepanjang 100 tahun cahaya dan tebalnya 10 tahun cahaya. Posisi matahari sebagai pusat tata surya berada pada jarak 30 tahun cahaya dari pusat galaksi.

Kepadatan keseluruhan kini semesta sangat rendah, sekitar  $9,9 \times 10^{-30}$  gram per sentimeter kubik. Massa-energi ini tampaknya terdiri dari 73% energi gelap, 23% materi gelap

dingin, dan 4% materi biasa. Dengan demikian, kepadatan atom adalah atas perintah dari atom hidrogen tunggal untuk setiap  $4 \text{ m}^3$  volume. Sifat energi gelap dan materi gelap yang belum diketahui. Hal *dark gravitates* sebagai hal biasa, sehingga bekerja untuk memperlambat ekspansi dari alam semesta, sebaliknya, energi gelap mempercepat ekspansi.

Semesta sudah tua dan juga berkembang. Perkiraan paling tepat dari usia alam semesta adalah  $13,73 \pm 0.12$  miliar tahun, berdasarkan pengamatan radiasi latar belakang gelombang mikrokosmik. Independen perkiraan (berdasarkan pengukuran seperti radioaktif dating) setuju, walaupun mereka kurang tepat, mulai dari 11-20 miliar tahun untuk 13-15 miliar tahun. Alam semesta belum sama pada setiap saat dalam sejarahnya. Misalnya, relatif populasi quasar dan galaksi telah berubah dan ruang itu sendiri tampaknya diperluas. Perluasan ini account untuk bagaimana bumi terikat ilmuwan dapat mengamati cahaya dari 30 miliar tahun cahaya dari galaksi, bahkan jika cahaya telah pergi untuk hanya 13 milyar tahun ruang yang sangat di antara mereka telah diperluas. Perluasan ini konsisten dengan pengamatan bahwa cahaya dari galaksi jauh telah *redshifted*; foton dipancarkan membentangkan panjang gelombang frekuensi yang lebih rendah lagi dan selama perjalanan mereka. Tingkat ekspansi spasial adalah percepatan, berdasarkan penelitian supernova IA Jenis dan diperkuat oleh data lain.

Perhitungan jarak sebagaimana dijelaskan di atas, dapat digambarkan sebagai berikut :

Dalam 1 detik cahaya dapat menempuh jarak sejauh 300.000 km sedang jarak bumi ke matahari =  $8 \frac{1}{3}$  menit cahaya atau 500 detik cahaya. Berarti jarak bumi dengan matahari =  $500 \times 300.000 = 150$  juta km.

### C. Asal-Usul Terbentuknya Alam Semesta

Alam semesta biasa juga disebut jagat raya atau seluruh alam. Ini adalah semua ruang mulai bumi hingga langit yang lengkap dengan energi serta materinya. Alam semesta diungkapkan terus mengalami perluasan. Ilmu pengetahuan telah mengungkap hal tersebut.

Pada awal abad ke-20 seorang fisikawan Rusia bernama Alexander Friedmann menemukan bahwa alam semesta mengembang. Fakta itu makin ditegaskan melalui teleskop oleh Edwin Hubble, astronom Amerika yang menemukan bahwa bintang-bintang dan galaksi terus bergerak atau saling menjauh. Sementara dalam kitab suci Alquran, fakta sains ini ternyata sudah lama diungkap sekira 14 abad lalu. Dalam salah satu surah Alquran, Allah *Subhanahu wa ta'ala* berfirman bahwa alam semesta mengalami perluasan.

*“Dan langit Kami bangun dengan kekuasaan (Kami), dan Kami benar-benar meluaskannya.”* (Q.S.Az-Zariyat: 47)

#### 1. Teori Ledakan Dahsyat (*Big Bang*)

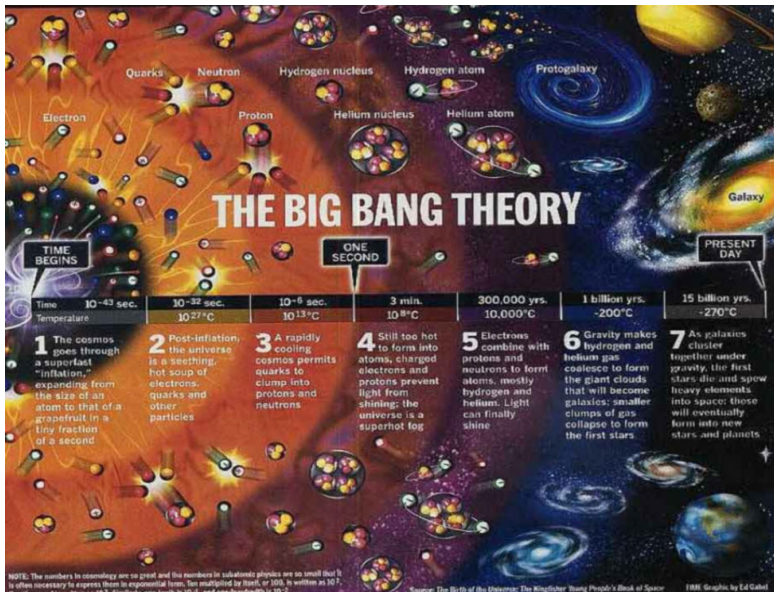
*The Big Bang* merupakan salah satu teori tentang awal pembentukan jagat raya. Teori ini menyatakan bahwa semua materi di dalam alam semesta terpadatkan dalam massa satu titik yang mempunyai volume nol karena gaya gravitasinya sangat besar. Alam semesta yang ada sekarang muncul

dari ledakan massa yang mempunyai volume nol tersebut. Jagat raya dimulai dari satu ledakan besar dari materi yang densitasnya luar biasa besar dan merupakan ledakan Kosmik yang berasal dari Nebula ini dan meledak ke segala penjuru dengan mengeluarkan gas-gas. Gas-gas tersebut kemudian membentuk galaksi-galaksi, bintang-bintang dan planet-planet. Implikasinya jagat raya punya awal dan akhir. Teori ini terus-menerus dibuktikan kebenarannya melalui sejumlah penemuan, dan diterima oleh sebagian besar astrofisikawan masa kini. Teori ini juga menganggap bahwa alam semesta ini terjadi akibat dari ledakan segumpal zat raksasa. Dengan kata lain bahwa alam semesta ini asalnya berupa 1 benda raksasa saja, kemudian pecah akibat tekanan tenaga dalam di tengah-tengahnya sehingga pecah menjadi berkeping-keping. Kepingan-kepingan itu menjadi benda-benda alam. Model Big Bang mulai dirintis sejak ditemukannya perhitungan oleh Alexandra Friedman, seorang ahli fisika Rusia, pada tahun 1922, yang menunjukkan ketidakstabilan struktur alam semesta dan impuls kecil pun mungkin cukup menyebabkan struktur keseluruhan mengembang atau mengerut menurut Teori Relativitas Einstein.

Seorang ahli perbintangan bangsa Belgia bernama Geprges Lamaitre pada tahun 1930 telah mengemukakan teori ledakan dahsyat. Menurut pendapatnya bahwa alam semesta atau galaksi-galaksi berasal dari suatu massa yang meledak dengan dahsyat yang bagian-bagiannya terlempar ke segala arah. Teori ini nampaknya sesuai dengan yang difirmankan dalam Alquran, yaitu : “Dan apakah orang-orang kafir tidak



mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapa mereka tidak juga beriman?" (Q.S. Al-Anbiya: 30).



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

- Masa batas dinding planck yaitu masa pada saat alam semesta berumur 10-43 detik berdasarkan hasil perhitungan Panck.
- Masa Jify yaitu masa pada saat alam semesta berumur 10-23 detik, dengan jari-jari alam semesta 10-13 cm dengan kerapatannya 1055 kali kerapatan air.

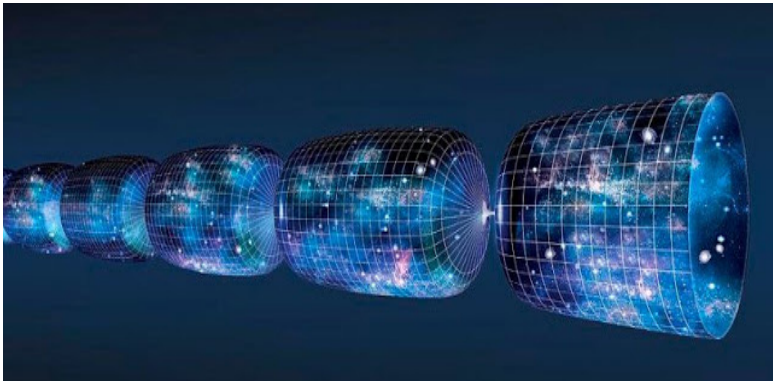
- c. Masa Quark yaitu masa pada saat alam semesta berumur 10<sup>-4</sup> detik. Pada masa ini partikel-partikel saling bertumpang tindih dan tidak berstruktur, serta diikuti dengan terbentuknya hadron yang mempunyai kerapatan 10<sup>9</sup> ton tiap sentimeter kubik.
- d. Masa pembentukan Lipton yaitu masa pada saat alam semesta berumur 10<sup>-</sup> detik.
- e. Masa radiasi yaitu masa alama semesta berumur 1 detik sampai satu juta kemudian pada saat terbentuknya fusi hidrogen menjadi helium mempunyai suhu 10<sup>9</sup> derajat Kelvin. Pada saat usia alam semesta berumur 10<sup>5</sup> sampai 10<sup>6</sup> tahun mempunyai suhu 3000 derajat Kelvin.
- f. Masa pembentukan Galaksi yaitu pada usia alam semesta 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> tahun. Pada saat usia ini galaksi masih berupa kabut Pilin yang berputar membentuk piringan raksasa.
- g. Masa pembentukan tata surya yaitu pada usia 4,6 x 10<sup>9</sup> tahun.

Teori *Big Bang* juga menjelaskan bahwa alam semesta memiliki siklus yang berulang. Pada suatu titik, alam semesta akan berhenti mengembang dan malah menyusut. Semua akan ditarik dan menyisakan lubang hitam besar. Inilah yang disebut *Big Crunch*, yang merupakan kelanjutan dari teori Big Bang. Menurut teori *Big Crunch*, alam semesta tidak mengalami akhir karena membentuk sebuah siklus. Ia akan meledak, mengembang, menyusut, lalu menghilang dan terus menerus seperti itu. Dalam kata lain, alam semesta akan bereinkarnasi.

## 2. Teori Ekspansi dan Kontraksi (*Oscillation Theory*)

Para ilmuwan menduga bahwa sebelum terbentuknya alam semesta telah terjadi suatu siklus antara masa ekspansi dan masa kontraksi. Teori ini dikemukakan oleh M. Schmidt, Arno Penzias dan Robert Wilson yang menjelaskan bahwa semua materi bergerak saling menjauhi dan bermula dari massa termampat. Dalam proses ekspansi dan kontraksi ini tidak ada materi yang rusak ataupun tercipta, melainkan hanya berubah tatanannya ataupun mengalami goyangan (*oscillation*).

Teori ini berdasarkan adanya suatu siklus dari alam semesta yaitu masa ekspansi dan masa kontraksi. Diduga siklus ini berlangsung dalam jangka waktu 30.000 juta tahun. Pada masa ekspansi terbentuklah galaksi-galaksi serta bintang-bintangnya. Ekspansi tersebut didukung oleh adanya tenaga-tenaga yang bersumber dari reaksi inti hidrogen yang pada akhirnya akan membentuk berbagai unsur lain yang kompleks.



Pada masa kontraksi, galaksi dan bintang-bintang yang terbentuk meredup sehingga unsur yang terbentuk menyusut dengan menimbulkan tenaga berupa panas yang sangat tinggi.

Teori ekspansi dan kontraksi menguatkan asumsi bahwa partikel-partikel yang ada pada saat ini berasal dari partikel-partikel yang ada pada zaman dahulu. Energi dari reaksi inti hidrogen dapat membangkitkan ekspansi alam sehingga terbentuklah galaksi-galaksi dan bintang-bintangnya dan unsur-unsur lainnya. Pada masa kontraksi galaksi dan bintang-bintang itu menciut dan meredup sambil memancarkan energi kalor yang sangat tinggi.

### **3. Teori *Creatio Continua* (Teori Keadaan Tetap)**

Teori ini dikemukakan oleh Fred Hoyle, Bendi, dan Gold. Mereka berpendapat bahwa alam semesta ini selamanya ada dan akan tetap ada. Dengan kata lain alam semesta tidak pernah bermula dan tidak pernah berakhir (m mengingatkan kita pada Al-Razi yang menyatakan materi itu kekal). Pada setiap saat ada partikel-partikel tersebut kemudian mengembun menjadi kabut-kabut spiral dengan bintang-bintang dan jasad-jasad alam semesta. Karena partikel yang dilahirkan lebih besar dari pada yang lenyap, maka jumlah materi makin bertambah dan mengakibatkan pemuaiian alam semesta. Pengembangan ini akan mencapai titik batas kritik pada 10 milyar tahun lagi. Tetapi dalam waktu 10 milyar ini akan dihasilkan kabut-kabut baru. Menurut teori ini, 90% materi alam semesta adalah oksigen. Dari hidrogen ini akan membentuk helium dan zat lainnya.

Walaupun populer pada awal abad ke-20, teori ini kini ditolak oleh sebagian besar kosmolog profesional dan ilmuwan lain karena bukti pengamatan menunjukkan kebenaran model ledakan dahsyat dan usia alam semesta yang terbatas. Bukti

yang dianggap meruntuhkan teori ini adalah radiasi latar gelombang mikrokosmis yang diprediksi oleh model ledakan dahsyat.

Kelemahan teori: tidak mampu menjelaskan kelahiran materi baru secara terus menerus; tidak bisa menjelaskan mengapa jagat raya mengembang; tidak bisa menjelaskan perbandingan hidrogen. Dalam semesta teramati sekarang, jumlah hidrogen lebih berlimpah daripada helium, sedangkan dalam keadaan tetap, seharusnya sama; tidak bisa menjelaskan di mana materi dibentuk, dan bahan apa, dan bagaimana prosesnya.

Kelebihan teori: bahwa alam semesta ini tak berawal dan tak berakhir. Di mana-mana sama setiap saat. Agar alam semesta selalu dalam keadaan begitu maka perlu diciptakan bahan baru secara sinambung. Bahan baru ini menimbulkan tekanan yang memaksa alam semesta memuai secara terus-menerus. Bahan baru tersebut selanjutnya memadat menjadi galaksi untuk mengisi kekosongan yang ditimbulkan karena pemuaian

#### **4. Teori Nebular**

Hipotesis ini dikemukakan pertama kali oleh 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 ada sebagian yang terpisah dan merupakan cincin yang mengelilingi pusat. Bagian yang mengelilingi pusat itu dengan cara yang sama berkondensasi membentuk suatu formula yang serupa dengan terbentuknya matahari tadi. Setelah mendingin benda-benda ini akan

menjadi planet-planet seperti Bumi dengan benda-benda yang mengelilinginya berupa sateliti atau bulan. Dapat dibayangkan bahwa berdasarkan teori ini, planet Saturnus yang dikelilingi oleh cincin Saturnus itulah merupakan bakal satelitnya. Salah satu keberatan dari hipotesis ini adalah ditemukannya dua buah bulan pada Jupiter dan sebuah bulan di Saturnus yang berputar berlawanan arah dengan rotasi planet-planet tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa satelit tersebut bukan merupakan bagian dari planetnya sesuai dengan hipotesis Laplace.

## 5. Teori Planetesimal

Dikemukakan pertama kali oleh Chamberlin dan Moulton. Hipotesis ini bertitik tolak dari pemikiran yang sama dengan teori nebular yaitu bahwa sistem tata surya ini terbentuknya dari kabut gas yang sangat besar yang berkondensasi. Perbedaannya adalah terletak pada asumsi bahwa terbentuknya plante-planet itu tidak harus dari satu badan, tetapi diasumsikan ada bintang besar lain yang kebetulan sedang lewat dekat bintang di mana tata surya kita merupakan bagiannya. Kabut gas dari bintang lain itu sebgaiain terpengaruh oleh daya tarik kita dengan 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 tersebut akan bergumpal menjadi besar dan menjadi 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.

#### **D. Terbentuknya Galaksi**

Galaksi ini merupakan suatu sistem yang terdiri dari kumpulan bintang-bintang serta juga benda-benda luar angkasa yang tersusun dengan secara teratur. Umumnya galaksi ini terdiri dari miliaran bintang dengan warna, ukuran serta juga karakteristik yang beragam serta tata surya mereka, yang semuanya disatukan oleh gravitasi. Di jagad raya ini terdapat banyak sekali galaksi. Bahkan, teleskop luar angkasa Hubble dapat mengamati sepetak kecil ruang angkasa selama 12 hari dan menemukan 10.000 galaksi, dengan berbagai ukuran, bentuk, dan warna. Salah satu dari galaksi yang paling terkenal ialah galaksi tempat bumi berada, Bima Sakti. Galaksi Bima Sakti ini biasa disebut dengan istilah “Milky Way Galaxy”. Galaksi Bima Sakti merupakan galaksi yang menjadi tempat tinggal kita.

Ilmu pengetahuan alam modern berpendapat bahwa kosmos telah terjadi dari pada kumpulan gas yakni hidrogen dan sedikit helium yang berputar secara pelan pada zaman yang sangat kuno. Kumpulan gas tersebut kemudian terbagi menjadi potongan-potongan banyak dari dimensi dan kelompok yang sangat besar. Ahli astrofisika memperkirakan bahwa dimensi tersebut 1 milyar sampai dengan 100 milyar kali besarnya matahari dan besarnya matahari adalah 300.000 kali besarnya bumi. Angka-angka itu memberikan gambaran kepada kita tentang kelompok gas mula-mula yang kemudian melahirkan galaksi.

Dimulai dari sekitar 600 juta tahun setelah terjadinya *Big Bang*, bintang bintang purba yang memiliki/mempunyai

ukuran utuh serta padat terbentuk setelah melewati masa kegelapan yang cukup panjang. Bintang-bintang purba inilah yang nantinya itu akan menyusun Galaksi Bima Sakti. Susunan yang membentuk bintang-bintang purba ini ialah kabut hidrogen yang menyebabkan era kegelapan. Pada saat bintang-bintang purba ini terbentuk era kegelapan itu telah berakhir. Faktor utama yang menjadi penyebab terbentuknya bintang purba ini ialah gaya gravitasi.

Bintang-bintang purba tersebut hanya berumur kurang lebih 10 juta tahun. Kemudian akan mengalami hipernova yang menjadi penyebab hancurnya bintang itu menjadi debu nebula. Setelah itu nebula inilah yang akan membentuk bintang-bintang baru dengan ukuran yang lebih kecil. Terjadinya hipernova itu disebabkan oleh bintang purba yang jatuh kedalam gravitasinya sendiri. Namun, pada peristiwa/kejadian ini hal unik terjadi. Saat ini bintang purba itu semakin menyusut akibat gravitasinya, hal itu sebaliknya terjadi pada badan bintang purba. Bagian badan bintang purba semakin besar serta siap meledak. Pada saat bintang purba ini meledak itu akan terbentuk beberapa bintang baru hingga menjadi kumpulan bintang-bintang calon galaksi. Calon-calon galaksi ini saling mendekat serta bergabung menjadi satu galaksi besar.

Ketika galaksi terbentuk, memiliki bentuk cakram dan disebut galaksi spiral karena struktur “lengan” seperti spiral yang terletak pada cakramnya. Ada teori yang berbeda tentang bagaimana distribusi bintang seperti cakram ini berkembang dari awan materi. Namun, saat ini, tidak ada yang tepat memprediksi hasil pengamatan.



## 1. Teori *Top-Down*

Olin Eggen, Donald Lynden-Bell L, dan Allan Sandage pada tahun 1962, mengajukan teori bahwa galaksi cakram terbentuk melalui runtuhnya awan gas besar secara monolitik. Distribusi materi di alam semesta awal berada dalam gumpalan yang sebagian besar terdiri dari materi gelap. Gumpalan ini berinteraksi secara gravitasi, menempatkan torsi pasang pada satu sama lain yang bertindak untuk memberi mereka momentum sudut. Sebagai materi baryonic mendingin, itu menghilangkan beberapa energi dan berkontraksi menuju pusat. Dengan kekekalan momentum sudut, materi di dekat pusat mempercepat rotasinya. Kemudian, seperti bola adonan pizza yang berputar, materi tersebut membentuk cakram yang rapat. Setelah piringan mendingin, gas tidak stabil secara gravitasi sehingga tidak bisa tetap menjadi awan homogen tunggal. Ia pecah dan awan gas yang lebih kecil ini membentuk bintang. Karena materi gelap tidak menghilang karena hanya berinteraksi secara gravitasi, ia tetap terdistribusi di luar cakram dalam apa yang dikenal sebagai lingkaran cahaya gelap. Pengamatan menunjukkan bahwa ada bintang yang terletak di luar cakram, yang tidak sesuai dengan model “adonan pizza”. Ini pertama kali diusulkan oleh Leonard Searle dan Robert Zinn bahwa galaksi terbentuk oleh penggabungan galaksi terdahulu yang lebih kecil. Dikenal sebagai skenario formasi *top-down*, teori ini cukup sederhana namun tidak lagi diterima secara luas.

## 2. Teori *Bottom-Up*

Teori yang lebih baru termasuk pengelompokan lingkaran cahaya materi gelap dalam proses *bottom-up*. Alih-alih awan gas besar runtuh untuk membentuk galaksi di mana gas pecah menjadi awan yang lebih kecil, diusulkan bahwa materi bermula dari gumpalan “lebih kecil” ini (massa pada urutan gugus bola), dan kemudian banyak dari gumpalan ini bergabung untuk membentuk galaksi, yang kemudian ditarik oleh gravitasi dan kemudian membentuk gugus galaksi. Hal ini masih menghasilkan distribusi materi baryonik seperti cakram dengan materi gelap membentuk halo untuk semua alasan yang sama seperti dalam teori *top-down*. Model yang menggunakan proses semacam ini memprediksi lebih banyak galaksi kerdil daripada galaksi besar, yang cocok dengan pengamatan.

Teori Hipotesis Fowler, merupakan salah satu teori yang membahas tentang terbentuknya galaksi. Teori ini merupakan teori yang dikemukakan oleh Fowler ditahun 1957. Teori ini juga dikenal dengan sebutan hipotesis Fowler. Perlu digarisbawahi bahwa hipotesis ini menjelaskan mengenai pembentukan galaksi secara umum, bukan hanya untuk galaksi bima sakti saja. Menurut Fowler (1957) sekitar 12.500 juta tahun lalu galaksi bhima sakti masih berbentuk kabut gas hidrogen yang sangat panas. Kemudian ia berotasi sehingga bentuknya menjadi bulat dan bertambah berat. Akibatnya ia mengadakan kontraksi dan bagian masa luarnya yang memiliki berat jenis yang besar banyak yang tertinggal dan kemudian membentuk bintang-bintang yang secara lambat

laun melakukan kontraksi sambil memancarkan energi potensialnya berupa kalor sehingga lambat laun suhunya menjadi turun. Setelah ribuan tahun bintang-bintang itu ada yang bentuknya hampir tetap seperti matahari kita.

## **E. Bentuk dan Ciri Galaksi**

Berikut ini adalah macam macam bentuk dari galaksi antara lain elips, spiral, dan tak beraturan :

### **1. Elips**

Galaksi adalah galaksi yang tampak seperti elips, akan tetapi wujud aslinya tidaklah kita ketahui karena bentuk elips ini adalah bentuk yang tampak dari samping. Bentuk ini bisa saja bundar maupun bola pempat. Struktur dari galaksi tipe ini juga tidak terlihat dengan jelas, galaksi ini mengandung sedikit materi antarbintang, dan anggota dari galaksi ini adalah bintang-bintang yang sudah tua. Galaksi ini merupakan  $\frac{2}{3}$  galaksi yang tampak menonjol di langit. Akan tetapi, sebenarnya kebanyakan galaksi di alam semesta luminositasnya adalah rendah sehingga sangat susah untuk jelas tampak.



Pada galaksi ini tidak ditemukan adanya nebula, bintang yang terkonsentrasi pada pusat, semakin jauh akan semakin merenggang. Ukurannya sangat sulit untuk ditentukan karena hampir tidak ada pembatas dengan ruang angkasa disebabkan oleh bintang-bintang yang terletak lebih jauh dari intinya. Contoh galaksi ini adalah galaksi M87/Messier 87, yaitu galaksi raksasa yang terletak pada Rasi Virgo.

Ciri-ciri galaksi bentuk elips:

- Bentuk aslinya belum diketahui
- Bentuk yang termasuk ke dalam kelompok ini hanya bentuk bundar hingga bentuk bola pepat
- Sedikit mengandung materi antarbintang
- Tidak ada nebula
- Ukurannya sulit untuk ditentukan

## **2. Spiral**

Bagian-bagian utama galaksi spiral adalah halo, bidang galaksi (termasuk lengan spiral), dan bulge (bagian pusat galaksi yang menonjol). Anggota galaksi spiral terdiri atas bintang-bintang tua dan muda. Bintang-bintang tua terdapat pada kumpulan bintang-bintang yang berjumlah ratusan dan berbentuk bola (gugus bola). Bintang-bintang muda terdapat di lengan spiral galaksi yang berada di bidang galaksi. Galaksi spiral berotasi dengan cepat sehingga membuat galaksi ini memipih dan membentuk bidang galaksi. Contoh dari galaksi tipe ini adalah galaksi Andromeda dan galaksi Bima Sakti. Di galaksi Bima Sakti inilah Bumi sebagai bagian dari sistem tata surya berada.



Ciri ciri galaksi bentuk spiral :

- Berbentuk spiral
- Mempunyai inti atau pusat yang berbentuk roda atau batang
- Mempunyai selubung bulat yang membungkus pusat, selubung ini terdiri dari bintang dan gugusnya
- Mempunyai lengan spiral yang mengelilingi pusat pada daerah khatulistiwa
- Mempunyai kecepatan rotasi yang tinggi
- Mempunyai bulge dan halo

### **3. Galaksi Irreguler/Galaksi Tak Beraturan**

Galaksi ini tidak memiliki bentuk khusus. Anggota dari galaksi tipe ini terdiri atas bintang-bintang tua dan muda. Contoh dari galaksi tipe ini adalah Awan Magellan Besar dan Awan Magellan Kecil, dua buah galaksi tetangga terdekat Bima Sakti, yang hanya berjarak sekitar 180.000 tahun cahaya dari Bima Sakti. Galaksi tak beraturan ini banyak mengandung materi antarbintang yang terdiri atas gas dan debu-debu.

Irreguler 1: terdiri dari bintang kelas O, B, dan nebula yang terang, terdapat banyak gugus bintang, nebula gas, dan bintang yang sangat besar atau maharaksasa, juga terdapat bintang tua dan muda. Contoh galaksi ini adalah Awan Magellan Besar dan Awan Magellan Kecil.



Ciri-ciri galaksi irreguler atau galaksi tak beraturan :

- Bentuknya tidak simetris
- Tidak mempunyai bentuk khusus
- Letaknya berdekatan dengan Bima Sakti
- Banyak mengandung materi antarbintang

## F. Tata Surya

Merupakan bintang yang disebut Matahari dan semua objek yang terikat oleh gaya gravitasinya. Objek-objek tersebut termasuk delapan buah planet yang sudah diketahui dengan orbit berbentuk elips, lima planet kerdil/katai, 173 satelit alami yang telah diidentifikasi, dan jutaan benda langit (meteor, asteroid, komet) lainnya. Banyak hipotesis tentang

asal-usul tata surya telah dikemukakan para ahli, beberapa di antaranya adalah:

1. Teori Nebular (kabut). Teori terjadinya tata surya mula-mula dikemukakan oleh Immanuel Kant (1755) dan Pierre Simon Laplace (1796). Keduanya berpendapat bahwa tata surya berasal dari kabut, sehingga disebut teori Kabut Kant-Laplace. Immanuel Kant berpendapat bahwa tata surya itu berasal dari gumpalan kabut gas panas yang berputar pada porosnya. Kemudian kabut itu menjadi padat dan atas dasar prinsip tarik menarik dan tolak menolak dari bagian-bagian kabut yang memadat itu dipusatnya membentuk inti menjadi matahari, sedangkan bagian lainnya bersatu lalu memisahkan diri dari yang lainnya dan menjadilah planet-planet. Dengan demikian planet-planet itu terbentuk bersamaan dengan matahari. Laplace berpendapat bahwa tata surya berasal dari nebula/kabut gas pijar bercampur dengan debu yang berputar pada porosnya. Akibat percepatan rotasinya, kabut makin mengecil dan bentuknya menjadi seperti cakram (pipih). Karena percepatannya makin besar, keadaan kabut menjadi tidak stabil dan terlepas membentuk cincin gas, lalu memadat. Cincin itu membentuk planet, sedangkan yang masih panas menjadi matahari.

Dalam Alquran dijelaskan bahwa penciptaan langit itu berasal dari asap/ kabut (Q.S. Fussilat: 11) artinya: “Kemudian Dia menuju kepada penciptaan langit dan langit itu masih merupakan asap, lalu Dia berkata kepadanya dan kepada bumi, Datanglah kamu keduanya

menurut perintah-Ku dengan suka hati atau terpaksa. Keduanya menjawab Kami datang dengan suka hati”.

2. Teori Tidal atau Pasang Surut. Teori ini dikemukakan oleh James H. Jeans dan Harold Jeffres pada tahun 1919. Menurut teori ini ratusan juta tahun lalu sebuah bintang bergerak mendekati matahari dan kemudian menghilang. Pada waktu itu sebagian matahari tertarik dan lepas. Dari bagian matahari yang lepas inilah kemudian terbentuk planet-planet.
3. Teori Bintang Kembar. Menurut teori ini, kemungkinan dahulu matahari merupakan sepasang bintang kembar. Oleh suatu sebab, salah satu bintang meledak, dan oleh gaya tarik gravitasi bintang yang satunya (matahari sekarang), pecahan tersebut tetap berada di sekitar dan beredar mengelilinginya.
4. 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 matahari, serta semua planet-planet berasal dari gas purba yang ada di ruang angkasa. Pada saat ini terdapat banyak kabut gas dan di antara kabut terlihat dalam proses melahirkan bintang.

Kabut gas yang tampak tipis-tipis di ruang angkasa itu karena gaya tarik gravitasi antarmolekul dalam kabut itu lambat laun memampatkan diri menjadi massa yang semakin lama semakin padat. Pemadatan ini dimungkinkan oleh sifat gas semacam itu selalu terjadi gerakan.



Selanjutnya gerakan itu semakin lama menjadi gerakan berputar yang memipihkan dan memadatkan gas kabut itu. Satu atau dua gumpalan materi memadat di tengah. Sedang gumpalan yang kecil akan melesat di lingkungan sekitarnya. Gumpalan yang memadat di tengah menjadi matahari sebagai pusat, sedang gumpalan-gumpalan yang kecil menjadi bakal planet. Matahari yang di pusat begitu padat mulai menyala dengan api nuklir, yang selanjutnya api itu mendorong gas yang masih membungkus planet menjadi sirna sehingga planet sekarang terlihat telanjang tinggal terasnya. Tetapi bakal planet yang jauh dari matahari kurang terpengaruh sehingga tampak menjadi planet yang besar dengan diliputi kabut.

#### 5. Konsep Alam Ganda

Para ahli astrofisika modern berpendapat bahwa sangat boleh jadi ada planet-planet yang menyerupai bumi. Mereka mengira ada kemungkinan terdapatnya planet seperti bumi di luar sistem matahari karena alasan seperti berikut: “Orang memperkirakan bahwa dalam galaksi kita, seperdua dari 100 milyar bintang, masing-masing mempunyai sistem planet seperti sistem matahari”.

### **G. Susunan Tata Surya**

Sebagaimana telah dijelaskan bahwa matahari adalah 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 filosof bernama Claudius Ptolemeus mengemukakan pendapatnya bahwa bumi adalah pusat tata surya. Menurut pandangannya

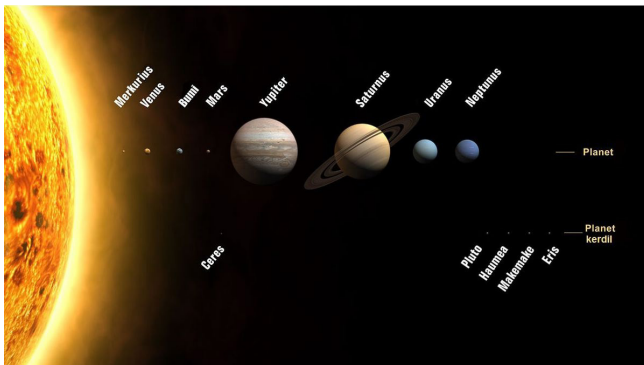
matahari, bulan dan planet-planet beredar mengelilingi bumi yang tetap diam sebagai pusatnya, dikenal dengan teori Geosentris. Pandangan ini dianut selama 14 abad di mana saat itu berdasarkan hasil pengamatan kasar oleh filosof Yunani sudah mampu mengenal 5 buah planet, yaitu; Merkurius, Venus, Mars, Yupiter, dan Saturnus. Merkurius dan Venus disebut planet dalam karena berada di antara bumi dan matahari sedang Mars, Yupiter, dan Saturnus disebut planet luar karena berada di luar garis edar matahari.

Pada abad ke-16 seorang ilmuwan Polandia bernama Nicolas Copernicus berhasil mengubah pandangan yang telah berabad-abad lamanya, menurut Copernicus bumi adalah planet, seperti halnya planet-planet lain beredar mengelilingi matahari sebagai pusatnya, disebut dengan teori Heliosentris. Pandangan ini didasarkan oleh adanya hasil pengamatan yang teliti serta dengan perhitungan yang sistematis yang didukung oleh teropong bintang yang telah berhasil ditemukan. Dengan teropong tersebut penemuan planet menjadi bertambah banyak, seperti planet Uranus, Neptunus, dan Pluto (1930) dan hingga saat ini telah ditemukan 10 buah planet termasuk bumi, asteroida dan planetoida.

Secara informal, Tata Surya dapat dibagi menjadi tiga daerah; 1) Tata Surya bagian dalam mencakup empat planet kebumihan dan sabuk asteroid utama. Pada daerah yang lebih jauh, 2) Tata Surya bagian luar, terdapat empat gas planet raksasa. Sejak ditemukannya Sabuk Kuiper, 3) bagian terluar Tata Surya dianggap wilayah berbeda tersendiri yang meliputi semua objek melampaui Neptunus.

Secara dinamis dan fisik, objek yang mengorbit matahari dapat diklasifikasikan dalam tiga golongan: planet, planet katai, dan benda kecil Tata Surya. Planet adalah sebuah badan yang mengedari matahari dan mempunyai massa cukup besar untuk membentuk bulatan diri dan telah membersihkan orbitnya dengan menginkorporasikan semua objek-objek kecil di sekitarnya. Dengan definisi ini, Tata Surya memiliki delapan planet: Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, dan Neptunus. Pluto telah dilepaskan status planetnya karena tidak dapat membersihkan orbitnya dari objek-objek Sabuk Kuiper.

Planet Katai adalah benda angkasa bukan satelit yang mengelilingi Matahari, mempunyai massa yang cukup untuk bisa membentuk bulatan diri, tetapi belum dapat membersihkan daerah sekitarnya. Menurut definisi ini, Tata Surya memiliki lima buah planet Katai; Ceres, Pluto, Haumea, Makemake, dan Eris. Objek lain yang mungkin akan diklasifikasikan sebagai planet katai adalah: Sedna, Orcus, dan Quaoar. Planet katai yang memiliki orbit di daerah trans-Neptunus biasanya disebut “plutoid”. Sisa objek-objek lain berikutnya yang mengitari Matahari adalah benda kecil Tata Surya.



## H. Bagian-Bagian Tata Surya

### 1. Matahari

Matahari merupakan anggota tata surya yang paling besar, di samping sebagai pusat peredaran juga matahari merupakan sumber energi di lingkungan tata surya. Matahari terdiri dari bagian inti yang dilapisi oleh tiga lapisan kulit yaitu kulit fotosfer, chromosfer, dan corona, panas matahari sebagai sumber kalor memiliki suhu jutaan derajat celcius yang dipancarkan berupa cahaya dengan tekanan udara ratusan juta atmosfer.

Menurut J. R. Meyer, panas bumi berasal dari batu meteor yang jatuh dengan kecepatan tinggi pada permukaan matahari. Sedang menurut teori kontraksi Helmholtz, panas itu karena menyusutnya bola gas matahari, Dr. Bothe menyatakan panas itu berasal dari reaksi nuklir yang disebut reaksi hidrogen helium sintetis.

### 2. Planet Merkurius

Merkurius merupakan planet terdekat dengan matahari, hampir 93% panas matahari terserap oleh bagian Merkurius yang menghadap matahari sehingga suhunya sangat panas, sedangkan bagian yang tidak menghadap matahari dingin sekali (sehingga tidak ada air dan udara), planet ini tidak memiliki satelit (bulan) dan diperkirakan tidak ada kehidupan.

### 3. Planet Venus

Planet ini terselubung dengan awan putih yang sangat tebal sehingga dapat memantul cahaya matahari ke bumi. Oleh karenanya, dapat dilihat dari bumi dengan cahaya yang

terang (sering disebut bintang timur karena selalu terbit mendahului matahari di sebelah timur dan disebut pula bintang kejora yang suka bersinar pada sore hari), Venus menyerap cahaya matahari sekitar 20% tidak memiliki satelit, kala revolusinya 225 hari, dan kala rotasi 247 hari.

#### 4. Planet Bumi

Planet Bumi terletak pada urutan ketiga dari matahari, ukurannya hampir sama dengan Venus, jarak Bumi terhadap matahari sekitar 150 juta km, kala rotasi Bumi 24 jam, dan kala revolusinya 365,25 hari. Bumi dilapisi atmosfer dengan suhu dan penerimaan cahaya matahari yang ideal sehingga dapat tersedia air dan gas (substansi kehidupan).

#### 5. Planet Mars

Mars adalah planet luar yang paling dekat dengan Bumi sehingga planet sering terlihat pada setiap jam 19.00 di atas kepala kita, berwarna putih karena sering diliputi salju tipis, ada beberapa laporan hasil pemotretan satelit bahwa planet ini mengandung oksigen sekalipun dalam jumlah kecil, bahkan terlihat gambar yang bergaris-garis seperti saluran kanal, diduga ada tumbuhan lumut yang sangat sederhana, tetapi penelitian sampai saat ini masih menganggap di Mars tidak ada makhluk hidup. Walau demikian, ilmuwan masih gencar melakukan penelitian. Mars memiliki kala revolusi 1,9 tahun dan rotasinya 24 jam 37 menit, jarak terhadap matahari 226,48 juta km dengan garis tengah 6272 km.

6. Planet Yupiter

Yupiter merupakan planet terbesar. Berdasarkan analisis spektroskopis, planet ini mengandung banyak gas metana dan amoniak, serta mengandung gas hidrogen dan memiliki 14 satelit. Diameternya 138.560 km dengan rotasi 10 jam tampak sebagai bintang yang terang tengah malam, karena masanya sangat besar = 300 kali masa bumi sehingga gravitasinya pun 2,6 kali gravitasi bumi.

7. Planet Saturnus

Planet ini memiliki masa jenis yang sangat lebih kecil dari air sehingga akan terapung di atas air. Planet ini berupa gas yang terdiri dari metana dan amoniak, Saturnus merupakan planet terbesar kedua sehingga memiliki 10 satelit dan satelit terbesarnya bernama Titan dan planet lain bernama Phoebe yang arah geraknya berlawanan dengan 9 planet lainnya dan Phoebe dianggap bukan anak kandung saturnus.

8. Planet Uranus

Berbeda dengan planet lain, rotasinya dari timur ke barat, jarak ke matahari 2860 juta km dengan revolusi 84 tahun, sementara rotasinya 10 jam 47 detik. Planet ini ditemukan oleh Herschel bersama keluarga secara tidak sengaja saat melihat Saturnus. Besar Uranus kurang dari setengah Saturnus, bergaris tengah 50.560 km dan memiliki 14 buah satelit.

9. Planet Neptunus

Neptunus memiliki dua satelit, satu di antaranya bernama Triton yang beredar berlawanan arah dengan gerak

rotasi Neptunus, jarak ke matahari 4470 juta km dengan kala revolusi 165 tahun dan planet ini ditemukan tahun 1846 saat astronom menyelidiki Uranus yang orbitnya menyimpang dan diduga karena ada pengaruh dari gravitasi planet lain.

#### 10. Planet Pluto

Pluto merupakan planet terjauh dari matahari diketahui sejak tahun 1930. Planet ini disebut juga planet transneptunus karena diduga planet ini merupakan bagian satelit Neptunus yang terlepas. Pluto tidak tertembus cahaya matahari sehingga sepanjang zaman selalu gelap oleh karenanya diberi nama Pluto (dewa kegelapan bangsa Yunani) dan tidak memiliki satelit.





## BAB VII

# BUMI

### A. Batasan Pengertian

Dalam bahasa Inggris modern, kata benda *earth* dikembangkan dari kata bahasa Inggris Pertengahan *erthe* (dicatat pada 1137), yang berasal dari kata bahasa Inggris Kuno *eorthe* (sebelum 725), sedangkan kata itu sendiri berasal dari kata Proto-Jermanik \**erthō*. *Earth* memiliki kata kerabat pada semua bahasa Jermanik lainnya, termasuk *aarde* (belanda), *erde* (Jerman) dan *jord* dalam bahasa Swedia, Denmark, dan Norwegia. *Earth* adalah perumpamaan untuk dewi paganisme Jermanik (atau *jord* dalam mitologi Norse, ibu dari dewa Thor). Dalam bahasa Indonesia, kata *bumi* berasal dari bahasa Sanskerta *bhumi*, yang berarti tanah, dan selalu ditulis dengan huruf kapital (Bumi), untuk merujuk pada planet Bumi, sementara “bumi” dengan huruf kecil merujuk pada permukaan dunia, atau tanah. Bumi terkadang disebut dengan istilah “dunia” atau juga disebut sebagai Planet Biru. Bumi memiliki beberapa nama alternatif, di antaranya adalah Tallus/Telluris atau Terra dan Gaia.

Bumi adalah planet terbesar dari empat planet kebumihan lainnya menurut ukuran dan massa. Diperkirakan usianya mencapai 4,6 milyar tahun. Jarak antara Bumi dengan Matahari adalah 149.6 juta kilometer atau 1 AU (ing: astronomical unit). Dari keempat planet tersebut, Bumi merupakan planet

dengan kepadatan tertinggi, gravitasi permukaan tertinggi, medan magnet terkuat, dan rotasi tercepat, dan diperkirakan juga merupakan satu-satunya planet dengan tektonik lempeng yang aktif.

Bumi terbentuk sekitar 4,54 miliar tahun yang lalu, dan kehidupan sudah muncul di permukaannya paling tidak sekitar 3,5 miliar tahun yang lalu. Biosfer Bumi kemudian secara perlahan mengubah atmosfer dan kondisi fisik dasar lainnya, yang memungkinkan perkembangbiakan organisme serta pembentukan lapisan ozon, yang bersama medan magnet Bumi menghalangi radiasi surya berbahaya dan mengizinkan makhluk hidup mikroskopis untuk berkembang biak dengan aman di daratan. Sifat fisik, sejarah geologi, dan orbit Bumi memungkinkan kehidupan untuk bisa terus bertahan.

Bentuk Bumi kira-kira menyerupai sferoid pepat, bola yang bentuknya tertekan pipih di sepanjang sumbu dari kutub ke kutub sehingga terdapat tonjolan di sekitar khatulistiwa. Tonjolan ini muncul akibat rotasi Bumi, yang menyebabkan diameter khatulistiwa 43 km lebih besar dari diameter kutub ke kutub. Karena hal ini, titik terjauh permukaan Bumi dari pusat Bumi adalah gunung api Chimborazo di Ekuador, yang berjarak 6.384 kilometer dari pusat Bumi, atau sekitar 2 kilometer lebih jauh jika dibandingkan dengan Gunung Everest. Diameter rata-rata bulatan Bumi adalah 12.742 km, atau kira-kira setara dengan  $40.000 \text{ km}/\pi$ , karena satuan meter pada awalnya dihitung sebagai  $1/10.000.000$  jarak dari khatulistiwa ke Kutub Utara melewati Paris, Prancis. Bumi mempunyai massa seberat 59.760 milyar ton, dengan

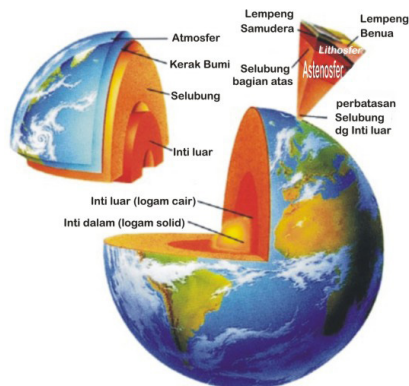
luas permukaan 510 juta kilometer persegi. Berat jenis Bumi (sekitar 5.500 kilogram per meter kubik) digunakan sebagai unit perbandingan berat jenis planet yang lain, dengan berat jenis Bumi dipatok sebagai 1. Bumi mempunyai diameter sepanjang 12.756 kilometer.



Topografi Bumi mengalami deviasi dari bentuk sferoid ideal, meskipun dalam skala global deviasi ini tergolong kecil: Bumi memiliki tingkat toleransi sekitar 584, atau 0,17% dari sferoid sempurna. Deviasi tertinggi dan terendah pada permukaan Bumi terdapat di Gunung Everest (8.848 m di atas permukaan laut) dan Palung Mariana (10.911 m di bawah permukaan laut). Karena adanya tonjolan khatulistiwa, lokasi yang berada paling jauh dari pusat Bumi adalah puncak Chimborazo di Ekuador dan Huascarán di Peru.

## B. Komposisi dan Struktur

Massa Bumi adalah sekitar  $5,98 \times 10^{24}$  kg. Komposisi Bumi sebagian besarnya terdiri dari besi (32,1%) oksigen (30,1%), silikon (15,1%), magnesium (13,9%), belerang (2,9%), nikel (1,8%), kalsium (1,5%), dan aluminium (1,4%); sisanya terdiri dari unsur-unsur lainnya (1,2%). Akibat segregasi massa, bagian inti bumi diyakini mengandung besi (88,8%), dan sejumlah kecil nikel (5,8%), belerang (4,5%), dan kurang dari 1% unsur-unsur lainnya. Bumi diperkirakan tersusun atas inti dalam bumi yang terdiri dari besi nikel beku setebal 1.370 kilometer dengan suhu  $4.500^{\circ}\text{C}$ , diselimuti pula oleh inti luar yang bersifat cair setebal 2.100 kilometer, lalu diselimuti pula oleh mantel silika setebal 2.800 kilometer membentuk 83% isi bumi, dan akhirnya sekali diselimuti oleh kerak bumi setebal kurang lebih 85 kilometer. Kerak bumi lebih tipis di dasar laut yaitu sekitar 5 kilometer. Kerak bumi terbagi kepada beberapa bagian dan bergerak melalui pergerakan tektonik lempeng (teori *Continental Drift*) yang menghasilkan gempa bumi.



Ahli geokimia F. W. Clarke menghitung lebih dari 47% kerak Bumi mengandung oksigen. Konstituen batuan yang umumnya terdapat pada kerak Bumi hampir semuanya merupakan senyawa oksida; klorin, belerang, dan fluor adalah tiga pengecualian, dan jumlah total kandungan unsur ini dalam batuan biasanya kurang dari 1%. Oksida utama yang terkandung dalam kerak Bumi adalah silika, alumina, besi oksida, kapur, magnesia, kalium, dan soda. Silika pada umumnya berfungsi sebagai asam, yang membentuk silikat, dan mineral paling umum yang terdapat pada batuan beku adalah senyawa ini. Berdasarkan analisisnya terhadap 1.672 jenis batuan di kerak Bumi, Clarke menyimpulkan bahwa 99,22% kerak Bumi terdiri dari 11 oksida.

### **C. Orbit**

Bumi mengorbit Matahari pada jarak rata-rata sekitar 150 juta kilometer setiap 365,2564 hari Matahari rata-rata, atau satu tahun sideris. Dari Bumi, akan terlihat jelas gerakan Matahari ke arah timur dengan laju sekitar  $1^\circ$ /hari, yang memperjelas diameter Bulan atau Bumi setiap 12 jam. Karena pergerakan ini, Bumi membutuhkan waktu rata-rata 24 jam (atau hari Matahari) untuk menyelesaikan putaran penuh pada porosnya sehingga Matahari bisa kembali ke meridian. Rata-rata kecepatan orbit Bumi adalah 29,8 km/s (107.000 km/h), cukup cepat untuk menempuh jarak yang sama dengan diameter planet, atau sekitar 12.742 km dalam waktu tujuh menit, dan jarak ke Bulan, 384.000 km dalam waktu 3,5 jam. Sehari dibagi menjadi 24 jam dan setahun di

bumi sama dengan 365,2425 hari. Bumi mempunyai 1 satelit alami yaitu Bulan.

Bulan berputar dengan Bumi mengelilingi barisentrum setiap 2732 hari. Saat dipadukan dengan sistem revolusi Bumi-Bulan mengelilingi Matahari, periode Bulan sinodik dari bulan baru ke bulan baru adalah 29.53 hari. Jika dilihat dari kutub utara langit, gerakan Bumi, Bulan, dan rotasi sumbu mereka berlawanan dengan jarum jam. Sedangkan jika dilihat dari sudut pandang di atas kutub utara, baik Matahari dan Bumi, Bumi berputar dengan arah berlawanan mengelilingi Matahari. Bidang orbit dan sumbu Bumi tidak teratur; sumbu Bumi miring sekitar 23,4 derajat dari seranjang bidang orbit Bumi-Matahari (ekliptika), dan bidang orbit Bumi-Bulan miring sekitar  $\pm 5,1$  derajat dari bidang orbit Bumi-Matahari. Tanpa kemiringan ini, akan muncul gerhana setiap dua minggu, bergantian antara gerhana bulan dan gerhana matahari.

## **D. Gerakan Bumi**

### **1. Rotasi Bumi**

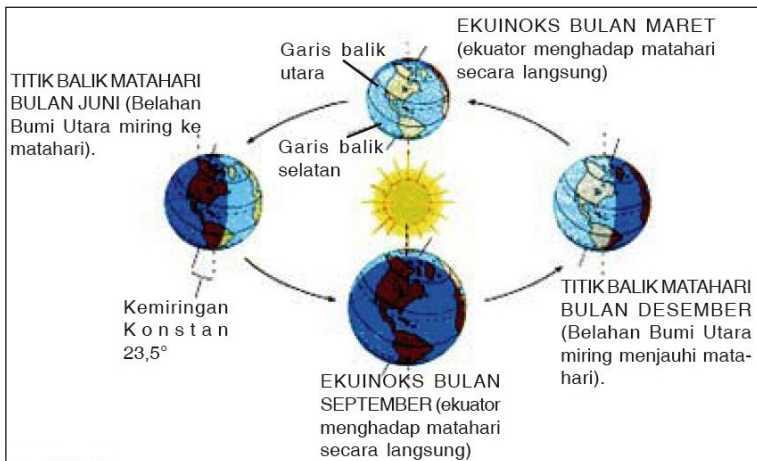
Sambil bumi bergerak mengelilingi matahari, bumi juga berputar pada porosnya, yang disebut rotasi bumi. Rotasi Bumi bergerak dari barat ke timur dan sistem rotasi Bumi ini dinamakan dengan *prograde*, yakni gerakan yang searah dengan arah objek angkasa lainnya. Arah rotasi bumi selalu sama, yaitu dari barat ke timur. Perputaran bumi pada porosnya menyebabkan terjadinya siang dan malam. Selama 24 jam, bumi melakukan satu kali putaran pada porosnya. Fenomena yang terjadi akibat rotasi bumi:

- Peredaran semu harian benda-benda langit. Pergerakan semu ini mengakibatkan seolah-olah benda-benda langit bergerak dari timur ke barat.
- Perubahan waktu siang dan malam, dengan bagian Bumi yang terkena langsung cahaya matahari mengalami siang, sedangkan di balik Bumi mengalami malam. Fenomena ini terjadi secara perlahan dalam kurun waktu 24 jam.
- Pembelokan arah angin yang terjadi akibat gaya Coriolis. Gaya Coriolis merupakan gaya semu yang dihasilkan oleh rotasi Bumi yang menyebabkan angin dari utara bumi berbelok ke kanan hingga di daerah ekuator, dan sebaliknya angin dari selatan bumi berbelok ke kiri hingga di daerah ekuator.

## **2. Revolusi Bumi**

Selain berotasi, Bumi ternyata juga mengalami revolusi. Jika rotasi adalah pergerakan berputar pada porosnya, revolusi dapat diartikan sebagai perputaran Bumi mengelilingi Matahari. Tidak hanya Bumi, semua planet di tata surya kita juga mengalami revolusi dan bergerak mengelilingi Matahari sesuai dengan orbitnya masing-masing. Orbit Bumi yang mengelilingi Matahari berbentuk agak sedikit oval, dicatat dalam laman sains Geography. Dampak dari bentuk orbit Bumi yang oval adalah perbedaan jarak dari Bumi ke Matahari setiap musimnya. Itu sebabnya, ada waktu-waktu tertentu saat posisi Bumi sedikit lebih dekat dengan Matahari dibandingkan waktu lainnya.

Namun, perbedaan jarak tersebut hanya bervariasi sebanyak 3% karena orbit Bumi masih cenderung berbentuk lingkaran. Bumi mengalami revolusi yang mengarah berlawanan dengan jarum jam jika dilihat dari luar angkasa tepat di atas Kutub Utara. Adanya hukum alam mengenai gerakan revolusi planet pada orbitnya masing-masing membuat tata surya dapat tersusun dengan sempurna tanpa saling bertabrakan. Dilansir laman sains Phys, kecepatan orbit Bumi dalam mengelilingi Matahari adalah 108 ribu kilometer per jam. Kalau dikalkulasikan dengan kecepatan konstan seperti itu, Bumi dapat menempuh jarak putaran sepanjang 940 juta kilometer dalam sekali orbit.



### 3. Presesi

Selain rotasi dan revolusi ada satu lagi gerak bumi, yakni presesi. Presesi bumi memang lebih jarang dibahas ketimbang rotasi dan revolusi.



Arti precesi sendiri adalah gerak poros putar bumi. Di mana poros putar bumi (KU – KS) ini tidak selalu mengarah ke titik yang sama di langit, melainkan berputar menyerupai putaran gasing.

Gerakan precesi terjadi dengan sangat lambat. Untuk satu kali periode precesi, waktu yang dibutuhkan adalah 26.000 tahun. Jadi, dari gerakan ini, maka pada abad ke-20, kutub langit utara akan berada di dekat bintang Polaris, dan 12.000 tahun lagi, KU akan berada di dekat bintang Vega.

### **E. Atmosfer**

Bumi mempunyai lapisan udara (atmosfer) dan medan magnet yang disebut (magnetosfer) yang melindungi permukaan Bumi dari angin matahari, sinar ultraungu, dan radiasi dari luar angkasa. Lapisan udara ini menyelimuti bumi hingga ketinggian sekitar 700 kilometer. Lapisan udara ini dibagi menjadi Troposfer, Stratosfer, Mesosfer, Termosfer, dan Eksosfer. Lapisan ozon, setinggi 50 kilometer, berada di lapisan stratosfer dan mesosfer dan melindungi bumi dari sinar ultraungu. Perbedaan suhu permukaan bumi adalah antara  $-70^{\circ}\text{C}$  hingga  $50^{\circ}\text{C}$  bergantung pada iklim setempat. Fungsi atmosfer bumi diantaranya:

Sebagai pelindung bumi, atmosfer menjaga suhu bumi tetap stabil, serta cuaca dan kelembaban udara di bumi, menyeimbangkan keadaan di dalam dan di luar bumi, melindungi dan mengurangi panas cahaya matahari, sebagai benteng agar benda luar angkasa tidak langsung menghantam bumi.

Gas di dalam atmosfer terdiri atas beberapa komposisi yakni:

Oksigen (O<sub>2</sub>) – Kadar oksigen dalam atmosfer 20,95%. Seperti yang sudah diketahui bahwa oksigen berfungsi untuk mengubah bahan/zat makanan yang diolah/masuk ke dalam tubuh menjadi energi. Oksigen berasal dari pepohonan. Oleh karena itu, kehadiran pepohonan sangat membantu memelihara lapisan ozon. Sangat penting bagi kehidupan, yaitu untuk mengubah zat makanan menjadi energi hidup.

Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) – kadar karbondioksida di dalam bumi adalah 0,034%. Ini adalah angka yang sedikit, namun karbondioksida dapat dihasilkan dari pembakaran lahan, pernapasan manusia dan hewan dan energi yang dibutuhkan tanaman. Salah satu dampak dari gas karbondioksida adalah dapat menimbulkan efek rumah kaca terhadap radiasi gelombang elektromagnetik. Dengan begitu jangan heran jika kenaikan atau semakin banyaknya karbondioksida akan menyebabkan kenaikan suhu pada permukaan bumi.

Nitrogen (N<sub>2</sub>) – merupakan unsur yang paling banyak terdapat di dalam atmosfer bumi. Ada sekitar 78,08%. Kehadiran nitrogen sangat dibutuhkan oleh senyawa organik jadi meskipun begitu nitrogen tidak langsung membentuk senyawa baru dengan unsur lain.

Neon (Ne), argon (Ar), xenon (Xe), dan kripton (Kr) – merupakan unsur gas mulia karena keempat unsur ini tidak mudah bergabung dengan unsur lain sehingga akan sulit membentuk senyawa yang lain.

Helium (He) dan hidrogen (H<sub>2</sub>) – sangat jarang di udara, kecuali pada paras yang tinggi. Gas ini adalah yang paling ringan dan sering dipakai untuk mengisi balon meteorologi.

Ozon ( $O_3$ ) – adalah bentuk lain dari oksigen sehingga sangat efektif menyerap radiasi ultraviolet di mana radiasi ini mempunyai energi yang sangat besar dan berbahaya bagi tubuh manusia. Ozon hanya dapat dijangkau pada ketinggian antara 20 km – 30 km.

Uap air ( $H_2O$ ) – yang terdapat di atmosfer sebagai hasil penguapan dari laut, danau, kolam, sungai, dan transpirasi tanaman. Uap air sangat penting dalam proses cuaca atau iklim, karena dapat berubah fase.

Titik tertinggi di permukaan bumi adalah gunung Everest setinggi 8.848 meter, dan titik terdalam adalah palung Mariana di samudra Pasifik dengan kedalaman 10.924 meter. Danau terdalam adalah Danau Baikal dengan kedalaman 1.637 meter, sedangkan danau terbesar adalah Laut Kaspia dengan luas 394.299  $km^2$ .



## BAB VIII

# BIOSFER DAN MAKHLUK HIDUP

### A. Batasan Pengertian

Biosfer dari bahasa Yunani yaitu βίος *bíos* yang berarti kehidupan dan σφαῖρα *sphaira* yang berarti lingkungan, juga dikenal sebagai ekosfer (dari bahasa Yunani “lingkungan” dan σφαῖρα), adalah jumlah seluruh ekosistem di seluruh penjuru Bumi. Biosfer merupakan sistem kehidupan yang paling besar karena terdiri atas gabungan ekosistem yang ada di planet bumi. Secara etimologi, kata biosfer terdiri atas 2 kata yaitu *bio* yang berarti hidup dan *sphere* yang berarti lapisan. Pengertian biosfer dalam arti sempit adalah lapisan atau bagian di bumi yang menjadi tempat makhluk hidup. Pengertian biosfer dalam arti luas memiliki makna makhluk hidup serta lapisan pada permukaan bumi yang cocok bagi kehidupan.

Dibandingkan seluruh lapisan bumi, biosfer merupakan lapisan yang paling tipis. Lapisan biosfer hanya berkisar 9.000 meter saja. Lapisan ini menjadi tempat sistem kehidupan dan organisasi yang kompleks. Selain itu, saat ini hanya diketahui adanya satu biosfer yang ada di sistem tata surya, yakni biosfer bumi. Di planet lain belum ditemukan tanda-tanda adanya biosfer seperti di bumi. Sebab sejauh ini, bumi adalah satu-satunya tempat yang diketahui adanya unsur kehidupan dan menjadi tempat yang mampu mendukung makhluk hidup

melangsungkan kehidupannya. Tempat hidup bagi makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan yang kita tinggali saat ini, disebut dengan habitat.

## **B. Biosfer**

Biosfer merupakan lapisan bumi yang dapat dihuni atau ditinggali oleh makhluk hidup untuk melangsungkan hidupnya. Lapisan ini berupa daratan, perairan, dan udara yang memungkinkan adanya kehidupan dan proses biotik berlangsung. Biosfer dipostulatkan telah berevolusi, dimulai dengan proses *biopoiesis* (kehidupan yang diciptakan secara alami dari benda mati, seperti senyawa organik sederhana) atau biogenesis (kehidupan yang diciptakan dari makhluk hidup), setidaknya sekitar 3,5 miliar tahun yang lalu. Bumi hingga sekarang adalah satu-satunya tempat yang diketahui yang mendukung kehidupan. Biosfer dianggap telah berlangsung selama sekitar 3,5 miliar tahun dari 4,5 miliar tahun usia Bumi. Biosfer menjadi tempat sistem ekologis global yang menyatukan semua makhluk hidup, termasuk hubungan interaksi yang meliputi unsur litosfer, hidrosfer, antroposfer, dan atmosfer bumi. Keempat lapisan tersebut saling berkaitan satu sama lain. Akan tetapi, biosfer lebih fokus kepada tempat tinggal makhluk hidup, seperti flora dan fauna yang bertempat di daratan atau di perairan. Dilihat dari jenis lapisannya, biosfer dibagi menjadi tiga jenis lapisan sebagai berikut:

### **1. Atmosfer**

Atmosfer adalah lapisan bumi yang paling atas. Atmosfer berfungsi untuk melindungi bumi dari benda-benda luar

angkasa yang berukuran besar. Lapisan atmosfer atau juga dikenal dengan lapisan ozon, yakni lapisan yang berperan penting dalam melindungi kehidupan makhluk bumi.

## 2. Litosfer

Litosfer adalah lapisan bumi sebelum atmosfer. Litosfer tersusun atas bebatuan yang ada di dalam biosfer dengan ciri-ciri yang berbeda sesuai dengan tingkat kedalamannya. Contoh litosfer adalah susunan letusan gunung berapi atau magma yang terbentuk akibat letusan gunung merapi.

## 3. Hidrosfer

Hidrosfer adalah susunan biosfer yang terdiri dari sejumlah air atau perairan. Contohnya adalah sungai, samudera, dan laut. Hidrosfer berperan penting bagi kehidupan makhluk hidup. Hampir 70% mayoritas makhluk hidup di bumi hidup di lingkungan hidrosfer.

Ketiga lapisan yang telah kita bahas di atas dikenal dengan istilah Biosiklus. Biosiklus diartikan bahwa lingkungan di bumi terdiri dari sejumlah daratan dan perairan. Selanjutnya, biosiklus dibagi lagi menjadi unsur yang lebih kecil yang disebut dengan istilah Bioma. Bioma merupakan karakteristik dari tumbuhan dan hewan yang hidup dalam satu tempat, berdasarkan iklim dari lingkungan tersebut. Bioma saling berkaitan dengan bioma lainnya.

## C. Makhluk Hidup

Definisi makhluk hidup dalam biologi dan ekologi organisme (bahasa Yunani: *organon* yang berarti alat) adalah kumpulan molekul-molekul yang saling memengaruhi

sedemikian sehingga berfungsi secara stabil dan memiliki sifat hidup.

Istilah organisme kompleks mengacu pada organisme yang memiliki lebih dari satu sel. Nama lain yang sering disebut selain organisme adalah makhluk hidup. Organisme terdiri dari manusia, tumbuhan, hewan, serta mikroorganisme.

### **1. Asal-Usul Makhluk Hidup**

- Teori Cosmozoa, yang menyatakan bahwa makhluk hidup datang di bumi dari bagian luar lain alam semesta ini. Diprediksi bahwa suatu benda berat telah menyebarkan benda hidup itu merupakan suatu partikel-partikel kecil.
- Teori Pfluger, yang menyatakan bahwa Bumi berasal dari suatu materi yang sangat panas, kemudian dari bahan itu mengandung karbon dan nitrogen terbentuk senyawa Cyanogen (CN).
- Teori Moore, yang 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.
- Teori Allen, yang menyatakan bahwa pada saat keadaan Bumi 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.
- Teori Transendental, atau dari ciptaan yang merupakan jawaban secara religi bahwa benda hidup itu diciptakan oleh *Super Nature* atau Tuhan yang Mahakuasa di luar jangkauan sains.



- Teori Naturalistik/Evolusi Organik/Neoabiogenesis/Oportunistik menyatakan bahwa kehidupan tercipta melalui proses evolusi kimia dan evolusi biologi berdasarkan pada konsep biologi modern.

## **2. Makhluk Hidup Menurut Konsep atau Teori Modern**

Beberapa ahli ilmu alamiah dari Aristoteles sampai beberapa abad kemudian berpendapat bahwa berdasarkan pengalamannya, benda-benda hidup itu mungkin dapat timbul dari benda-yang dibebaskan dari pencemaran lalat tidak menghasilkan ulat. Terdapat banyak bukti bahwa 2000 juta tahun lalu keadaan permukaan Bumi sangat berbeda dengan keadaan bumi sekarang. Pada saat sebelum ada tumbuhan dan hewan, udara (atmosfer) terutama terdiri dari gas metan, amonia, uap air, dan gas hidrogen serta unsur oksigen, nitrogen yang sangat reaktif, yang bersenyawa sebagai oksidasi nutrida.

Untuk mengetahui asal-usul kehidupan, para ilmuwan menyelidiki dan melakukan eksperimen. Selain penelitian, teori-teori dikemukakan oleh beberapa ilmuwan berdasarkan bukti-bukti yang ada

- Teori Abiogenesis atau teori *generatio spontanea*. Pokok dari teori ini menyatakan bahwa kehidupan berasal dari benda atau materi tidak hidup dan kehidupan terjadi secara spontan (*generatio spontanea*), Aristoteles (384–322 SM). Dengan melihat organisme di sekelilingnya, Aristoteles berkesimpulan bahwa makhluk hidup muncul secara tiba-tiba. Contohnya, seekor cacing yang keluar dari dalam tanah, maka cacing tersebut berasal dari tanah. Contoh lainnya, katak yang keluar dari lumpur, maka

disimpulkan katak terbut berasal dari lumpur. Ilmuwan lain yang mendukung teori ini adalah John Needham (1700). Ilmuwan dari Inggris ini melakukan percobaan dengan merebus sebentar air kaldu yang berasal dari sepotong daging. Air kaldu tersebut menjadi keruh karena adanya mikroorganismenya. Ilmuwan tersebut kemudian berkesimpulan bahwa mikroorganismenya berasal dari air kaldu.

- Teori Biogenesis, menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup lagi. Teori biogenesis merupakan lawan dari teori abiogenesis. Para ilmuwan yang mendukung teori biogenesis adalah Francesco Redi (1626–1697), Abbe Lazzaro Spallanzani (1729–1799), dan Louis Pasteur (1822–1895). Ketiga ilmuwan ini melakukan percobaan dan membuktikan teori biogenesis.
  - Percobaan Francesco Redi, melakukan percobaan untuk menentang teori abiogenesis. Redi melakukan percobaan dengan menggunakan daging segar dan dua stoples. Stoples pertama diisi dengan daging dan dibiarkan terbuka (tidak ditutup), sedangkan stoples kedua diisi daging dan ditutup rapat. Setelah beberapa hari, di dalam stoples yang terbuka terdapat larva. Redi berkesimpulan bahwa larva tersebut berasal dari lalat yang masuk ke dalam stoples kemudian bertelur. Untuk meyakinkan kesimpulannya tersebut, Redi melakukan percobaan yang kedua. Kali ini stoples ditutupi dengan kain kasa sehingga masih terjadi hubungan dengan udara, tetapi lalat tetap

tidak dapat masuk. Setelah beberapa hari, didapatkan didapatkan daging dalam stoples tersebut membusuk, tetapi dalam daging tersebut tidak terdapat larva. Redi mengemukakan tidak adanya larva ini karena lalat tidak bisa menyimpan telurnya dalam daging. Oleh karena itu, Redi berkesimpulan bahwa larva lalat bukan berasal dari daging yang membusuk. Untuk membuktikan teori biogenesis, Redi melakukan dua percobaan, yakni membiarkan satu stoples terbuka dan lainnya tertutup.

- Percobaan Lazzaro Spallanzani, pada percobaan Spallanzani, digunakan air rebusan dari daging atau (air kaldu). Percobaan Spallanzani menunjukkan bahwa pada labu terbuka terdapat kehidupan yang berasal dari mikroorganisme yang ada di udara. Pada labu yang ditutup tidak terdapat kehidupan. Berdasarkan hal tersebut, Spallanzani berkesimpulan bahwa kehidupan bukan berasal dari air kaldu, tetapi berasal dari makhluk hidup lainnya. Akan tetapi, para penganut abiogenesis menyanggah penelitian ini dan mengatakan bahwa mikroorganisme tidak tumbuh karena tidak terdapat udara. Udara dibutuhkan untuk menyokong kehidupan.
- Percobaan Louis Pasteur, ahli biokimia dari Prancis yang berhasil menumbangkan teori abiogenesis. Percobaan yang dilakukan Louis Pasteur ini sebenarnya penyempurnaan dari percobaan yang dilakukan oleh Spallanzani. Pasteur menggunakan

labu berleher seperti angsa dalam percobaannya. Labu berleher seperti angsa ini diisi dengan air kaldu. Fungsi dari labu leher angsa ini adalah agar hubungan antara labu dan udara luar masih ada, artinya masih terdapat oksigen. Berdasarkan hasil percobaannya, Louis Pasteur menyimpulkan bahwa mikroorganisme yang ada dalam air kaldu bukan berasal dari air kaldu, melainkan dari mikroorganisme yang ada di udara. Dari hasil percobaannya, Pasteur mengajukan teori baru tentang asal-usul kehidupan. Isi teori disebut menyatakan beberapa hal, di antaranya *omne vivum ex ovo*, yakni setiap makhluk hidup berasal dari telur, *omne ovum ex vivo*, yakni setiap telur berasal dari makhluk hidup, dan *omne vivum ex vivo*, yakni setiap makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya.

– Teori Evolusi Kimia

Urey menyatakan bahwa pada periode tertentu, atmosfer bumi mengandung molekul metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Karena pengaruh dari energi petir dan sinar kosmis, zat-zat tadi bereaksi. Hasil reaksi tersebut menghasilkan suatu zat hidup yang diduga virus. Zat hidup tersebut berkembang selama jutaan tahun membentuk makhluk hidup. Teori yang dikemukakannya tersebut, kemudian dikenal dengan teori Urey. Untuk membuktikan teori ini, Stanley Miller melakukan sebuah percobaan. Peralatan yang

dirancang Miller, yakni ruang bunga api diisi dengan campuran gas meniru atmosfer purba. Sementara botol kaca kecil diisi dengan air murni seperti sup purba. Miller membuat kilat buatan dengan bunga api listrik di antara dua elektroda dalam atmosfer buatan tersebut. Ia juga memanaskan air laut tiruannya. Percobaan ini berlangsung selama seminggu dan dapat menghasilkan beragam senyawa organik.

Di alam nyata, reaksi kimia ini akan berjalan selama jutaan tahun sehingga dapat membentuk hasil yang lebih kompleks. Pada titik tertentu dari proses yang panjang ini, senyawa kimia dapat terbentuk dengan sendirinya. Jika pada proses membentuk diri ini terkadang terdapat kesalahan, senyawa kimia ini dapat menyesuaikan diri dan berevolusi melalui proses seleksi kimiawi. Jadi, kehidupan tidak terbentuk secara tiba-tiba melainkan timbul secara bertahap dari senyawa tidak hidup.

- Teori Evolusi Biologi; Alexander Ivanovich Oparin mengemukakan bahwa evolusi zat-zat kimia terjadi sebelum di bumi terdapat kehidupan. Seperti sebelumnya, zat anorganik berupa air, metana, karbon dioksida, dan amonia terkandung dalam atmosfer bumi. Zat anorganik tersebut membentuk zat-zat organik akibat adanya radiasi dari energi listrik yang berasal dari petir. Suhu di bumi terus menurun. Ketika sampai pada titik kondensasi, terjadi hujan yang mengikis batuan di bumi yang banyak

mengandung zat-zat anorganik. Zat-zat anorganik tersebut terbawa ke lautan yang panas. Di lautan ini terbentuk sup purba atau sup primordial. Sup purba terus berkembang selama berjuta-juta tahun. Di dalam sup purba, terkandung zat anorganik, RNA, dan DNA. RNA yang dibutuhkan dalam proses sintesis protein dapat terbentuk dari DNA. Akibatnya, terbentuklah sel pertama. Sel pertama tersebut mampu membelah diri sehingga jumlahnya semakin banyak. Sejak saat itulah evolusi biologi berlangsung.

### **3. Terbentuknya Makhluk Hidup Prokariotik**

Sejarah kesuksesan makhluk hidup prokariotik dimulai sedikitnya pada 3,5 miliar tahun yang lalu. Prokariotik merupakan bentuk kehidupan pertama dan paling sederhana. Mereka hidup dan berevolusi di bumi selama 2 miliar tahun. Prokariotik dianggap paling primitif karena selnya hanya memiliki membran sel. DNA, RNA hasil transkripsi, dan molekul-molekul organik berada dalam sitoplasma tanpa dibatasi membran.

Prokariotik pertama kemungkinan merupakan kemoautotrof yang menyerap molekul organik bebas dan ATP di sup purba melalui sintesis abiotik. Seleksi alam menyebabkan prokariotik yang dapat mengubah ADP menjadi ATP melalui glikolisis bertambah. Akhirnya, prokariotik yang dapat melakukan fermentasi berkembang dan hal tersebut menjadi cara hidup organisme di bumi karena belum tersedianya O<sub>2</sub>. Beberapa Archaeobacteria dan beberapa bakteri

obligat anerob yang sekarang hidup melalui fermentasi, mirip dengan prokariotik terdahulu.

#### **4. Terbentuknya Organisme Fotoautotrof**

Ketika kecepatan konsumsi bahan organik oleh fermentasi prokariotik melebihi kecepatan sintesis untuk menggantikan molekul organik, berkembanglah prokariotik yang dapat membuat molekul organiknya sendiri. Pada prokariotik awal, pigmen yang dapat menyerap cahaya digunakan untuk menyerap kelebihan energi cahaya (terutama dari sinar ultraviolet) yang membahayakan bagi sel yang hidup di permukaan.

Selanjutnya, pigmen ini mampu melakukan transfer elektron untuk sintesis ATP. Prokariotik ini mirip dengan Archaeobacteria yang disebut bakteri halofik. Pigmen yang menangkap cahaya dikenal dengan bakteri orhodopsin yang dibuat pada membran plasma. Prokariotik lain memiliki pigmen yang dapat menggunakan cahaya untuk transfer elektron dari hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) menjadi  $NADP^+$  dan dapat memfiksasi  $CO_2$ . Akhirnya, Eubacteria memiliki cara untuk menggunakan  $H_2O$  sebagai sumber elektron dan hidrogen. Bakteri ini adalah Cyanobacteria pertama yang mampu membuat molekul organik dari air dan  $CO_2$ .

Cyanobacteria berkembang dan mengubah bumi dengan melepaskan  $O_2$  sebagai efek fotosintesis. Cyanobacteria berkembang antara 2,5 miliar hingga 3,4 miliar tahun yang lalu. Mereka hidup bersama prokariotik lain membuat koloni. Fosil koloni ini disebut stromatolit yang banyak ditemukan di perairan air tawar dan air laut.

## 5. Bangkitnya Organisme Eukariotik

Eukariotik berkembang sekitar 1,2 miliar tahun yang lalu. Hal yang sangat membedakan eukariotik dengan prokariotik adalah adanya organel-organel yang memiliki membran. Sistem membran organel-organel pada eukariotik dapat terbentuk dari invaginasi yang terspesialisasi. Pada eukariotik terdahulu, invaginasi (pelekukan ke dalam) dapat terjadi sehingga membentuk membran inti dan retikulum endoplasma. Proses lain yang disebut endosimbiosis menjelaskan pembentukan mitokondria, kloroplas, dan beberapa organel eukariotik lain. Teori ini dikemukakan oleh Lynn Margulis. *Endo* berarti di dalam dan *simbiosis* berarti hidup bersama. Endosimbiosis terjadi ketika sel simbion hidup secara permanen di dalam sel lain (sel inang) dan interaksi ini menguntungkan keduanya .

Berdasarkan teori ini, eukariotik berkembang setelah sel fotosintesis muncul dan oksigen melimpah di atmosfer. Kloroplas dan mitokondria tampaknya merupakan evolusi sel prokariotik yang melakukan endosimbiosis dengan sel prokariotik besar. Nenek moyang mitokondria kemungkinan besar adalah sel prokariotik heterotrof yang mampu menggunakan oksigen dan menghasilkan energi. Adapun nenek moyang kloroplas kemungkinan adalah Cyanobacteria.

Sel eukariotik hasil endosimbiosis ini sekarang kita kenal dengan nama Protista. Makhluk hidup eukariotik satu sel ini sangat beraneka ragam. Beberapa Protista dapat berfotosintesis, sebagian lagi bersifat heterotrof dan dapat aktif bergerak. Sebagian mirip jamur dan mendapatkan makanan dengan menyerap secara absorpsi. Makhluk hidup eukariotik banyak



sel, seperti rumput laut, tumbuhan dan hewan kemungkinan berasal dari Protista yang berkoloni. Koloni Protista tersebut mengalami spesialisasi dan saling bergantung satu sama lain, namun semakin efisien dalam melakukan aktivitasnya. Hal ini terus terjadi hingga kehidupan memasuki daratan dan muncullah makhluk hidup banyak sel yang lebih kompleks.

Bukti-bukti evolusi ini semakin diperkuat oleh sistematika molekuler berdasarkan perbandingan DNA organisme. Perbandingan gen RNA mengidentifikasi bahwa alpha proteobacteria adalah kerabat dekat mitokondria dan Cyanobacteria adalah kerabat dekat kloroplas. Sistematika molekuler memberikan cara baru mengungkap evolusi dan kekerabatan makhluk hidup.

## **6. Waktu Geologis**

Berdasarkan catatan geologis, bumi ini telah ada kurang lebih 4,5 miliar tahun yang lalu sebagai hasil dari sebuah ledakan mahadahsyat di angkasa. Kehidupan diperkirakan mulai hadir 1 miliar tahun dan oleh para ahli percaya bahwa lautan merupakan tempat awal mula hadirnya kehidupan. Keberadaan organisme multiseluler dimulai kira-kira 600 juta tahun yang lalu pada awal masa Paleozoic. Ada empat masa yang dikenal berdasarkan kehadiran makhluk hidup. Masa tersebut adalah proterozoik, paleozoik, mesozoik, dan senozoik

- a. Proterozoik. Awal mula hadirnya kehidupan, masa ini ada sekitar 3,5 miliar tahun yang lalu. Sebuah fosil batuan pada masa ini, ditemukan mengandung fosil mikroorganisme primitif yang dikenal dengan bakteri

(prokariotik). Organisme eukariotik kemudian muncul sekitar 1,5 miliar tahun yang lalu.

b. Paleozoik (Kehidupan Kuno)

Pada masa ini, diperkirakan mulai munculnya tumbuhan, invertebrata, dan hewan vertebrata pertama, masa ini terjadi sekitar 230 juta sampai dengan 600 juta tahun yang lalu. Perkembangan masa ini dimulai dengan semakin banyaknya kehadiran organisme invertebrata di lautan. Beberapa jenis di antaranya masih tersisa hingga kini, di antaranya adalah kelompok Echinodermata, Arthropoda, dan Mollusca. Pada masa ini juga mulai hadirnya zaman karbon sehingga diduga mulai terjadi invasi tumbuhan di daratan.

Selama zaman karbon ini, cuacanya sangat panas dan lembap. Di daratan banyak terdapat tumbuhan dan konifer. Jenis tumbuhan dan hewan pada masa inilah yang memberikan kita ketersediaan bahan bakar fosil pada masa sekarang. Serangga juga diduga mulai mengisi daratan. Ukuran serangga yang hidup pada masa itu lebih besar dari serangga yang umum kita lihat saat ini. Selain itu, ikan pertama pun mulai muncul di laut.

c. Mesozoik (Zaman Reptilia)

Zaman ini merupakan awal mula hadirnya tumbuhan berbunga, dinosaurus, burung, dan mamalia. Masa ini terjadi antara 250 sampai dengan 60 juta tahun yang lalu. Pada masa ini, banyak spesies reptil dari masa zaman karbon mengalami kepunahan tanpa sebab yang pasti dan digantikan dengan jenis dinosaurus. Masa ini dipenuhi

dengan jenis-jenis dinosaurus herbivora dan karnivora. Pada zaman jurasik dan cretaceous, jenis reptil yang hidup berukuran sangat besar. Beberapa jenis Sauropods, seperti Brontosaurus dan Brachiosaurus merupakan organisme terbesar yang pernah hidup di daratan bumi kita.

d. Senozoik (Zaman Mammalia)

Pada masa ini mulai terjadi penyebaran makhluk hidup sehingga terjadi diversifikasi tumbuhan berbunga, serangga, burung dan mamalia. Selain itu, masa ini juga merupakan awal mula hadirnya manusia (sekitar 3 juta tahun yang lalu).

## **D. Ciri-Ciri Makhluk Hidup**

### **1. Bernapas**

Semua makhluk hidup melakukan proses pernapasan. Bernapas adalah proses mengambil udara ( $O_2$ ) dari luar dan mengeluarkan udara ( $CO_2$ ) dari dalam tubuh. Oksigen ( $O_2$ ) sangat diperlukan makhluk hidup untuk energi yang diperlukan tubuh atau oksidasi tubuh. Proses pernapasan makhluk hidup berbeda-beda, bergantung pada tempat dan jenis makhluk hidup. Adapun nama-nama alat pernapasan selain paru-paru yakni:

- Alat pernafasan pada tumbuhan disebut stomata atau lentisel
- Alat pernafasan pada hewan adalah paru-paru, insang trakea, dan kulit
- Burung memiliki alat bantu pernafasan yang disebut pundi-pundi udara

## **2. Bergerak**

Bergerak merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Gerak pada manusia dan hewan jelas tampak terlihat. Untuk melakukan gerakan tersebut, manusia dan hewan dibantu oleh alat gerak. Selain manusia dan hewan, tumbuhan juga melakukan gerakan, tapi gerakan ini tidak mudah dilihat. Contoh gerakan pada tumbuhan adalah menutupnya daun putri malu bila disentuh. Daun-daun pohon petai cina yang menutup pada sore hari, arah tumbuhnya tanaman selalu ke arah datangnya sinar matahari, dan bunga matahari yang selalu menghadap matahari. Gerakan pada tumbuhan disebabkan karena ada rangsangan dari luar.

## **3. Makan**

Seluruh makhluk hidup membutuhkan makanan. Makanan yang dimakan harus mengandung zat-zat makanan yang dibutuhkan tubuh. Contohnya karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Fungsi makan pada makhluk hidup:

- Menimbulkan energi (tenaga)
- Pembangun tubuh (pertumbuhan)
- Mengganti sel-sel tubuh yang rusak

Makhluk hidup yang dapat membuat makanan sendiri adalah tumbuhan hijau daun lewat proses fotosintesa.

## **4. Iritabilitas**

Kemampuan makhluk hidup memberi tanggapan terhadap rangsangan disebut iritabilitas. Gerak pada tumbuhan terjadi karena adanya rangsangan, gaya gravitasi bumi, cahaya, air dan sentuhan. Misalnya pada daun putri malu akan menutup bila disentuh, akar tumbuhan menjalar ke tempat banyak

air, batang tumbuhan akan ke arah sinar matahari, serta akar tumbuhan yang selalu tumbuh ke arah pusat bumi.

## **5. Tumbuh**

Makhluk hidup mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Contohnya, biji akan tumbuh menjadi kecambah, kemudian menjadi tanaman kecil. Jika tanaman tersebut kamu siram setiap hari, maka akan tumbuh menjadi tanaman yang besar. Pertumbuhan merupakan pertambahan sel-sel tubuh sehingga ukuran tubuh menambah dan tidak bisa mengecil kembali.

## **6. Berkembang Biak**

Merupakan kemampuan makhluk hidup untuk memperoleh keturunan dan melestarikan jenisnya. Cara perkembangbiakan pada hewan dibagi menjadi dua macam, yaitu secara generatif (kawin) dan secara vegetatif (tak kawin). Pada hewan tingkat tinggi umumnya berkembang biak secara kawin, sedangkan pada hewan tingkat rendah berkembang biak dengan cara vegetatif (tak kawin). Tumbuhan tidak hanya berkembang biak dengan biji, tetapi juga dapat berkembang biak secara vegetatif, contoh stek, tunas, cangkok, dan okulasi.

## **7. Adaptasi**

Untuk dapat bertahan hidup di lingkungannya (habitat), makhluk hidup harus dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Adapun jenis-jenis adaptasi yakni:

- Adaptasi morfologi: penyesuaian terhadap lingkungan yang berhubungan dengan bentuk tubuh, misalnya katak dan itik mempunyai selaput renang pada kakinya yang digunakan untuk berenang.

- Adaptasi tingkah laku: penyesuaian terhadap lingkungan dan bentuk tingkah laku, misalnya hewan bermigrasi ke tempat yang banyak makanan.
- Adaptasi fisiologi: penyesuaian terhadap lingkungan dalam bentuk tingkah laku, misalnya berkeringat saat cuaca panas.

## **8. Memerlukan Suhu Tertentu**

Semua makhluk hidup dapat bertahan pada suhu tertentu, ikan dapat hidup pada air yang bersuhu antara 5 - 30 °C untuk jenis bakteri dapat sampai suhu 80 °C, sedangkan tumbuhan dapat hidup baik antara suhu 0 – 43 °C.

## **9. Mengeluarkan Zat Sisa (Sekresi)**

Zat sisa dari proses produksi harus dikeluarkan karena menimbulkan racun di dalam tubuh. Zat sisa yang dikeluarkan bisa berupa cairan, gas, ataupun zat padat. Alat pengeluaran zat sisa pada makhluk hidup, di antaranya: paru-paru mengeluarkan CO<sub>2</sub>, kulit mengeluarkan keringat, ginjal mengeluarkan urine, stomata, dll.

## **E. Persebaran Flora dan Fauna**

### **1. Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Flora dan Fauna**

Keberadaan makhluk hidup di muka bumi ini tidak merata, dalam pengertian selama persyaratan hidup terpenuhi, maka dapat berkembang biak dengan baik atau sebaiknya akan punah dengan sendirinya. Oleh karena itu, persebaran (keberadaan) makhluk hidup sangat erat kaitannya dengan potensi daya dukung yang dimiliki suatu daerah. Adapun faktor yang

menyebabkan perbedaan flora dan fauna di permukaan bumi adalah

- Iklim. Setiap spesies hewan maupun tumbuhan habitatnya berbeda sehingga iklim (unsur cuaca) di satu pihak mendukung kehidupan flora dan fauna tertentu, tetapi di lain pihak merintangai flora dan fauna tertentu untuk hidup dan berkembang. Contoh: pohon kelapa tumbuh di daerah iklim tropis dan burung penguin hidup di daerah iklim dingin. Kaktus tumbuhan yang sangat tahan terhadap lingkungan yang kering atau kondisi kelembaban udara yang sangat rendah. Jamur tumbuhan yang sangat cocok hidup di lingkungan yang lembab. Teratai tumbuhan yang sangat cocok hidup di lingkungan yang basah. Cemara adalah tumbuhan yang mampu beradaptasi terhadap perubahan musim kemarau dan penghujan, merupakan tumbuhan iklim muson tropik.
- Letak Geografis, yakni iklim yang berdasarkan atas perbedaan panas matahari yang diterima permukaan bumi. Berdasarkan iklim matahari terbagi menjadi berikut: tropis, sub tropis, sedang, dingin dan kutub.
- Elevasi dan morfologi (kondisi fisik muka bumi). Kondisi fisik yang dimaksud dapat berupa laut, gurun, pegunungan tinggi, dsb, yang dapat menjadi perintang, tapi juga dapat sebagai perantara terjadinya perpindahan flora dan fauna.
- Kesuburan tanah, Kondisi tanah yang subur secara ideal apabila terdiri atas 45% unsur anorganik, 5% unsur organik, 25% unsur air, dan 25% unsur udara. Komposisi unsur tanah pada umumnya mampu memberikan kebutuhan

dasar tanaman walaupun kebutuhan masing-masing tumbuhan berbeda-beda. Pada kawasan tanah yang subur seperti tanah vulkanis, tufa vulkanis, podzol, margalit, alluvial terdapat berbagai jenis vegetasi disertai dengan jenis serangga dan unggas. Sedangkan pada tanah yang kurang subur seperti tanah laterit, terarosa, dan kapur flora dan fauna kurang berkembang dengan baik.

- Manusia. Termasuk faktor yang sangat menentukan terhadap proses penyebaran flora dan fauna di muka bumi, namun keterlibatannya yang paling akhir baru setelah zaman penjelajahan dimulai.

## **2. Persebaran Flora (Tumbuhan)**

Penamaan bioma (hutan) didasarkan pada jenis flora yang dominan seperti: hutan bakau, hutan jati, dsb. Komunitas flora secara umum di dunia dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu hutan dengan tumbuhan utama berupa pohon-pohon besar; padang rumput dengan tumbuhan utama adalah rumput dan; gurun dengan tumbuhan utamanya adalah kaktus. Setiap jenis komunitas organisme tumbuhan berdasarkan perubahan naik garis lintang yang menjadi pola penurunan suhunya, dalam pembagian zona menurut suhu yakni: hutan hujan tropis (hutan tropika dataran rendah, hutan hujan pegunungan, hutan hujan pegunungan tertinggi), hutan subalpin (hutan kabut, hutan berlumut), hutan pantai, hutan gugur, padang rumput (prairie, sabana), padang gurun, taiga, dan tundra.

## **3. Persebaran Fauna**

Wilayah persebaran fauna pertama kali diperkenalkan oleh Sclater (1858) dan kemudian dikembangkan oleh Huxley



(1868) dan Wallace (1876) mengelompokkan persebaran fauna menjadi 6 wilayah, yakni:

– Zona Australis

Wilayah ini mencakup kawasan Australia, Selandia Baru, Papua, Maluku, dan pulau-pulau sekitarnya. Hewan-hewan khas wilayah ini adalah kanguru, kiwi, koala, platipus, terdapat juga beberapa jenis burung yang khas wilayah ini seperti burung cendrawasih, kasuari, kakaktua, dan kelompok reptil antara lain buaya, kura-kura, dan ular piton.

– Zona Ethiopian

Wilayah persebarannya meliputi benua Afrika dari sebelah selatan Gurun Sahara, Madagaskar, dan Asia Barat. Hewan yang khas daerah ini adalah gajah afrika, badak afrika, gorila, babon, simpanse, jerapah, mamalia padang rumput seperti zebra, antilope, kijang, singa, dan mamalia pemakan serangga yaitu trenggiling. Mamalia endemik di wilayah ini adalah kuda nil yang hanya terdapat di sungai Nil, Mesir. Di Madagaskar juga terdapat kuda nil, tetapi lebih kecil. Wilayah Ethiopian juga memiliki hewan yang hampir sama dengan wilayah oriental seperti golongan kucing, bajing, tikus, babi hutan, kelelawar, dan anjing.

– Zona Neartik

Wilayah persebarannya meliputi kawasan Amerika Serikat, Amerika Utara dekat Kutub Utara, dan Greenland. Hewan khas daerah ini adalah kalkun liar, tikus berkantung, bison, muskox, caribou, domba gunung. Di daerah ini

juga terdapat beberapa jenis hewan yang ada di wilayah Paleartik seperti kelinci, kelelawar, anjing, kucing, dan bajing. [3]

– Zona Neotropik

Wilayah persebarannya meliputi kawasan Amerika Selatan, dan sebagian besar Meksiko. Iklim di wilayah ini sebagian besar beriklim tropis dan bagian beriklim sedang. Hewan endemiknya ikan piranha dan belut listrik di sungai Amazo, ilama (sejenis unta) di padang pasir Atacama (Peru), tapir, dan kera hidung merah. Neotropikal sangat terkenal sebagai wilayah fauna vertebrata karena jenisnya yang sangat beragam dan spesifik seperti beberapa jenis monyet, trenggiling, beberapa jenis reptil seperti buaya, ular, kadal, beberapa spesies burung, dan ada sejenis kelelawar penghisap darah.

– Zona Oriental

Tersebar di kawasan Asia Tenggara dan Asia Selatan. Fauna Indonesia yang masuk di wilayah ini hanya di Indonesia bagian barat. Hewan yang khas ini adalah harimau, orang utan, gibbon, rusa, banteng, dan badak bercula satu. Hewan lainnya adalah badak bercula dua, gajah, beruang, antilope, berbagai jenis reptil, dan ikan. Adanya jenis hewan yang hampir sama dengan wilayah Ethiopian antara lain kucing, anjing, monyet, gajah, badak, dan harimau.

– Zona Paleartik

Wilayah persebarannya sangat luas meliputi hampir seluruh benua Eropa, Rusia, daerah sekitar kutub utara

sampai pegunungan Himalaya, kepulauan Inggris di Eropa Barat sampai Jepang, Selat Bering di pantai Pasifik dan benua Afrika paling utara. Beberapa jenis fauna palearktik yang tetap bertahan di lingkungan aslinya yaitu, panda di Cina, unta di Afrika Utara, binatang kutub seperti rusa, kucing kutub, beruang kutub. Binatang yang berasal dari wilayah ini antara lain kelinci, berbagai spesies anjing, kelelawar, bajing, dan kijang telah menyebar ke wilayah lain.



## BAB IX

# MAKHLUK HIDUP DALAM EKOSISTEM ALAMI

Organisme hidup akan selalu membutuhkan organisme lain dan lingkungan hidupnya. Hubungan yang terjadi antara individu dengan lingkungannya sangat kompleks, bersifat saling mempengaruhi atau timbal balik. Hubungan timbal balik antara unsur-unsur hayati dengan nonhayati membentuk sistem ekologi yang disebut ekosistem. Di dalam ekosistem terjadi rantai makanan, aliran energi, dan siklus biogeokimia. Gatra yang dapat digunakan sebagai ciri keutuhan ekosistem adalah energetika (taraf trofi atau makanan, produsen, konsumen, dan reducen), pendauran hara (peran pelaksana taraf trofi), dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem). Jika dilihat komponen biotanya, jenis yang dapat hidup dalam ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan jenis lain yang tinggal dalam ekosistem tersebut. Selain itu, keberadaannya ditentukan juga oleh keseluruhan jenis dan faktor-faktor fisik serta kimia yang menyusun ekosistem tersebut.

### **A. Peran Manusia Dalam Ekosistem**

Manusia adalah makhluk hidup yang harus berinteraksi dengan alam lingkungannya. Pola hidup manusia sangat mempengaruhi lingkungan hidupnya karena manusia mengolah dan memanfaatkan sumber daya alam untuk

keperluan hidupnya. Manusia bersama organisme lainnya di dalam lingkungannya merupakan ekosistem. Pengaruh manusia terhadap lingkungannya semakin lama semakin banyak dan beraneka ragam sehingga kemungkinan kerusakan lingkungan hidup pun semakin besar. Untuk itu, maka harus ada keseimbangan di dalamnya dan harus dipahami bahwa ekosistem terdapat komponen biotik (produsen, konsumen, pengurai) dan komponen abiotik (kondisi fisik dan kimia tempat hidup, habitat/substrat). Ada beberapa organisasi dalam ekosistem:

### **1. Individu**

Individu merupakan organisme tunggal seperti: seekor tikus, seekor kucing, sebatang pohon jambu, sebatang pohon kelapa, dan seorang manusia. Dalam mempertahankan hidup, setiap jenis dihadapkan pada masalah-masalah hidup yang kritis. Misalnya, seekor hewan harus mendapatkan makanan, mempertahankan diri terhadap musuh alaminya, serta memelihara anaknya. Untuk mengatasi masalah tersebut, organisme harus memiliki struktur khusus seperti: duri, sayap, kantung, atau tanduk. Hewan juga memperlihatkan tingkah laku tertentu, seperti membuat sarang atau melakukan migrasi yang jauh untuk mencari makanan. Struktur dan tingkah laku demikian disebut adaptasi. Ada bermacam-macam adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungannya, yaitu: adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi tingkah laku.

- a. Adaptasi morfologi, merupakan penyesuaian bentuk tubuh untuk kelangsungan hidupnya.
- b. Adaptasi fisiologi, merupakan penyesuaian fungsi

- fisiologi tubuh untuk mempertahankan hidupnya.
- c. Adaptasi tingkah laku, merupakan adaptasi yang didasarkan pada tingkah laku.

## **2. Populasi**

Populasi dapat dikatakan sebagai kumpulan individu suatu spesies makhluk hidup yang sama dalam suatu daerah atau wilayah tertentu dan pada waktu tertentu. Populasi dalam kumpulan individu sejenis yang biasanya menghuni daerah tertentu. Populasi mempunyai kemungkinan untuk berinteraksi yang terlihat dalam bentuk kompetisi untuk mempertahankan diri atau kerja sama untuk mempertahankan jenisnya. Satu wilayah biasanya tidak dihuni oleh satu jenis populasi saja tetapi dihuni oleh beraneka ragam populasi makhluk, misalnya di komunitas air tawar bukan hanya dihuni oleh kumpulan ikan saja, tetapi juga ada tumbuhan air, kura-kura, dan kumpulan hewan lainnya.

Cara menentukan batasan populasi yang lebih baik didasarkan kepada pengaruh/individu lain dalam suatu populasi. Jadi, populasi itu dapat dipandang sebagai suatu sistem yang dinamis dari pada gejala individu yang selalu melakukan hubungan. Maka dari itu, populasi adalah kumpulan individu sebuah spesies yang mampu berkembang biak silang antarsatu individu dengan individu lainnya. Namun, tentu saja individu tersebut tidak hanya berinteraksi melalui berkembang biak secara silang saja, tetapi juga berhubungan secara dinamis dalam hal-hal lain.

Berikut adalah ulasan mengenai kepadatan populasi. Kepadatan populasi adalah hubungan jumlah individu tiap

$m^3$ , misalnya dalam sebuah akuarium yang berukuran  $(60 \times 30 \times 30) \text{ cm}^3$  dipelihara ikan mas 30 ekor untuk  $54.000 \text{ cm}^3$  atau dalam  $0,54 \text{ m}^3$ , Jadi, kepadatan populasi sebagai berikut

$$D = N/S$$

Keterangan:

D = Densus = Padat = Kepadatan

N = Numerus = jumlah = Frekuensi

S = Spatum = Ruang = Luasan daerah yang di tempati

Jawab:

$$D = 30 \text{ ekor} / 0,54 \text{ m}^3 = 555 \text{ ekor/m}^3$$

Jika kepadatan populasi naik, maka kebutuhan akan tempat tinggal, bahan makanan, dan kebutuhan lain-lainnya menjadi di luar kemampuan. Jika hal itu terjadi, akan timbul persaingan yang menimbulkan 2 akibat:

- Dalam jangka waktu yang singkat menimbulkan akibat ekologi
- Dalam jangka waktu yang panjang menimbulkan akibat evolusi

Akibat ekologi yang timbul dari persaingan itu adalah

- Kelahiran, kelangsungan hidup dan pertumbuhan populasi yang boleh jadi akan tertekan
- Terjadinya pemindahan/emigrasi populasi yang mungkin meningkat

Ada 2 faktor lingkungan yang dapat menurunkan daya biak populasi:

- Faktor bergantung pada kepadatan populasi itu sendiri
- Faktor tidak bergantung pada kepadatan populasi



Berikut faktor utama yang mempengaruhi Populasi:

- Natalitas; Kelahiran yaitu kemampuan bertambahnya suatu populasi
- Mortalitas; Kematian adalah berkurangnya suatu jumlah populasi
- Imigrasi & Emigrasi; Imigrasi adalah proses masuknya individu ke dalam populasi, dan membentuk sekelompok baru/bergabung dengan lainnya. Emigrasi adalah keluarnya individu dari suatu populasi untuk membentuk kelompok baru di tempat baru.
- Kompetisi; Interaksi antara 2 individu/kelompok/populasi atau lebih yang memperebutkan sesuatu yang sama.
- Predasi/ Pemangsa; Pemangsa dari organisme yang lebih kuat terhadap organisme yang lebih lemah.
- Penyakit; Pemangsa bagian tubuh organisme yang lebih kecil seperti parasit yang menyebabkan organisme mangsanya jadi sakit bahkan mati.

### **3. Komunitas**

Komunitas merupakan kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu yang saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain. Komunitas memiliki derajat keterpaduan yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan individu dan populasi. Dalam komunitas, semua organisme merupakan bagian komunitas dan antara komponennya saling berhubungan melalui beragam interaksinya.

Komunitas terdapat bermacam-macam, secara garis besar dapat dibagikan dalam dua bagian yaitu:

- a. Komunitas Akuatik; Komunitas ini dapat dimisalkan komunitas yang terdapat di laut, di danau, di sungai, di parit, atau di kolam
- b. Komunitas Terrestrial; Kelompok organisme yang terdapat di daratan, misalnya pekarangan, hutan, padang rumput, gunung, gurun, padang es.

#### **4. Ekosistem**

Pegertian ekosistem menurut Woodbury adalah tatanan kesatuan secara kompleks yang di dalamnya terdapat habitat, tumbuhan, dan binatang yang dipertimbangkan sebagai kesatuan secara utuh, sehingga semuanya akan menjadi bagian mata rantai siklus materi dan aliran energi. Odum memberikan pendapat bahwa ekosistem sendiri merupakan unit fungsional dasar dalam ekologi yang mana di dalamnya tercakup organisme dan lingkungannya (lingkungan biotik dan abiotik) yang di antara keduanya saling memengaruhi satu sama lain. Pengertian ekosistem menurut Undang – Undang Lingkungan Hidup adalah tatanan atau kesatuan cara yang utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya.

Ekosistem juga dapat didefinisikan sebagai suatu satuan lingkungan yang melibatkan unsur-unsur biotik (jenis-jenis makhluk) dan faktor-faktor fisik (iklim, air, dan tanah), serta kimia (keasaman dan salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Ekosistem adalah hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya. Ekosistem

juga berarti suatu unit fungsional dari berbagai ukuran yang tersusun dari bagian komponen dan sistem secara keseluruhan berfungsi berdasarkan suatu urutan kegiatan yang menyangkut energi dan pemindahan energi. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora), dan dekomposer/pengurai (mikroorganisme).

Macam-macam ekosistem:

- Ekosistem Alami, adalah ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa adanya campur tangan manusia. Ekosistem alami dibedakan menjadi 2, yaitu ekosistem darat dan ekosistem perairan. Contoh ekosistem darat adalah ekosistem hutan. Contoh ekosistem perairan adalah ekosistem danau, ekosistem rawa, dan lain sebagainya.
- Ekosistem Buatan, adalah ekosistem yang sengaja dibuat oleh manusia. Contoh ekosistem buatan adalah ekosistem kolam, ekosistem akuarium, ekosistem kebun, dan lain sebagainya.

Ekosistem alami dan ekosistem buatan dibentuk oleh dua komponen, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik.

- **Komponen Biotik**  
Komponen biotik ekosistem terdiri dari semua makhluk hidup yang berada dalam suatu ekosistem, misalnya manusia, tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Komponen biotik sangat beraneka ragam. Setiap komponen memiliki peranan tertentu yang membuat kehidupan dalam ekosistem seimbang.
- **Komponen Abiotik**  
Komponen abiotik merupakan komponen ekosistem yang

berupa benda mati yang di dalamnya mencakup habitat, tanah, air, suhu, musim, dan lain-lain. Komponen abiotik menyediakan *niche* atau relung untuk komponen biotik sebagai habitatnya sehingga akan terjadi interaksi antara komponen abiotik dan biotik.

## **B. Aliran Energi dan Materi Dalam Ekosistem**

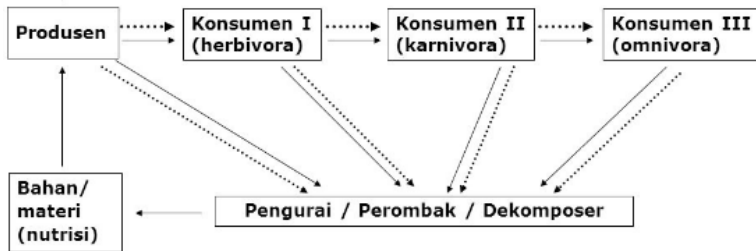
Aliran energi itu menjelaskan jumlah energi pada satu tingkat tropik yang didapat dari tingkatan tropik di bawahnya. Saat suatu hewan makan tumbuhan, misalnya, tidak semua energi (energi kimia) yang ada di tumbuhan itu diambil semua oleh hewan. Ada efisiensinya, karena itu aliran energi makin lama makin kecil bila tingkat tropiknya makin tinggi.

Salah satu bentuk aliran energi adalah rantai makanan yang merupakan peristiwa makan dan dimakan dalam suatu urutan tertentu yang tidak dapat dibalik. Jaring makanan merupakan kumpulan rantai makanan yang berbentuk jaring-jaring.

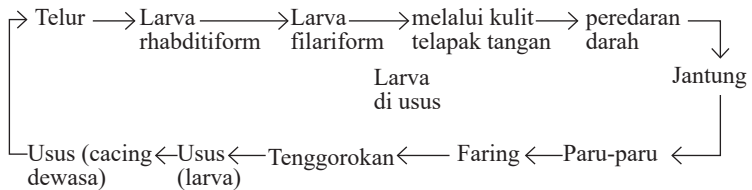
Rantai makanan adalah perpindahan materi dan energi dari makhluk yang satu ke makhluk yang lainnya melalui sederetan organisme yang makan dan yang dimakan. Jaring-jaring makanan adalah interaksi makan memakan dari beberapa produsen, beberapa konsumen, dan seterusnya. Jadi, tiap konsumen bisa memakan lebih dari satu jenis organisme. Contoh: padi → tikus → ular → elang → pengurai.

Para ilmuwan ekologi mengenal tiga macam rantai pokok, yaitu rantai pemangsa, rantai parasit, dan rantai saprofit. Rantai-rantai ini tidak berdiri sendiri, tapi saling berkaitan satu dengan lainnya sehingga membentuk jaring-jaring makanan.

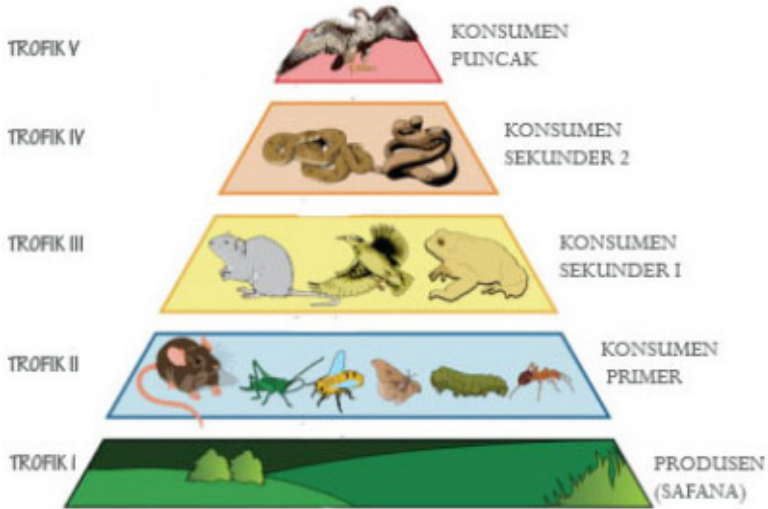
1. Rantai Pemangsa, landasan utamanya adalah tumbuhan hijau sebagai produsen. Rantai pemangsa dimulai dari hewan yang bersifat herbivora sebagai konsumen I, dilanjutkan dengan hewan karnivora yang memangsa herbivora sebagai konsumen ke-2 dan berakhir pada hewan pemangsa karnivora maupun herbivora sebagai konsumen ke-3.



2. Rantai Parasit, dimulai dari organisme besar hingga organisme yang hidup sebagai parasit. Contoh organisme parasit antara lain cacing, bakteri, dan benalu.



3. Rantai Saprofit, dimulai dari organisme mati ke jasad pengurai. Misalnya jamur dan bakteri.
4. Rantai Makanan dan Tingkat Trofik



Salah satu cara suatu komunitas berinteraksi adalah dengan peristiwa makan dan dimakan, sehingga terjadi pemindahan energi, elemen kimia, dan komponen lain dari satu bentuk ke bentuk lain di sepanjang rantai. Organisme dalam kelompok ekologis yang terlibat dalam rantai makanan digolongkan dalam tingkat-tingkat trofik. Tingkat trofik tersusun dari seluruh organisme pada rantai makanan yang bernomor sama dalam makanan. Sumber asal energi adalah matahari. Oleh karena itu, tumbuhan digolongkan dalam tingkat trofik pertama. Hewan herbivora atau organisme yang memakan tumbuhan termasuk anggota tingkat trofik kedua. Karnivora yang secara langsung memakan herbivora termasuk tingkat trofik ketiga, sedangkan karnivora yang memakan karnivora di tingkat trofik tiga termasuk dalam anggota tingkat trofik keempat.

## 5. Piramida Ekologi

Struktur trofik pada ekosistem dapat disajikan dalam bentuk piramida ekologi. Ada 3 jenis piramida ekologi, yaitu piramida jumlah, piramida lisgde biomassa, dan piramida energi.

- a. Piramida Jumlah, organisme dengan tingkat trofik masing-masing dapat disajikan dalam piramida jumlah, seperti organisme di tingkat trofik pertama biasanya paling melimpah, sedangkan organisme di tingkat trofik kedua, ketiga, dan selanjutnya makin berkurang. Dapat dikatakan bahwa pada kebanyakan komunitas normal, jumlah tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme. Demikian pula jumlah herbivora selalu lebih banyak daripada tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme herbivora.
- b. Piramida Biomassa, seringkali piramida jumlah yang sederhana kurang membantu dalam memperagakan aliran energi dalam ekosistem. Penggambaran yang lebih realistik dapat disajikan dengan piramida biomassa. Biomassa adalah ukuran berat materi hidup di waktu tertentu. Untuk mengukur biomassa di tiap tingkat trofik maka rata-rata berat organisme di tiap tingkat harus diukur kemudian barulah jumlah organisme di tiap tingkat diperkirakan. Piramida biomassa berfungsi menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu, dan diukur dalam gram. Untuk menghindari kerusakan habitat, maka biasanya hanya diambil sedikit sampel dan diukur, kemudian total seluruh biomassa dihitung.

- c. Piramida Energi, piramida energi yang dibuat berdasarkan observasi yang dilakukan dalam waktu yang lama. Piramida energi mampu memberikan gambaran paling akurat tentang aliran energi dalam ekosistem. Pada piramida energi terjadi penurunan sejumlah energi berturut-turut yang tersedia di tiap tingkat trofik. Berkurangnya energi yang terjadi di setiap trofik terjadi karena hal-hal berikut. Hanya sejumlah makanan tertentu yang ditangkap dan dimakan oleh tingkat trofik selanjutnya. Beberapa makanan yang dimakan tidak bisa dicerna dan dikeluarkan sebagai sampah. Hanya sebagian makanan yang dicerna menjadi bagian dari tubuh organisme, sedangkan sisanya digunakan sebagai sumber energi.

### **C. Struktur Ekosistem**

Bila memasuki suatu ekosistem, baik ekosistem daratan maupun perairan, akan dijumpai adanya dua macam organisme hidup yang merupakan komponen biotik ekosistem, yaitu: a) autotrofik, terdiri atas organisme yang mampu menghasilkan (energi) makanan dari bahan-bahan anorganik dengan proses fotosintesis ataupun kemosintesis. Organisme ini tergolong mampu memenuhi kebutuhan dirinya sendiri. Organisme ini sering disebut produsen, b) heterotrofik terdiri atas organisme yang menggunakan, mengubah, atau memecah bahan organik kompleks yang telah ada yang dihasilkan oleh komponen autotrofik. Organisme ini termasuk golongan konsumen, baik makrokonsumen maupun mikrokonsumen.



Secara struktural ekosistem mempunyai enam komponen sebagai berikut: 1) Bahan anorganik yang meliputi C, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan lain-lain. 2) Bahan organik yang meliputi karbohidrat, lemak, protein, bahan humus, dan lain-lain. Bahan-bahan organik ini merupakan penghubung antara komponen biotik dan abiotik. 3). Kondisi iklim yang meliputi faktor-faktor iklim, misalnya angin, curah hujan, dan suhu. 4) Produsen adalah organisme-organisme autotrof, terutama tumbuhan berhijau daun (berklorofil). Organisme-organisme ini mampu hidup hanya dengan bahan anorganik, karena mampu menghasilkan energi makanan sendiri, misalnya dengan fotosintesis. Selain tumbuhan berklorofil, juga ada bakteri kemosintetik yang mampu menghasilkan energi kimia melalui reaksi kimia. Tetapi peranan bakteri kemosintetik ini tidak begitu besar jika dibandingkan dengan tumbuhan fotosintetik. 5). Makrokonsumen adalah organisme heterotrof, terutama hewan-hewan seperti kambing, ular, serangga, dan udang. Organisme ini hidupnya tergantung pada organisme lain, dan hidup dengan memakan materi organik. 6) Mikrokonsumen adalah organisme-organisme heterotrof, saprotrof, dan osmotrof, terutama bakteri dan fungi. Mereka inilah yang memecah materi organik yang berupa sampah dan bangkai, menguraikannya sehingga terurai menjadi unsur-unsurnya (bahan anorganik). Kelompok ini juga disebut sebagai organisme pengurai atau dekomposer.

Komponen-komponen 1, 2, dan 3, merupakan komponen abiotik/ nonbiotik, atau komponen yang tidak hidup, sedangkan komponen- komponen 4, 5, 6, merupakan komponen yang

hidup atau komponen biotik. Secara fungsional ekosistem dapat dipelajari menurut enam proses yang berlangsung di dalamnya, yaitu:

1. Lintasan atau aliran energi.
2. Rantai makanan.
3. Pola keragaman berdasar waktu dan ruang.
4. Daur ulang (siklus) biogeokimiawi.
5. Perkembangan dan evolusi.
6. Pengendalian atau sibernetika.

Konsep ekosistem merupakan konsep yang luas, yang merupakan konsep dasar dalam ekologi. Konsep ini menekankan pada hubungan timbal balik dan saling keterkaitan antara organisme hidup dengan lingkungannya yang tidak hidup. Setiap ekosistem di dunia ini mempunyai struktur umum yang sama, yaitu adanya 6 komponen seperti tersebut di atas, dan adanya interaksi komponen-komponen tersebut. Jadi, baik itu ekosistem alami (daratan, perairan) maupun ekosistem buatan (pertanian, perkebunan), semuanya mempunyai kesamaan.

Sering terjadi bahwa proses autotrofik dan heterotrofik, serta organisme yang bertanggung jawab atas berbagai proses tersebut terpisah (secara tidak sempurna), baik menurut ruang maupun waktu. Sebagai contoh dapat disebutkan bahwa di hutan, proses autotrofik, yaitu fotosintesis, lebih banyak terjadi di bagian kanopi; sedangkan proses heterotrofik lebih banyak terjadi di permukaan lantai hutan (hal ini terpisah berdasar ruang). Proses autotrofik juga terjadi pada waktu siang hari, dan proses heterotrofik dapat terjadi baik di siang hari maupun

malam hari (terpisah berdasar waktu). Adanya pemisahan tersebut juga dapat dilihat pada ekosistem perairan. Pada ekosistem perairan, lapisan permukaan yang dapat ditembus oleh sinar matahari merupakan lapisan autotrofik. Dalam lapisan ini proses autotrofik adalah dominan. Lapisan perairan di bawahnya yang tak tertembus sinar matahari merupakan lapisan heterotrofik. Di dalam lapisan ini berlangsung proses heterotrofik. Dengan adanya pemisahan berdasarkan ruang dan waktu tersebut, lintasan energi juga dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Lintasan merumput (*grazing circuit*), meliputi proses yang melalui konsumsi langsung terhadap tumbuhan hidup atau bagian tumbuhan hidup, ataupun organisme hidup yang lain.
2. Lintasan detritus organik (*organic detritus circuit*), meliputi akumulasi dan penguraian sampah serta bangkai.

Pada umumnya komponen abiotik merupakan pengendali organisme dalam melaksanakan peranannya di dalam ekosistem. Bahan-bahan anorganik sangat diperlukan oleh produsen untuk hidupnya, merupakan penyusun dari tubuh organisme, demikian juga bahan organik. Bahan organik sangat diperlukan konsumen (makro maupun mikrokonsumen) sebagai sumber makanan. Produsen dengan proses fotosintesis adalah merupakan komponen penghasil energi kimia atau makanan yang nantinya digunakan konsumen. Kemudian komponen mikrokonsumen atau pengurai bertanggung jawab untuk mengembalikan berbagai unsur kimia ke alam. Bilamana peran setiap komponen tersebut tidak dapat berjalan,

kelangsungan ekosistem akan terancam. Demikian pula apabila peran tersebut berjalan pada kecepatan yang tidak semestinya, misalnya tersendat-sendat, keseimbangan di dalam ekosistem akan mudah terganggu.

#### **D. Tipe Ekosistem**

Dalam mengenal berbagai tipe ekosistem, pada umumnya digunakan ciri komunitas yang paling menonjol. Untuk ekosistem daratan biasanya digunakan komunitas tumbuhan atau vegetasinya, karena wujud vegetasi merupakan pencerminan penampakan luar interaksi antara tumbuhan, hewan, dan lingkungannya. Pada dasarnya di Indonesia terdapat empat kelompok ekosistem utama, yaitu:

1. Kelompok Ekosistem Bahari, yang dapat dikelompokkan lagi ke dalam ekosistem yang lebih kecil lagi, yaitu: ekosistem laut dalam, pantai pasir dangkal, terumbu karang, pantai batu, dan pantai lumpur. Dalam setiap ekosistem ada perbedaan dalam komponen penyusunnya, baik biotik maupun abiotik.
2. Kelompok Ekosistem Darat Alami, di Indonesia terdapat tiga bentuk vegetasi utama, yaitu:
  - a. vegetasi pamah (*lowland vegetation*), merupakan bagian terbesar hutan dan mencakup kawasan yang paling luas di Indonesia, terletak pada ketinggian 0-1000 m. Vegetasi pamah terdiri dari vegetasi rawa dan vegetasi darat. Vegetasi rawa terdapat di tempat yang selalu tergenang air dan membentuk urutan yang menerus dari air terbuka sampai hutan campuran. Di Indonesia terdapat beberapa bentuk vegetasi rawa

bergantung pada kedalaman, salinitas, dan kualitas air, serta kondisi drainase dan banjir. Beberapa contoh vegetasi pamah adalah hutan bakau, hutan rawa air tawar, hutan tepi sungai, hutan rawa gambut, dan komunitas danau.

- b. Vegetasi pegunungan, beraneka ragam dan sering menunjukkan pemintakatan yang jelas, sesuai dengan pemintakatan flora yang berlaku untuk semua kawasan tropik. Vegetasi pegunungan dapat diklasifikasi menjadi hutan pegunungan, padang rumput, vegetasi terbuka pada lereng berbatu, vegetasi rawa gambut dan danau, serta vegetasi alpin.
  - c. Vegetasi monsun terdapat di daerah yang beriklim kering musiman dengan  $Q > 33,3\%$  dan evapotranspirasi melebihi curah hujan yang umumnya kurang dari 1500 mm/tahun. Jumlah hari hujan selama empat bulan terkering berturut-turut kurang dari 20. Musim kemarau pendek sampai kemarau panjang terjadi pada pertengahan tahun. Beberapa contoh di antaranya adalah hutan monsun, savana, dan padang rumput.
3. Kelompok Ekosistem Suksesi, ekosistem yang berkembang setelah terjadi perusakan terhadap ekosistem alami yang terjadi karena peristiwa alami maupun karena kegiatan manusia atau bila ekosistem buatan tidak dirawat lagi dan dibiarkan berkembang sendiri menurut kondisi alam setempat. Ekosistem ini dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. Ekosistem suksesi primer berkembang pada substrat baru seperti permukaan tanah terbuka yang ditinggalkan, tanah longsor atau pemapasan tanah untuk penambangan dan pembuatan jalan, timbunan abu atau lahar yang dimuntahkan letusan gunung berapi, timbunan tanah bekas galian, endapan pasir pantai, dan endapan lumpur di tepi danau dan tepi sungai atau muara.
  - b. Ekosistem suksesi sekunder berkembang setelah ekosistem alami rusak total, tetapi tidak terbentuk substrat baru yang diakibatkan khususnya oleh kegiatan manusia, seperti penebangan hutan habis-habisan dan pembakaran. Ekosistem ini juga dapat berkembang dari ekosistem buatan yang ditinggalkan yang kemudian berkembang secara alami seperti yang terjadi pada perladangan berpindah atau sistem rotasi yang meninggalkan lahan garapan untuk diberakan setelah dua atau tiga kali panen.
4. Kelompok Ekosistem Buatan, seperti danau, hutan tanaman, dan agroekosistem (sawah tadah hujan, sawah irigasi, sawah surjan, sawah rawa, sawah pasang surut, kebun pekarangan, kolam, dan lain-lain). Sebagai gambaran dari ekosistem buatan akan diuraikan mengenai ekosistem kolam dan ekosistem padang rumput.

### **E. Macam-Macam Bentuk Pola Kehidupan**

Pola-pola interaksi terjadi dalam berbagai tingkatan, mulai dari individu, populasi, komunitas, sampai tingkatan ekosistem. Interaksi antara faktor-faktor biotik dan abiotik

secara garis besar dapat dilihat pada pola rantai makanan, aliran energi, jaring-jaring makanan, dan sistem biogeokimia. Simbiosis adalah bentuk interaksi yang sangat erat dan khusus antara dua makhluk hidup yang berlainan jenis. Makhluk hidup yang melakukan simbiosis disebut simbion. Simbiosis dapat dibedakan menjadi beberapa macam, di antaranya: simbiosis mutualisme, simbiosis parasitisme, dan simbiosis komensalisme.

1. Simbiosis Mutualisme: interaksi antara dua individu ataupun populasi yang saling menguntungkan. Misalnya, simbiosis antara jenis jamur dan alga tertentu membentuk likenes, antara bunga dengan kupu-kupu.
2. Simbiosis Parasitisme: interaksi dua individu/populasi di mana salah satu individu untung, sedang simbion pasangannya rugi. Contohnya, benalu yang tumbuh pada ranting pohon mangga, cacing perut dan cacing tambang yang hidup di dalam usus manusia.
3. Simbiosis Komensalisme: interaksi antara individu/populasi yang satu untung sedangkan individu/populasi lainnya tidak untung dan juga tidak rugi. Contohnya, interaksi antara ikan remora kecil yang menempel pada ikan hiu.

## **F. Ekologi dan Lingkungan**

Kata ekologi pertama kali diperkenalkan oleh Ernst Haeckel, seorang ahli biologi Jerman pada tahun 1866. Beberapa para pakar biologi pada abad ke-18 dan 19 juga telah mempelajari bidang-bidang yang kemudian termasuk dalam ruang lingkup ekologi. Misalnya Anthony van Leeuwenhoek,

yang terkenal sebagai pioner penggunaan mikroskop, juga pioner dalam studi mengenai rantai makanan dan regulasi populasi. Bahkan jauh sebelumnya, Hippocrates, Aristoteles, dan para filosof Yunani telah menulis beberapa materi yang sekarang termasuk dalam Bidang Ekologi.

Ekologi dikenal sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Makhluk hidup dalam kasus pertanian adalah tanaman, sedangkan lingkungannya dapat berupa air, tanah, unsur hara, dan lain-lain. Kata ekologi sendiri berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *oikos* dan *logos*. *Oikos* artinya rumah atau tempat tinggal, sedangkan *logos* artinya ilmu atau pengetahuan. Jadi, semula ekologi artinya “ilmu yang mempelajari organisme di tempat tinggalnya”. Umumnya yang dimaksud dengan ekologi adalah “ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme atau kelompok organisme dengan lingkungannya”. Saat ini ekologi lebih dikenal sebagai ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi dari alam”. Bahkan ekologi dikenal sebagai ilmu yang mempelajari rumah tangga makhluk hidup.

## **1. Ruang Lingkup Ekologi**

Setiap ilmu memiliki batas-batas wilayah studi. Perlu dimaklumi bahwa batas wilayah kerja suatu ilmu umumnya bertumpang tindih dengan batas-batas wilayah kerja dari ilmu-ilmu lain. Sehubungan dengan itu, maka sudah selayaknya kalau kita ingin mengetahui juga batas wilayah kerja dari ilmu ekologi. Untuk mempelajari gambaran yang cukup jelas tentang batas-batas wilayah kerja dari ilmu ekologi



dapat kiranya dipergunakan konsep model dari Miller. Konsep tersebut beranggapan bahwa seluruh alam semesta merupakan suatu ekosistem yang tersusun oleh berbagai komponen atau kesatuan. Dalam suatu ekosistem satu atau sekelompok komponen tak dapat berdiri sendiri terlepas dari kelompok kesatuan lain. Dalam hal ini, kesatuan kelompok komponen pertama akan merupakan satuan kelompok kedua, kesatuan kelompok komponen kedua akan menyusun kesatuan kelompok ketiga, demikian seterusnya. Atas dasar pemikiran itu Miller menyusun konsep model atas ekosistem alam semesta. Makromolekul → protoplasma → sel → jaringan → organ tubuh → sistem organ → organisme → populasi → komunitas → ekosistem → biosfer.

Dalam model tersebut ditampilkan batas wilayah kerja ilmu ekologi, yaitu batas terbawah adalah tingkat organisme atau tingkat individu dan batas teratas adalah tingkat biosfer. Secara ringkas, ruang lingkup ekologi dapat digambarkan melalui spektrum biologi, yang menggambarkan aras-aras organisasi kehidupan sebagai berikut:

- a. Protoplasma adalah zat hidup dalam sel dan terdiri atas senyawa organik yang kompleks, seperti lemak, protein, dan karbohidrat.
- b. Sel adalah satuan dasar suatu organisme yang terdiri atas protoplasma dan inti yang terkandung dalam membran. Membran merupakan komponen yang menjadi pemisah dari satuan dasar lainnya.
- c. Jaringan adalah kumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama, misalnya jaringan otot.

- d. Organ atau alat tubuh merupakan bagian dari suatu organisme yang mempunyai fungsi tertentu, misalnya kaki atau telinga pada hewan, dan daun atau akar pada tumbuhan.
- e. Sistem organ adalah kerja sama antara struktur dan fungsi yang harmonis, seperti kerja sama antara mata dan telinga, antara mata dan tangan, dan antara hidung dengan tangan.
- f. Organisme adalah suatu benda hidup, jasad hidup, atau makhluk hidup.
- g. Populasi adalah kelompok organisme yang sejenis yang hidup dan beranak pada suatu daerah tertentu.
- h. Komunitas adalah semua populasi dari berbagai jenis organisme yang menempati suatu daerah tertentu. Di daerah tersebut setiap populasi berinteraksi satu dengan lainnya. Misalnya populasi rusa berinteraksi dengan populasi harimau di Pulau Sumatra atau populasi ikan mas berinteraksi dengan populasi ikan mujair.
- i. Ekosistem adalah tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Ekosistem merupakan hubungan timbal balik yang kompleks antara makhluk hidup dengan lingkungannya, baik yang hidup maupun tak hidup (tanah, air, udara, atau kimia fisik) yang secara bersama-sama membentuk suatu sistem ekologi.
- j. Biosfer adalah lapisan bumi tempat ekosistem beroperasi. Lapisan biosfer sekitar 9000 m di atas permukaan bumi, beberapa meter di bawah permukaan tanah, dan beberapa ribu meter di bawah permukaan laut.

Karena luasnya wilayah kerja ada bagian-bagian dari ilmu ekologi yang mengkhususkan penelitiannya pada bagian-bagian wilayah kerja tertentu. Pada mulanya pakar-pakar ekologi tumbuhan menaruh perhatian terhadap hubungan antartumbuhan. Misalnya bagaimana hubungan pertumbuhan padi dengan gulma yang sama-sama tumbuh pada suatu petak sawah. Para pakar ekologi hewan mempelajari dinamika populasi dan perilaku hewan, misalnya bagaimana populasi badak bercula satu di Ujung Kulon, berikut penyebarannya sampai di mana, jumlah hewan jantan dan betina, dan cara berkembang biaknya.

Studi ekologi tumbuhan dan hewan dikelompokkan menjadi dua, yaitu autekologi dan sinekologi.

- Autekologi merupakan studi hubungan timbal balik suatu jenis organisme dengan lingkungannya yang pada umumnya bersifat eksperimental dan induktif. Contoh studi autekologi adalah ekologi tikus yang diberi perlakuan tertentu, misalnya sebagian ruang gerakannya terbatas, sebagian yang lain ruang gerakannya bebas, lalu diukur perkembangan otaknya setelah waktu tertentu dan dibandingkan satu sama lain. Pada perkembangannya autekologi telah mempelajari berbagai jenis hewan maupun tumbuhan.
- Sinekologi merupakan studi dari kelompok organisme sebagai suatu kesatuan yang lebih bersifat filosofis, deduktif, dan umumnya deskriptif. Contoh: ekologi hutan hujan tropis yang mengkaji berbagai jenis tumbuhan yang ada, populasi masing-masing jenis, kerapatan persatuan

luas, fungsi berbagai tumbuhan yang ada, kondisi hutan atau tingkat kerusakan, hubungannya dengan tanah, air, atau komponen fisik lainnya. Mengacu kedua contoh tersebut, jelas kedua pendekatan sangat berbeda. Pada sinekologi yang kemudian dapat dibedakan lagi, antara lain menjadi ekologi perairan tawar, ekologi daratan (terrestrial), dan ekologi lautan. Sinekologi juga telah berkembang ke berbagai ekosistem yang ada di permukaan bumi.

Di samping pengelompokan tersebut, ada pengamat lingkungan yang membuat kajian ekologi menurut habitat atau tempat suatu jenis atau kelompok jenis tertentu. Oleh karena itu, ada istilah ekologi bahari atau kelautan, ekologi perairan tawar, ekologi darat atau terrestrial, ekologi estuaria (muara sungai ke laut), ekologi padang rumput, dan lain-lain. Pengelompokan yang lain adalah menurut taksonomi, yaitu sesuai dengan sistematika makhluk hidup, misalnya ekologi tumbuhan, ekologi hewan (ekologi serangga, ekologi burung, ekologi kerbau, dan lain sebagainya), serta ekologi mikroba atau jasad renik.

## **2. Kedudukan dan Perkembangan Ekologi**

Sebagai bagian dari biologi, ekologi merupakan bagian dasar. Ekologi sejajar dengan bagian dasar yang lain, misalnya biologi molekuler, biologi perkembangan, genetika, fisiologi, dan morfologi. Ekologi mengalami perkembangan sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Perkembangan ekologi mempengaruhi ilmu yang lain, demikian juga perkembangan ilmu yang lain mempengaruhi ekologi.

Secara harfiah ilmu ekologi adalah suatu ilmu yang mempelajari “tata rumah” atau “tata rumah tangga” manusia. Lambat laun bidang ilmu penelitian ekologi tidak terbatas pada manusia dan lingkungannya, tetapi penelitian juga meluas sampai pada penelitian atas semua jasad hidup dan lingkungannya. Ilmu ekologi dalam menganalisis tata lingkungan mempergunakan konsep model lingkaran. Lingkaran yang melukiskan proses rumah tangga lingkungan lazim dikenal dengan nama “lingkaran energi, materi, dan informasi”. Dalam proses tersebut dikenal 2 golongan, yaitu: (1) golongan produsen, (2) golongan konsumen (termasuk jasad hidup pengurai). Selama proses aliran energi dan materi tidak terganggu, selama itu pula tata lingkungan tetap dalam “keseimbangan ekologis”.

### **G. Homeostasis Ekosistem**

Setiap ekosistem mampu menjaga dan mengendalikan dirinya sendiri dari gangguan yang berasal dari luar, termasuk komponen-komponen biotik maupun abiotik yang ada di dalamnya. Ekosistem mempunyai kemampuan untuk menangkal berbagai perubahan ataupun gangguan yang dialaminya sehingga terjagalah keseimbangannya. Keseimbangan ekosistem disebut homeostasis ekosistem. Istilah homeostasis berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*homoios*” yang berarti sama dan “*stasis*” yang berarti diam atau tetap. Jadi, secara etimologis, homeostasis diartikan dengan tetap sama. Konsep homeostasis berawal dari pemikiran bahwa semua materi memiliki unsur dan karakteristik yang saling menyeimbangkan. Baik itu melalui proses timbal balik atau

saling menetralkan. Kondisi keseimbangan ini memungkinkan berlangsungnya kehidupan dan pemenuhan kebutuhan makhluk hidup.

Homeostasis merupakan suatu konsep yang penting dalam Biologi. Homeostasis diartikan sebagai mekanisme pengaturan lingkungan keseimbangan dinamis agar tetap dalam keadaan konstan. Lingkungan dalam konteks di atas memiliki dua jenis yaitu lingkungan luar dan lingkungan dalam. Lingkungan luar meliputi semua yang mengelilingi makhluk hidup, termasuk di dalamnya komponen biotik dan abiotik, sedangkan lingkungan dalam adalah lingkungan dinamis di dalam tubuh organisme itu sendiri.

Homeostasis biasanya digunakan untuk merujuk pengaturan metabolisme dalam tubuh organisme. Namun, pemakaian istilah ini sebenarnya bisa digunakan lebih luas. Konsep homeostasis juga diterapkan dalam suatu alat yang disebut *thermostat*. Homeostasis dalam ekosistem menggambarkan adanya keseimbangan ekosistem yang tercipta dari banyaknya interaksi dalam ekosistem itu sendiri. Baik berupa interaksi antarorganisme dalam ekosistem ataupun dengan komponen abiotiknya.

Makhluk hidup memiliki perilaku tersendiri yang menciptakan kondisi homeostasis dalam ekosistem. Sama halnya dengan regulasi dalam tubuh seperti rasa haus yang tercipta saat tubuh manusia kekurangan cairan, ekosistem juga dapat meregulasi sistem di dalamnya. Regulasi ini dilakukan dalam beberapa cara, di antaranya:

## 1. Perilaku Menyerang dan Menghindar (*Attack-Avoidance*)

Hampir semua hewan mamalia dan aves memiliki kecenderungan untuk saling menyerang dalam satu spesies dan saling menghindari atau acuh pada hewan dari spesies lain. Salah satu contoh lain adalah tupai dan chipmunk. Kedua hewan ini memiliki jenis makanan yang sama. Namun, apabila satu tupai sedang makan dan datang chipmunk, tupai cenderung mengacuhkannya.

Pengecualian terjadi apabila chipmunk dirasa terlalu dekat dengan tupai. Tetapi saat tupai didekati oleh tupai yang lain, kedua tupai ini cenderung akan saling menyerang. Perilaku inilah yang disebut dengan istilah *attack-avoidance*. Perilaku semacam ini ternyata merupakan satu pengaturan dalam ekosistem agar persebaran satu jenis spesies tidak selalu ada dalam satu wilayah yang terbatas. Perilaku *attack-avoidance* menyebabkan persebaran satu spesies klasifikasi animalia semakin luas. Persebaran ini juga merupakan cara hewan beradaptasi dengan lingkungannya. Dengan persebaran yang semakin luas maka ketersediaan makanan dalam satu wilayah tidak akan habis.

## 2. Proses Homeostasis Terhadap Kepadatan Populasi

Perilaku *attack-avoidance* biasanya membuat persebaran hewan menjadi lebih luas. Namun, pada beberapa hewan kecil dengan tingkat pertumbuhan yang tinggi seperti tikus dan kelinci, perilaku ini sulit ditemukan. Pada jenis spesies ini, ternyata terjadi proses homeostasis yang berbeda. Saat populasi tikus atau kelinci dalam satu ekosistem alami

terlalu padat, apabila kepadatan populasi mencapai kondisi kritis, stres menjadi sangat ekstrim hingga hewan kecil dapat mengalami kematian akibat kerusakan sistem endokrin. Dalam ekosistem alami jarang terjadi peledakan jumlah spesies, berbeda dengan ekosistem buatan. Campur tangan manusia banyak menyebabkan menurunnya jumlah satu jenis spesies dan meningkatnya jumlah spesies lain. Misalnya karena perburuan predator seperti macan dan singa di hutan, menyebabkan populasi rusa meningkat.

### **3. Homeostasis oleh Burung Hantu**

Burung hantu memiliki peran penting dalam penurunan ledakan jumlah mangsa. Saat populasi mangsa dalam suatu ekosistem jumlahnya terlalu banyak karena suatu hal, populasi burung hantu juga meningkat. Perkembangbiakan hewan ini biasanya hanya menghasilkan 3 telur. Namun dalam kondisi ini, burung hantu dapat bertelur hingga 11 buah telur. Hal ini menyebabkan jumlah burung hantu mengimbangi peledakan jumlah mangsa. Pada akhirnya jumlah mangsa akan berkurang karena jumlah predator terlalu banyak dan burung hantu akan melakukan perpindahan tempat saat jumlah mangsa berkurang. Kondisi ini juga menyebabkan burung hantu betina tidak dapat bertelur karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Hal ini menyebabkan kondisi homeostasis kembali tercipta.

### **4. Homeostasis dalam Kelahiran**

Ekosistem memiliki sistem yang ajaib dalam mengatasi masalah yang mengganggu keseimbangannya. Pada populasi hewan yang memadat terjadi kematian mendadak akibat stres pada kelenjar tiroid. Bagaimana bagi populasi yang tidak



padat? Mangsa seperti rusa adalah makanan utama bagi predator besar seperti macan, singa, harimau, dan sebagainya. Akibatnya jumlah rusa semakin berkurang. Namun hal ini diatasi dengan cara berkembang biak hewan ini. Pada populasi yang mudah menipis, kebanyakan spesies ini dapat melahirkan lebih banyak anak. Dengan demikian, jumlah populasi dapat kembali normal.

### **5. Predasi sebagai Bentuk Homeostasis**

Predasi adalah hubungan mangsa dan dimangsa yang terjadi di dalam ekosistem. Interaksi ini merupakan bagian dari homeostasis dalam ekosistem. Kebanyakan pemangsa atau predator akan memangsa individu yang paling lemah dalam populasi mangsanya. Individu ini bisa jadi lemah karena sakit, terluka, atau tidak dijaga induknya. Akibatnya mangsa yang kuat akan bertahan hidup dan menurunkan sifatnya pada anaknya. Artinya, kehidupan mangsa dibentuk oleh perilaku dari pemangsanya. Rusa akan berlari lebih kencang karena rusa yang lemah telah dimangsa oleh predator. Ini juga merupakan salah satu contoh dari bentuk seleksi alam.

Demikian beberapa proses homeostasis dalam ekosistem. Dari beberapa contoh proses di atas dapat dilihat bahwa meskipun beberapa kejadian tidak menguntungkan bagi suatu individu, tapi kejadian ini sebenarnya merupakan cara menjaga keseimbangan ekosistem. Baca juga artikel terkait lainnya: pelestarian ekosistem – pelestarian biota laut – pembudidayaan rumput laut. Mekanisme homeostasis ini sangat rumit dan menyangkut banyak faktor serta mekanisme, termasuk di dalamnya adalah mekanisme penyimpanan bahan/

materi, pelepasan unsur hara, pertumbuhan populasi, produksi, dan penguraian/dekomposisi.

Meskipun ekosistem mempunyai kemampuan menangkal setiap gangguan dari luar untuk menjaga keseimbangannya, tetapi kemampuan tersebut ada batasnya. Manusia yang sebetulnya merupakan salah satu unsur dalam ekosistem, justru seringkali merupakan pengganggu yang terbesar terhadap kelangsungan hidup ekosistem itu sendiri. Hal ini terjadi ketika manusia memanfaatkan sumber daya alam untuk kesejahteraan mereka. Sebagai contoh akan diberikan gambaran mengenai perilaku manusia terhadap alam sebagai berikut:

1. Kasus penebangan hutan

Penebangan pohon di hutan oleh manusia seringkali melampaui kemampuan hutan tersebut untuk pulih kembali. Akibatnya hutan menjadi rusak, tidak dapat pulih kembali, dan akan menjadi ekosistem yang lain atau bahkan menjadi gundul sehingga terjadi erosi yang berat, banjir di musim hujan, kekeringan di musim kemarau, hilangnya keanekaragaman hayati, dan lain-lain. Bila hal ini terjadi secara terus-menerus, akan berdampak negatif dan dikhawatirkan akan menjadi padang pasir.

2. Pembuangan limbah dan penggunaan zat-zat kimia

Akhir-akhir ini sudah nampak kasus yang serius bahwa banyak sungai dan laut yang airnya sudah sangat kotor, kehidupan di dalamnya sudah berubah secara drastis, banyak jenis yang langka dan sudah punah, dan lain-lain. Perairan yang tadinya banyak dijumpai berbagai kehidupan juga

sudah banyak berubah menjadi hitam, bau, penuh dengan sampah, dan lain-lain. Sungai yang semula bersih menjadi tercemar karena di sepanjang aliran sungai tersebut terdapat banyak pabrik, permukiman, pertanian, dan kegiatan lain yang menghasilkan limbah dan sebagian besar membuang limbah cairnya ke dalam sungai tersebut. Prinsip homeostasis tentu sudah sulit dicapai, karena daya tahan ekosistem perairan juga terbatas. Oleh karena itu, perlu dipahami kaidah-kaidah ekosistem dan hal-hal penting yang akan digunakan sebagai dasar pengelolaan suatu ekosistem.

Kerusakan lingkungan merupakan salah satu bentuk gangguan terhadap ekosistem yang sudah melebihi batas kemampuan ekosistem itu sendiri. Berbagai bencana lingkungan sudah terjadi di mana-mana. Berbagai macam industri, mulai dari industri rumah tangga sampai industri besar telah tumbuh dengan pesat baik kuantitas maupun macamnya. Hal ini jelas dapat menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, misalnya pencemaran air, udara, dan tanah. Penggunaan berbagai bahan beracun seperti insektisida, herbisida, fungisida, dan pupuk buatan menimbulkan pencemaran air dan tanah yang berdampak negatif terhadap organisme dan makhluk hidup di sekitarnya. Sarana transportasi yang kian meningkat berupa kendaraan bermotor juga menambah kadar pencemaran udara yang menyebabkan kerusakan ekosistem di atmosfer.

Problematika ekosistem di dunia pada saat ini banyak mengalami perubahan. Perubahan ekosistem yang ada di bumi ini terjadi karena beberapa hal, yang di sebabkan oleh

alam dan juga manusia. Di lingkungan masyarakat sendiri banyak sekali terjadi problematika pada ekosistem sekitar. Seperti longsor yang terjadi karena pergeseran tanah yang ada di dataran tinggi. Ataupun problematika yang paling sering terjadi di Indonesia, yaitu kebakaran hutan. Kebakaran hutan dapat terjadi disebabkan oleh 2 hal yaitu kemarau panjang yang berakibat pada hutan yang mulai kekeringan. Biasa juga terjadi karena manusia yang ingin mendapatkan lahan, tetapi dengan menggunakan cara membakar hutan. Kebakaran hutan sendiri akan berdampak panjang pada kehidupan manusia di masa depan. Kurangnya hutan pada suatu daerah ataupun tempat yang dapat menyerap air secara banyak akan berakibat pada kerusakan lingkungan seperti banjir dan longsor.

Problematika ekosistem juga bias terjadi di air, seperti perusakan terumbu karang akibat seringnya manusia membuang sampah ke air. Yang kemudian beakibat pada habitat ikan hias dan juga terumbu karang yang ada di laut menjadi cepat punah. Oleh karena itu, ekosistem dapat diartikan sebagai interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungan sekitar. Gatra yang dapat digunakan sebagai ciri keseutuhan ekosistem adalah energetika (taraf trofi atau makanan, produsen, konsumen, dan redusen), pendauran hara (peran pelaksana taraf trofi), dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem). Jika dilihat dari komponen biotanya, yang dapat hidup dalam ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan jenis lain yang tinggal dalam satu ekosistem tersebut. Selain itu, keberadaannya ditentukan juga oleh keseluruhan jenis dan faktor-faktor fisik serta kimia yang menyusun ekosistem tersebut. Bagian hidup

dan tak hidup pada sebuah lingkungan saling berinteraksi dan saling bergantung satu sama lain. Interaksi antara makhluk hidup dan benda-benda tak hidup pada sebuah lingkungan disebut ekosistem.



# BAB X

## SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

### A. Batasan Pengertian

Sumber daya alam adalah potensi sumber daya yang terkandung dalam bumi (tanah), air, dan dirgantara yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan dan kepentingan manusia. Sumber daya alam berkaitan dengan lingkungan hidup, karena lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia, dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

### B. Klasifikasi serta Penggolongan SDA dan Lingkungan Hidup

Sumber daya alam dapat diklasifikasikan antara lain:

1. Berdasarkan Sumbernya, sumber daya alam dibedakan atas sumber daya alam biotik (organik) yaitu sumber daya alam yang berasal dari makhluk hidup misalnya, kayu, ikan, batu bara, minyak bumi, dan mamber. Sumber daya alam abiotik (anorganik) yaitu sumber daya alam yang berasal bukan dari makhluk hidup misalnya timah, besi, dan kwarsa.
2. Berdasarkan Persebarannya, dibedakan menjadi dua jenis
  - a. sumber daya alam yang terdapat di mana – mana

- misalnya sinar matahari, air, udara, areal pertanian, dan hutan.
- b. Sumber daya alam yang hanya ditemukan di daerah tertentu saja misalnya tambang uranium, tambang batu bara, dan tambang emas.
3. Berdasarkan Tujuannya, dibedakan atas 3 jenis yaitu :
    - a. Sumber daya alam bahan industri, umumnya digunakan sebagai bahan dasar atau bahan baku industri misalnya tanah liat, belerang, dll.
    - b. Sumber daya alam bahan pangan, digunakan sebagai bahan pangan baik langsung maupun melalui pengelolaan terlebih dahulu misalnya padi, jagung, dan kedelai.
    - c. Sumber daya alam bahan sandang, bahan sandang adalah sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan sandang, misalnya sutra dan kapas.
  4. Berdasarkan Cara Pengolahan dan Pemanfaatannya, sumber daya alam dibedakan menjadi sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable resources*) dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable resource*)
    - a. Sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable resources*) karena alam mampu mengadakan pembentukan baru dalam waktu relatif cepat. Dengan demikian, sumber daya alam ini tidak dapat habis. Pembaruan bisa terjadi dengan dua jalan antara lain:
      - 1) Pembaruan dengan reproduksi. Pembaruan ini terjadi pada sumber daya alam hayati, karena



hewan dan tumbuhan dapat berkembang biak sehingga jumlahnya selalu bertambah. Sekalipun demikian, bila pengelolaannya tidak tepat, sumber daya alam hayati dapat punah. Sekali spesies hewan dan tumbuhan punah, maka alam tidak dapat diperbarui atau membentuk lagi. Seringkali aktivitas manusia yang kurang bertanggung jawab bisa menyebabkan sumber daya alam hayati menurun kualitas dan keanekaragamannya, misalnya karena pengaruh pencemaran. Sebaliknya, dengan penerapan prinsip-prinsip genetika, misalnya hibridisasi dan rekayasa genetik, sumber daya alam ini dapat ditingkatkan kualitas dan keanekaragamannya.

- 2) Pembaruan dengan adanya siklus. Beberapa sumber daya alam, misalnya air dan udara terjadi dalam proses yang melingkar membentuk siklus. Dengan demikian, selalu terjadi pembaruan. Aktivitas manusia seperti berikut dapat menurunkan kualitas dan kuantitas sumber daya alam.
  - Pencemaran udara akan menurunkan kualitas atmosfer bumi.
  - Penebangan hutan dapat menurunkan kualitas air dan tanah menimbulkan banjir.
- b. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable resource*) sumber daya alam ini terdapat dalam jumlah yang relatif statis karena

tidak ada penambahan atau pembentukannya sangat lambat bila dibandingkan dengan umur manusia. Pembentukannya kembali memerlukan waktu ratusan bahkan jutaan tahun. Manusia tidak dapat memanfaatkannya selama 2-3 generasi. Sumber daya alam ini dapat habis.

Contoh : bahan mineral, batu bara, gas alam, dan sumber daya alam fosil lainnya. Berdasarkan daya pakai dan nilai konsumtifnya, sumber daya alam ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu sebagai berikut:

1) Sumber daya alam yang tidak cepat habis karena nilai konsumtif terhadap barang itu relatif kecil. Manusia hanya memanfaatkannya dalam jumlah sedikit. Di samping itu, sumber daya alam ini dapat dipakai secara berulang-ulang hingga tidak cepat habis.

Contoh : intan, batu permata, dan logam mulia (emas)

2) Sumber daya alam yang cepat habis karena nilai konsumtif akan barang itu relatif tinggi. Manusia menggunakan dalam jumlah yang banyak, sehingga sumber daya alam ini akan cepat habis. Di samping itu daur ulangnya sukar dilakukan. Contoh: bensin, gas alam, dan bahan bakar lainnya. Di sini kita melihat bahwa sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui kebanyakan didapat dari bahan galian.

c. Menurut cara terbentuknya, bahan galian dibedakan menjadi berikut.

- 1) Bahan galian magmatik, yaitu bahan galian yang terjadi dari magma dan bertempat di dalam atau berhubungan dan dekat dengan magma.
- 2) Bahan galian pematit, yaitu bahan galian yang terbentuk di dalam diatrema dan dalam bentukan instrusi (gang dan apofisa)
- 3) Bahan galian hasil pengendapan, yaitu bahan galian yang terkonsentrasi karena pengendapan di dasar sungai atau genangan air melalui proses perarutan atau pun tidak.
- 4) Bahan galian hasil pengayaan sekunder, yaitu bahan galian yang terkonsentrasi karena proses pelarutan pada batuan hasil pelapukan.
- 5) Batuan sekitar magma yang karena bersentuhan dengan magma berubah menjadi mineral ekonomik
- 6) Bahan galian hidrotermal, yaitu resapan magma cair yang membeku di celah-celah struktur lapisan bumi atau pada lapisan yang bersuhu relatif rendah (di bawah 500 °C).

Dalam Undang – Undang No. 11 Tahun 1967 tentang pertambangan, bahan galian di klafikasikan menurut kepentingannya bagi negara seperti berikut.

- a. Golongan A, yaitu golongan bahan galian strategis. Bahan galian ini penting untuk pertahanan/keamanan negara atau untuk

menjamin perekonomian negara. Contoh: semua jenis batu bara, minyak bumi, bahan radioaktif, tembaga, aluminium (bauxit), timah putih, besi, nikel, dan sebagainya.

- b. Golongan B, yaitu golongan bahan galian vital. (penting untuk hajat hidup orang banyak). Contoh: emas, perak, magnesium, batu permata, asbes, dan lain-lain.
- c. Golongan C, yaitu bahan galian yang tidak termasuk ke dalam golongan A maupun golongan B. Contoh: bahan galian yang termasuk batuan industri (batu kapur).

### **C. Penggolongan Sumber Daya Alam**

1. Sumber daya alam materi, yaitu apabila yang dimanfaatkan adalah materi sumber daya alam tersebut. Contoh: mineral magnetit ( $\text{Fe}[\text{FeO}_2]_2$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), limonit dilebur menjadi besi/baja yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia di antaranya: kerangka beton, bahan kendaraan, alat rumah tangga, dan masih banyak lagi kegunaannya.
2. Sumber daya alam hayati, ialah sumber daya alam yang berbentuk makhluk hidup, yaitu hewan dan tumbuh-tumbuhan disebut sumber daya alam nabati, sedangkan sumber daya alam hewan disebut sumber daya alam hewani. Bila kita telusuri lebih jauh, sumber daya alam hayati dapat digolongkan sebagai sumber daya alam materi maupun energi. Contoh: barang yang kita makan secara langsung adalah materinya, tetapi di dalam tubuh

makanan tersebut memberikan energi, sehingga manusia mempunyai tenaga untuk bergerak dan bekerja.

3. Sumber daya alam energi, yaitu apabila barang yang dimanfaatkan manusia adalah energi yang terkandung dalam sumber daya alam tersebut. Contoh : bahan bakar minyak (bensin, solar, minyak tanah, dan lain-lain). Gas alam, batu bara, dan kayu bakar merupakan sumber daya alam energi. Manusia menggunakan energi yang dihasilkan oleh sumber daya alam itu untuk memasak, menggerakkan kendaraan, mesin industri, dan sebagainya.
4. Sumber daya alam ruang, yaitu ruang atau tempat yang diperlukan manusia dalam hidupnya. Makin besar kenaikan jumlah penduduk, sumber daya alam makin sulit diperoleh. Ruang, dalam hal ini, dapat berarti ruang untuk mata pencaharian (pertanian dan perikanan), tempat tinggal, arena bermain anak-anak, dan sebagainya. Di kota-kota besar, seperti Jakarta, sumber daya alam ruang makin sulit didapat.
5. Sumber daya alam waktu, sulit dibayangkan bahwa waktu merupakan sumber daya alam. Sebagai sumber daya alam, waktu tidak berdiri sendiri melainkan terikat dengan pemanfaatan sumber daya alam lainnya.  
Contoh : air sulit didapat di musim kemarau. Akibatnya mengganggu tanaman pertanian.

#### **D. Konsep – Konsep Pengelolaan Sumber Daya Alam**

Pengelolaan sumber daya alam yaitu pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, pengelolaan sumber daya alam berdasarkan

prinsip mengurangi, dan pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip daur ulang.

1. Pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Beberapa hal yang dapat diusahakan untuk menjaga kelestarian daya alam adalah sebagai berikut.
  - a. Penghijauan dan reboisasi; keuntungan pelaksanaan penghijauan antara lain sebagai berikut.
    - 1) Tumbuh – tumbuhan dapat menyaring dan mengatur air, mencegah banjir, dan menimbulkan mata air.
    - 2) Tumbuh – tumbuhan dapat menyuburkan tanah. Daun – daun yang berguguran, lama kelamaan membusuk dan menjadi lapisan humus. Akar tanaman dapat mencegah erosi dan bahaya longsor.
    - 3) Tumbuh-tumbuhan menimbulkan udara yang segar.
  - b. Sengkedan; Tujuannya adalah agar pada waktu hujan air banyak meresap ke dalam tanah.
  - c. Pengembangan daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah peka terhadap kerusakan dan pencemaran karena seringnya terjadi pengikisan lapisan tanah oleh arus sungai.
  - d. Pengelolaan air limbah; Usaha–usaha untuk mengatasi air limbah adalah sebagai berikut.
    - 1) Pengaturan lokasi industri agar jauh dari pemukiman penduduk

- 2) industri yang menimbulkan air limbah, diwajibkan memasang peralatan pengendali pencemaran air (*water treatment*)
- 3) daerah industri dijauhkan dari peredaran air yang berhubungan langsung dengan sumber air minum penduduk
- 4) menemukan sumber bahan beracun dan segera melakukan netralisasi secara kimia
- 5) mencegah agar saluran air limbah jangan sampai bocor
- 6) unsur-unsur yang dapat yang tidak dapat dinetralisasi harus dibuang dengan dipendam/ditanam di dalam tanah yang dijauhi dari air, atau dibuang ke laut dengan menggunakan drum-drum.

e. Penertiban pembuangan sampah.

2. Pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip mengurangi guna memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia memerlukan berbagai sumber daya alam. Baik sumber alam yang bersifat hasil tambang, energi, maupun hayati. Dalam mengambil sumber daya alam jangan diambil semuanya (dihabiskan), tetapi berprinsip mengurangi saja, pengambilan yang dihabiskan akan merusak lingkungan dan mengganggu ekosistem lingkungan.
3. Pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip daur ulang  
Ada dua sistem pengelolaan sampah yaitu:
  - a. Sistem pengelolaan formal
  - b. Sistem pengelolaan informal





## BAB XI

# ILMU PENGETAHUAN ALAM DAN TEKNOLOGI BAGI KEHIDUPAN MANUSIA

### A. Batasan Pengertian

Istilah “teknologi” berasal dari “techne” atau cara dan “logos” atau pengetahuan. Jadi, secara harfiah teknologi dapat diartikan pengetahuan tentang cara. Teknologi telah dikenal manusia sejak jutaan tahun yang lalu karena dorongan untuk hidup yang lebih nyaman, lebih makmur dan lebih sejahtera. Jadi, sejak awal peradaban sebenarnya telah ada teknologi, meskipun istilah “teknologi belum digunakan”. Sebenarnya sejak dahulu teknologi sudah ada atau manusia sudah menggunakan teknologi. Kalau manusia pada zaman purba memecahkan kemiri dengan batu atau memetik buah dengan galah, sesungguhnya mereka sudah menggunakan teknologi, yaitu teknologi sederhana.

Pengertian teknologi sendiri menurutnya adalah cara melakukan sesuatu untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan bantuan akal dan alat, sehingga seakan-akan memperpanjang, memperkuat atau anggota tubuh, pancaindra, dan otak manusia. Teknologi juga sebagai “keseluruhan metode yang secara rasional mengarah dan memiliki ciri efisiensi dalam setiap bidang kegiatan manusia”. Selain itu, definisi teknologi yaitu cara melakukan sesuatu untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan bantuan alat dan akal

sehingga seakan-akan memperpanjang, memperkuat, atau membuat lebih ampuh anggota tubuh, pancaindera, dan otak manusia. Anglin mendefinisikan teknologi sebagai penerapan ilmu-ilmu perilaku dan alam, serta pengetahuan lain secara bersistem dan ensistem untuk memecahkan masalah.

Seseorang menggunakan teknologi karena ia memiliki akal, sehingga dengan akalnya ia ingin keluar dari masalah, ingin hidup lebih baik, mudah, nyaman maupun aman. Perkembangan teknologi terjadi karena seseorang menggunakan akalnya untuk menyelesaikan setiap masalah yang dihadapinya. Pengertian teknologi secara umum adalah:

1. Proses yang meningkatkan nilai tambah
2. Produk yang digunakan dan dihasilkan untuk memudahkan dan meningkatkan kinerja
3. Struktur atau sistem di mana proses dan produk itu dikembangkan dan digunakan.

## **B. IPA sebagai Dasar Pengembangan Teknologi**

Ilmu dalam bidang IPA dan pemanfaatannya dapat kita bedakan dalam IPA dasar atau murni, IPA terapan, dan teknologi. IPA dasar, IPA terapan, dan teknologi mengkaji bahan pokok yang sama, yaitu alam. Perbedaan ketiganya terletak pada aspek yang dikajinya. Menurut Amor *et al.* (1988) ilmuwan IPA dasar mencoba untuk memahami bagaimana alam bekerja. Sedangkan ilmuwan IPA terapan mencoba mencari cara untuk mengendalikan cara alam bekerja. Ahli teknologi memanfaatkan penemuan IPA dasar dan IPA terapan untuk membuat alat guna mengendalikan cara alam bekerja. Menurut White & Frederiksen (2000), IPA dapat dipandang

sebagai proses untuk membentuk hukum, model, dan teori yang memungkinkan orang untuk memprediksi, menjelaskan, dan mengendalikan tingkah laku alam.

Konsep-konsep IPA dasar terbentuk dari keingintahuan mengenai sesuatu yang belum diketahui orang, keingintahuan itu menuntun ke arah mencari prinsip atau teori yang dapat diperoleh dari hasil pengkajian, yaitu melalui percobaan. Pengkajian ini merupakan pengkajian yang tidak bermaksud untuk mencari kondisi atau proses optimal yang diharapkan, melainkan hanya untuk memenuhi penjelasan dari objek (benda dan energi) dan peristiwa alam. Konsep-konsep IPA dasar merupakan konsep-konsep IPA mengenai kondisi, interaksi, dan peristiwa dari kondisi yang normal (biologi) atau ideal (fisika). Dalam konsep-konsep IPA dasar, seringkali ada variabel (parameter), yang dalam kenyataannya berpengaruh, tidak dimasukkan ke dalam konsep-konsepnya. Konsep-konsep itu sengaja disusun secara ideal atau normal agar berlaku umum, yang berarti dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. Keberlakuan umum konsep-konsep tersebut luas, sehingga berfungsi sebagai konsep-konsep dasar bagi IPA terapan dan teknologi. Para ilmuwan menempatkan IPA dasar sebagai ilmu dasar bagi ilmu-ilmu terapan dan teknologi.

Teknologi dapat dibentuk dari IPA, tetapi dapat juga terbentuk tanpa IPA. Teknologi tanpa IPA dapat diibaratkan sebagai mobil yang mesinnya hidup dan bergerak maju, tetapi tanpa sopir. Betapa berbahayanya mobil itu, karena dapat menabrak apa saja yang ada di depannya. Jika ada sopir di dalam mobil itu, sopir akan mengendalikan mobil sehingga

mobil itu aman dan bermanfaat bagi manusia. Sopir itulah IPA. Jadi, IPA ada dalam teknologi dan mengendalikan teknologi sehingga teknologi aman dan bermanfaat bagi manusia. Prinsip-prinsip dan teori-teori IPA dasar dan pengendalian alam dari IPA terapan digunakan dalam teknologi untuk menyusun objek-objek, membuat konstruksi di alam, dan membuat alat untuk mengendalikan cara alam bekerja.

Teknologi meliputi teknik menyusun objek, serta membuat konstruksi alam dan alat, sedangkan IPA mengenai properti (kondisi, kandungan, dan sifat objek), interaksi, dan perubahan objek. Konstruksi alam dan alat mengatur bentuk, ukuran ruang, ukuran objek, pergerakan, dan interaksi objek. Objek dengan properti dan interaksinya diatur oleh konstruksi atau alat sehingga menimbulkan peristiwa yang diharapkan oleh perancang teknologi. Dalam biologi, teknologi juga dapat diartikan sebagai teknik mengendalikan organisme dan sel-sel untuk menghasilkan sesuatu, misalnya mengendalikan jamur atau bakteri. Istilah *engineering* dalam bahasa Inggris menunjukkan teknologi. Contohnya *soil and water conservation engineering* dapat diterjemahkan dengan teknologi (teknik) konservasi tanah dan air. Dalam biologi, penggunaan istilah *engineering* dan *technology* berbeda. Membuat tipe disebut *biotechnology*, tetapi membuat alat pacu jantung untuk dipasang pada tubuh manusia disebut *bioengineering*.

Konsep teknologi menggunakan konsep IPA dasar dan terapan, contohnya adalah merancang cara untuk membuat tanah berpori-pori, agar tanah dapat menyimpan banyak air

kohesi, misalnya dengan membenamkan kompos atau bahan organik yang lain ke dalam tanah dengan menggunakan teknik dan perhitungan tertentu. Sains dan teknologi telah melekat erat ke dalam setiap gaya hidup dan kehidupan modern, bahkan begitu pentingnya bagi pelajar ataupun mahasiswa, dan menjadi tuntutan dalam kehidupan profesional kita, maka belajar sains dan mengembangkan keterampilan sains dan teknologi pada saat ini adalah sangat penting dan menjadi keniscayaan. Pengetahuan dan keterampilan ilmu sains dan teknologi memungkinkan kita dapat memasuki berbagai bidang profesi, namun demikian tanpa dibarengi dengan pengembangan kreativitas pribadi maka keterampilan itu sendiri menjadi tidak berarti dan tidak menjamin dengan sendirinya masa depan yang cerah atau adanya pengembangan karier pribadi yang pasti.

### **C. Peran Teknologi Terhadap Kelangsungan Hidup Manusia**

Sudah sejak zaman prasejarah manusia ada di bumi. Ilmu pengetahuan (ilmu pengetahuan alam) dan teknologi merupakan faktor-faktor penting dalam pembentukan masyarakat dan kebudayaan. Penggunaan teknologi modern telah dapat mempercepat laju pembangunan, baik pembangunan dalam bidang ekonomi, kesehatan, transportasi dan komunikasi, maupun kemakmuran masyarakat.

#### **1. Bidang Industri**

Kemajuan teknologi telah menciptakan mesin-mesin modern yang dapat mempermudah produksi sehingga dapat

menaikkan kuantitas suatu produksi. Misalnya, penggunaan teknologi yang maju untuk pengolahan minyak kelapa sawit akan dapat memperoleh hasil yang lebih banyak dibandingkan dengan cara tradisional. Di samping itu, kemajuan teknologi juga dapat menaikkan kualitas atau mutu produksi. Misalnya, pengolahan minyak bumi, yang semula kita mengenal bensin, sekarang kita mengenal premium, di mana pertalite dikatakan lebih baik daripada premium karena mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi sehingga tidak mudah atau cepat merusak alat atau mesin yang menggunakan bahan bakar tersebut.

## **2. Bidang Kesehatan**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat meningkatkan ilmu dan fasilitas di bidang kedokteran sehingga berbagai masalah di bidang kedokteran dapat dipecahkan. Misalnya, dengan bantuan mesin sinar X dokter dapat mendiagnosa penyakit apa yang diderita oleh pasiennya sehingga dokter dapat memberikan obat yang sesuai. Selain itu, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi juga telah meningkatkan kemajuan obat-obatan dan mempermudah pemberantasan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri, cacing, jamur, dan virus.

## **3. Bidang Transportasi dan Komunikasi**

Perkembangan teknologi telah dapat mengubah sistem transportasi dan komunikasi dalam kehidupan manusia. Banyak kemudahan yang bisa dinikmati, bahkan seakan-akan menyebabkan dunia menjadi lebih sempit atau menjadi semakin kecil. Perkembangan teknologi orang dapat membuat sarana dan prasarana transportasi yang lebih canggih, misalnya,

sepeda motor, mobil, kereta api, pesawat dan sebagainya. Demikian pula dalam bidang komunikasi perkembangan teknologi telah menghasilkan alat-alat komunikasi yang semakin canggih dan mempermudah komunikasi manusia. misalnya, radio, televisi, handphone, internet dan sebagainya.

#### **4. Sumber Daya Energi**

Perkembangan teknologi yang semakin cepat menimbulkan adanya krisis energi dunia, hal ini menjadi bukti betapa pentingnya alternatif energi bagi manusia di belahan dunia mana pun. Di samping itu, eksploitasi terhadap energi yang berasal dari fosil memiliki dampak langsung kepada lingkungan hidup. Setidaknya ada dua alasan mendasar mengapa manusia perlu mencari energi alternatif masa depan. Pertama, persediaan energi dari fosil sangat terbatas dan tidak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis. Kedua, permintaan kebutuhan energi yang terus meningkat pesat. Khususnya masalah energi listrik dan krisis minyak bumi yang saat ini telah kita rasakan.

Krisis listrik dan minyak bumi ini akan terus berlanjut sebelum sumber mata akar masalahnya ditangani. PLN tidak mungkin mengandalkan PLTA terus menerus karena sumber air pemutar turbin pada musim kemarau mengalami defisit. Minyak bumi yang merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui suatu saat akan habis. Akhirnya, kita harus membuka mata bahwaantisipasi kebutuhan energi listrik saat ini dan dimasa mendatang adalah mengembangkan energi alternatif atau diversifikasi energi.

a. Energi Matahari

Matahari merupakan sumber energi yang tak habis-habis. Sebenarnya kita hidup dunia ini hampir sepenuhnya berkat energi matahari, karena apa yang kita makan itu sebenarnya adalah energi matahari yang tersimpan dalam tumbuhan atau hewan. Sebenarnya kita semua sudah menggunakan energi matahari, namun penggunaannya belum efisien. Salah satu teknik mengubah energi cahaya menjadi energi listrik ini dapat menggunakan “sel surya”. Sel surya adalah perangkat semikonduktor yang dengan hadirnya cahaya matahari mampu menghasilkan energi listrik.

b. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi disebut juga energi geothermal. Sumber energi tersebut berasal dari pemanasan batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang dikan tersimpan di dalam kerak bumi. Untuk pemanfaatannya, perlu dilakukan kegiatan penambangan berupa eksplorasi dan eksploitasi guna mentransfer energi panas tersebut ke permukaan dalam wujud uap panas, air panas, atau campuran uap dan air, serta unsur-unsur lain yang dikandung panas bumi. Uap air panas tersebut dapat menghasilkan listrik. Teknik yang digunakan ialah uap air panas yang menyembur keluar digunakan untuk memutar turbin uap. Turbin ini dikaitkan dengan generator pembangkit listrik. Dengan begitu kita akan memperoleh energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan.



c. Energi Angin

Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan ke dalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

d. Energi Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri pengurai melalui proses pembusukan atau penguraian dari sisa-sisa jasad hidup, misalnya sampah pertanian. Gas yang dihasilkan dari penguraian tersebut sebagian besar adalah metan yang sangat mudah terbakar. Untuk menghasilkan gas dari sisa-sisa jasad hidup ini diperlukan suatu alat. Ada dua tipe alat pembangkit biogas yang sudah dikembangkan oleh negara Cina dan India, yaitu tipe terapung (*floating type*) dan tipe kubah tetap (*fixed dome type*). Tipe terapung dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang ketat udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Tahun 1980 sebanyak tujuh juta unit alat ini telah dibangun

terdiri dua macam tipe ukuran kecil untuk rumah tangga dengan volume 6-10 m<sup>3</sup> dan tipe besar 60-180 m<sup>3</sup> untuk kelompok.

e. Energi Biomassa

Biomassa adalah segala jasad hidup yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi bila dibakar, yaitu berupa sampah-sampah organik sisa produksi pertanian. Penggunaan biomassa untuk menghasilkan panas secara sederhana sebenarnya telah dilakukan oleh nenek moyang kita beberapa abad yang lalu. Penerapannya masih sangat sederhana, biomassa langsung dibakar dan menghasilkan panas. Di zaman modern sekarang ini panas hasil pembakaran dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator.

f. Energi Zat Radioaktif

Zat radioaktif ialah suatu zat yang dapat memancarkan sinar berdaya tembus tinggi. Radiasi yang dipancarkan zat radioaktif dapat dibedakan atas tiga jenis berdasarkan muatannya. Radiasi yang bermuatan positif dinamai sinar alfa ( $\alpha$ ), dan yang bermuatan negatif diberi nama sinar beta ( $\beta$ ). Jenis sinar yang ketiga yang tidak bermuatan listrik diberi nama sinar gamma ( $\gamma$ ). Sinar gamma inilah yang sangat berbahaya karena dapat menembus apa saja yang menghalanginya. Sinar gamma ini dapat mengubah susunan gen atau kromosom dalam inti sel yang dapat menimbulkan kematian dan cacat. Namun, sinar ini juga dapat membuat tumbuhan menjadi berbuah lebat. Manusia biasanya memanfaatkan sinar ini untuk pertanian

dan peternakan. Tujuh penggunaan zat radioaktif ini di antaranya:

1) Bidang Kedokteran

Di bidang kedokteran zat radioaktif dapat digunakan untuk mendeteksi (diagnosa) penyakit, misalnya kerusakan jantung, hati, paru-paru, tumor otak, kerusakan pembuluh darah, dan sebagainya. Selain itu, zat radioaktif juga dapat digunakan untuk sterilisasi. Radiasi dalam dosis tertentu dapat mematikan mikroorganisme sehingga dapat digunakan untuk sterilisasi alat-alat kedokteran. Zat radioaktif juga dapat digunakan untuk terapi tumor atau kanker. Sebenarnya, baik sel normal maupun sel kanker dapat dirusak oleh radiasi, tetapi sel kanker ternyata lebih sensitif (lebih mudah rusak), sel kanker atau tumor dapat dimatikan dengan mengarahkan radiasi secara tepat pada sel-sel kanker tersebut.

2) Bidang Hidrologi

Dalam bidang hidrologi, radiasi dapat digunakan untuk mempelajari kecepatan aliran sungai, dan menyelidiki kebocoran pipa air bawah tanah.

3) Bidang Pertanian

Dalam bidang pertanian zat radioaktif ini biasanya digunakan untuk memberantas hama dengan teknik jantan mandul. Di laboratorium hama dibiakkan dalam jumlah yang cukup banyak. Hama tersebut lalu diradiasi sehingga serangga jantan menjadi mandul. Setelah itu hama dilepas di daerah yang terserang hama. Diharapkan akan terjadi perkawinan antara

hama setempat dengan jantan mandul dilepas. Telur hasil perkawinan seperti itu tidak akan menetas. Dengan demikian reproduksi hama tersebut terganggu dan akan mengurangi populasi. Selain itu zat radioaktif juga dapat digunakan untuk pemuliaan tanaman hingga didapatkan tanaman yang unggul, ataupun penyimpanan bibit agar bisa disimpan lama.

#### 4) Bidang Industri

Dalam bidang industri, zat radioaktif dapat digunakan untuk pemeriksaan mesin tanpa merusak. Radiasi sinar gamma dapat digunakan untuk memeriksa cacat pada logam atau sambungan las, yaitu dengan meronsen bahan tersebut. Di samping itu, radiasi juga digunakan untuk mengawetkan bahan, seperti kayu, barang-barang seni, dan lain-lain. Radiasi juga dapat meningkatkan mutu tekstil karena mengubah struktur serat sehingga lebih kuat atau lebih baik mutu penyerapan warnanya. Berbagai jenis makanan juga dapat diawetkan dengan dosis yang aman sehingga dapat disimpan lebih lama.

Penggunaan radioaktif, zat ini juga memiliki potensi bahaya yang tidak kecil bagi kesehatan maupun keselamatan manusia. Penyakit-penyakit yang timbul akibat radiasi, misalnya kanker, leukimia, rusaknya jaringan otak, serta kerugian fisik lainnya, bahkan bisa menyebabkan kematian. Untuk itu, dalam menggunakan zat radioaktif harus benar-benar hati-hati. Misalnya kebocoran reaktor atom di Chernobyl (Rusia) yang beberapa tahun lalu.

## BAB XII

# ISU LINGKUNGAN

### A. Batasan Pengertian

Permasalahan lingkungan saat ini menjadi perhatian serius bagi dunia internasional. Munculnya permasalahan ini terkait dengan hubungan manusia dan lingkungannya yang bersifat eksploitasi secara berlebihan terhadap lingkungan. Kerusakan lingkungan dan degradasi/penurunan kualitas sumber daya alam menjadi dasar mengapa isu lingkungan hidup menjadi isu penting dalam permasalahan global. Degradasi lingkungan dikarenakan konsumsi manusia terhadap sumber daya alam yang berlebihan serta banyak aktivitas manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam yang mengakibatkan kerusakan lingkungan yang akhirnya menyebabkan adanya pemanasan global diikuti perubahan iklim atau *climate change*.

Isu lingkungan adalah topik hangat seputar kondisi lingkungan di bumi, terkait dengan gejala dan perubahan komposisi kadar dasar yang terjadi di alam sekitar. Isu lingkungan merupakan terjemahan dari *global issues*. Isu lingkungan muncul semakin sering dalam agenda internasional lebih dari tiga dekade terakhir. Oleh karena itu, isu lingkungan menjadi isu penting dalam studi hubungan internasional. Dengan jumlah populasi manusia semakin besar, aktivitas sosial dan ekonomi manusia untuk mengejar standar kehidupan

yang lebih baik telah mengancam lingkungan hidup. Masalah lingkungan hidup sebenarnya telah membuat negara-negara untuk melakukan kerja sama internasional. Isu lingkungan dapat menimbulkan konflik internasional atas sumber daya yang langka, seperti air dan, keterbatasan pangan.

Dalam bahasan ini isu lingkungan dapat dikategorikan menjadi 3 bagian, antara lain:

#### 1. Isu Lingkungan Lokal

Isu lingkungan lokal merupakan efek dari kegiatan yang ada di permukaan bumi, baik yang alami maupun akibat perbuatan manusia. Pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, energi, materi, atau komponen lain ke dalam suatu lingkungan yang menyebabkan ketidakstabilan atau organisme hidup. Berubahnya tatanan (komposisi) air, udara, dan tanah oleh kegiatan manusia atau proses alami. Kualitas udara, air, dan tanah menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan sifat dan peruntukannya, sedangkan menurut Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982 *“Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya”*. Isu lingkungan sebenarnya tidak terbatas kepada persoalan

pemanasan global yang mengancam kehidupan manusia, tapi juga isu kelestarian air, udara, tanah, tumbuhan, dan hewan yang menjadi korban kerusakan lingkungan kerap luput dari perhatian.

## 2. Isu Lingkungan Nasional

Isu lingkungan nasional merupakan permasalahan lingkungan yang akibatnya dapat dirasakan cukup luas. Permasalahan lingkungan yang merupakan isu lingkungan nasional dapat berasal dari kegiatan manusia atau dapat juga berasal dari aktivitas alam. Permasalahan lingkungan nasional juga bukan merupakan aktivitas langsung dari manusia atau alam yang mengakibatkan gangguan kepada alam dan manusia, tetapi dampak dari aktivitas tersebut yang akan mempengaruhi alam dan manusia. Untuk subbab ini kita akan membahas 2 pengaruh dari kegiatan manusia dan alam yang dapat di kategorikan sebagai isu lingkungan nasional yaitu hujan asam dan tsunami.

## 3. Isu Lingkungan Global

Isu lingkungan global merupakan permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia dan alam yang dapat mempengaruhi lingkungan secara keseluruhan. Permasalahan lingkungan yang akan dibahas ini merupakan suatu hal yang dewasa ini menjadi topik hangat dalam permasalahan lingkungan dan menjadi perhatian di seluruh dunia.

### **B. Perubahan Iklim Global (Pemanasan Global)**

Perubahan iklim merupakan transformasi iklim yang ditandai dengan perubahan iklim planet dari keadaan normal

(khususnya mengenai suhu, curah hujan, dan angin) jangka panjang dan pola cuaca khas di sebuah tempat yang terutama disebabkan oleh aktivitas manusia.

Perubahan iklim dikatakan sebagai perubahan yang signifikan dari sifat statistik sistem iklim (rata-rata dan variabilitasnya) yang bertahan selama beberapa dekade atau lebih lama—biasanya setidaknya 30 tahun. Perubahan iklim mungkin disebabkan oleh proses alami, seperti perubahan radiasi Matahari, gunung berapi atau variabilitas internal dalam sistem iklim, atau karena pengaruh manusia seperti perubahan komposisi atmosfer atau penggunaan lahan.

Modifikasi berkala iklim Bumi yang terjadi sebagai akibat dari perubahan atmosfer serta interaksi antara atmosfer dan faktor geologis, kimia, biologis, dan geografis lainnya dalam sistem Bumi. Perubahan iklim bisa merujuk pada lokasi tertentu atau planet secara keseluruhan. Perubahan iklim dapat menyebabkan pola cuaca menjadi kurang dapat diprediksi, dan perubahan terkait terjadi dari skala waktu puluhan tahun atau lebih. Pola cuaca yang tidak terduga ini dapat menyulitkan untuk mempe wilayah yang mengandalkan pertanian karena kondisi musim terutama tingkat curah hujan tidak bisa lagi diandalkan.

Penyebab perubahan iklim saat ini sebagian besar adalah aktivitas manusia, seperti membakar bahan bakar fosil (gas alam, minyak, dan batu bara), yang melepaskan apa yang disebut gas rumah kaca ke atmosfer. Gas-gas ini menjebak panas dari sinar matahari di dalam atmosfer menyebabkan suhu rata-rata Bumi naik. Kenaikan suhu planet ini disebut



pemanasan global. Pemanasan planet ini berdampak pada iklim lokal dan regional. Revolusi Industri di abad ke-19 menyaksikan penggunaan bahan bakar fosil dalam skala besar untuk kegiatan industri. Industri ini menciptakan lapangan kerja dan selama bertahun-tahun, orang pindah dari daerah pedesaan ke kota. Kecenderungan ini berlanjut bahkan sampai hari ini. Semakin banyak lahan yang ditumbuhi vegetasi telah dibuka untuk dijadikan rumah. Sumber daya alam digunakan secara luas untuk konstruksi, industri, transportasi, dan konsumsi. Konsumerisme (keinginan kita yang semakin meningkat akan hal-hal materi) telah meningkat pesat, menciptakan tumpukan sampah. Selain itu, populasi kita telah meningkat dengan sangat pesat.

Semua ini berkontribusi pada peningkatan gas rumah kaca di atmosfer. Bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara dan gas alam memasok sebagian besar energi yang dibutuhkan untuk menjalankan kendaraan, menghasilkan listrik untuk industri, rumah tangga, dll. Sektor energi bertanggung jawab atas sekitar  $\frac{3}{4}$  emisi karbon dioksida,  $\frac{1}{5}$  emisi metana dan sejumlah besar nitrous oxide. Ia juga menghasilkan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan karbon monoksida (CO) yang bukan merupakan gas rumah kaca, tetapi memiliki pengaruh pada siklus kimiawi di atmosfer yang menghasilkan atau menghancurkan gas rumah kaca.

## **1. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global**

Perubahan iklim global (*climate change*) lebih sering dikenal sebagai pemanasan global (*global warming*) adalah suatu proses peningkatan suhu rata-rata di Bumi, baik itu pada

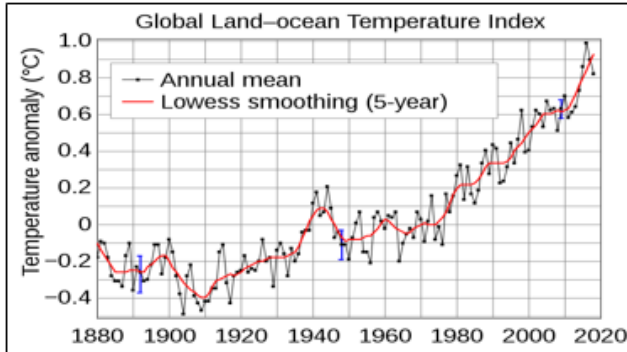
lapisan atmosfer, daratan, dan lautan. Menurut US Geological Survey, pemanasan global hanyalah salah satu aspek dari perubahan iklim. Istilah ini diambil berdasarkan fakta bahwa temperatur rata-rata planet Bumi telah meningkat sekitar 0,74 °C selama seratus tahun terakhir. Pengukuran ini telah dilakukan oleh para ilmuwan di berbagai titik di dunia dan menunjukkan pola yang sama, yaitu terjadinya peningkatan temperatur. Oleh karena itu, disebut sebagai pemanasan global. Penyebab *global warming* yang paling utama sesuai yang dikemukakan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change atau IPCC adalah karena meningkatnya kadar gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia. Gas-gas rumah kaca ini membuat efek rumah kaca terjadi pada atmosfer Bumi. Panas yang diterima oleh Bumi dari sinar matahari seharusnya dapat dipantulkan kembali oleh permukaan Bumi ke ruang angkasa.

Dalam skala global, pola vegetasi dan iklim berkorelasi erat. Vegetasi menyerap CO<sub>2</sub> dan ini dapat menahan beberapa efek pemanasan global. Di sisi lain, penggurunan memperkuat pemanasan global melalui pelepasan CO<sub>2</sub> yang terkait dengan penurunan tutupan vegetasi. Penurunan tutupan vegetasi ini, melalui deforestasi misalnya, cenderung meningkatkan albedo lokal, menyebabkan pendinginan permukaan. Albedo mengacu pada seberapa banyak cahaya yang dipantulkan permukaan daripada menyerap. Umumnya, permukaan gelap memiliki albedo rendah dan permukaan terang memiliki albedo tinggi. Es dengan salju memiliki albedo yang tinggi dan memantulkan sekitar 90% radiasi matahari yang masuk. Tanah yang tertutup vegetasi berwarna gelap kemungkinan besar

memiliki albedo rendah dan akan menyerap sebagian besar radiasi. Proses alami juga dapat berkontribusi pada perubahan iklim, termasuk variabilitas internal (misalnya, pola laut siklonik seperti El Niño, La Niña dan Osilasi Pasifik-*(Pasific Decadal Oscillation)* dan energi eksternal alami (misalnya, aktivitas vulkanik, perubahan output energi Matahari, variasi orbit Bumi).

Pemanasan global merupakan peningkatan lambat dalam suhu rata-rata atmosfer Bumi karena peningkatan jumlah energi (panas) yang masuk ke Bumi dari matahari sedang terperangkap di atmosfer dan tidak terpancar ke luar angkasa. Ini menyebabkan IPCC meninjau data awal mereka tentang pemanasan global, tetapi ini tidak membuat mereka mempertimbangkan kembali apakah kecenderungan itu benar-benar ada. Tahun terpanas dalam catatan semuanya terjadi sejak 1990, dengan tahun 1998 secara global merupakan tahun terpanas dalam catatan.

Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat  $0.74 \pm 0.18$  °C ( $1.33 \pm 0.32$  °F) selama seratus tahun terakhir. Mungkin terlihat kecil, namun dampak pemanasan global tersebut sangat besar bagi kehidupan di Bumi. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menyimpulkan bahwa, “sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia” melalui efek rumah kaca.



## 2. Penyebab Pemanasan Global

### a. Efek Rumah Kaca

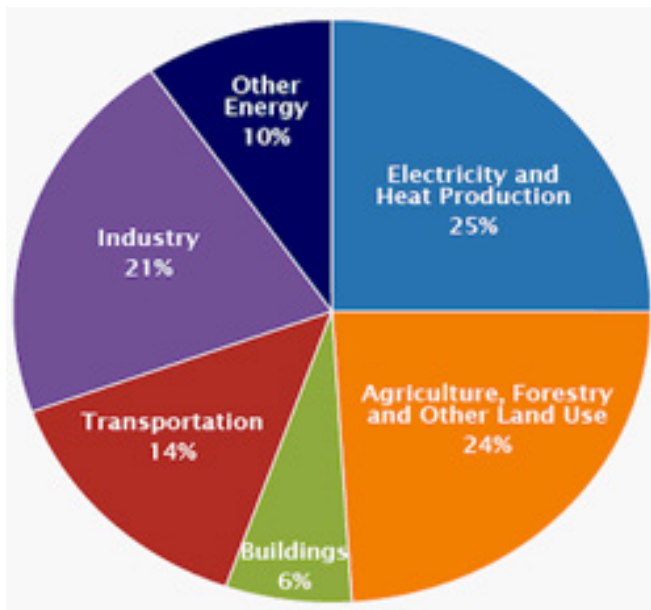
Segala sumber energi yang terdapat di Bumi berasal dari matahari. Sebagian besar energi tersebut berbentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi ini tiba permukaan Bumi, berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan Bumi. Permukaan Bumi, akan menyerap sebagian panas dan memantulkan kembali sisanya. Namun, sebagian panas tetap terperangkap di atmosfer Bumi akibat menumpuknya jumlah gas rumah kaca antara lain uap air, karbon dioksida, sulfur dioksida dan metana yang menjadi perangkap gelombang radiasi ini. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan Bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan Bumi. Keadaan ini terjadi terus menerus sehingga mengakibatkan suhu rata-rata tahunan Bumi terus meningkat.



Dengan semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas ini di atmosfer, semakin banyak panas yang terperangkap di bawahnya. Efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di Bumi, karena tanpanya, planet ini akan menjadi sangat dingin. Dengan suhu rata-rata sebesar  $15^{\circ}\text{C}$  ( $59^{\circ}\text{F}$ ), Bumi sebenarnya telah lebih panas  $33^{\circ}\text{C}$  ( $59^{\circ}\text{F}$ ) dari suhunya semula, jika tidak ada efek rumah kaca suhu Bumi hanya  $-18^{\circ}\text{C}$  sehingga es akan menutupi seluruh permukaan Bumi. Akan tetapi sebaliknya, apabila gas-gas tersebut telah berlebihan di atmosfer, akan mengakibatkan pemanasan global.

Pemanasan global adalah fenomena perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan umum suhu rata-rata Bumi, yang memodifikasi keseimbangan cuaca dan ekosistem

untuk waktu yang lama. Penyebab pemanasan global secara langsung berkaitan dengan efek rumah kaca. Jika gas-gas rumah kaca makin meningkat jumlahnya di atmosfer, maka efek pemanasan global akan semakin signifikan. Sejak revolusi industri, gas-gas rumah kaca seperti karbon dioksida, metana, dan gas berbahaya lainnya menjadi semakin bertambah di atmosfer sehingga konsentrasinya makin meningkat akibat ulah manusia.



Berikut ini dijabarkan secara lebih detail mengenai penyebab-penyebab langsung maupun tidak langsung yang mengakibatkan pemanasan global.

- Bertambahnya gas-gas rumah kaca di atmosfer yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca secara global; setiap penyebab bertambahnya efek rumah kaca juga

berkontribusi langsung terhadap pemanasan global seperti:

- Energi; karena hampir sebagian besar pembangkit listrik di dunia menggunakan minyak bumi dan batu bara, maka tentu saja aspek ini berpengaruh sangat besar terhadap pemanasan global karena permintaan listrik sangatlah tinggi dan makin meninggi setiap tahun yang pada saat ini, kontribusi terhadap pemanasan global sekitar seperempatnya.
- Pertanian, perternakan. Pertanian yang berskala besar dan sudah disebut dengan industri, biasanya akan menggunakan pupuk dalam jumlah yang banyak. Pupuk yang terpakai itu akan melepaskan gas *nitrous oxide* ke atmosfer yang kemudian menjadi gas rumah kaca. Karena di sana banyak menghasilkan gas karbondioksida dan gas methana yang sangat besar ke atmosfer. Gas ini dihasilkan dari limbah peternakan (sapi), yang merupakan produksi dari bakteri pengurai dari perut sapi.
- Transportasi; karena hampir seluruh sistem transportasi menggunakan bahan bakar fosil, maka semakin banyak orang yang memakai kendaraan pribadi akan berdampak pada peningkatan gas karbon dioksida di atmosfer yang saat ini berkontribusi sebesar 20% terhadap pemanasan global.
- Pencemaran laut; lautan dapat menyerap karbon dioksida dalam jumlah yang besar, akan tetapi akibat pencemaran laut oleh limbah industri dan sampah, laut menjadi tercemar sehingga banyak ekosistem di dalamnya yang

musnah, yang menyebabkan laut tidak dapat menyerap karbon dioksida lagi.

- Penebangan dan pembakaran hutan; penebangan dan pembakaran hutan sangat berdampak buruk karena hutan dapat menyerap karbon dioksida di atmosfer.
- Mencairnya es di kutub; permukaan es berwarna putih dapat memantulkan lebih dari 60% sinar matahari, tetapi jika semakin banyak es yang mencair, maka sinar matahari tidak dipantulkan seperti sebelumnya karena lautan hanya dapat memantulkan sinar matahari sepersepuluhnya saja.

#### **b. Efek Umpan Balik**

Mungkin topik yang paling intensif dibahas dan diteliti dalam variabilitas iklim adalah peran interaksi dan umpan balik (*feedback*) di antara berbagai komponen sistem Bumi. Sebuah proses disebut umpan balik ketika hasil proses mempengaruhi sistem asalnya sehingga mengintensifkan (umpan balik positif) atau mengurangi (umpan balik negatif) efek naturalnya. Contoh penting dari umpan balik adalah umpan balik uap air di mana jumlah uap air di atmosfer meningkat saat Bumi menghangat. Peningkatan ini pada gilirannya dapat memperkuat pemanasan atmosfer karena uap air merupakan gas rumah kaca yang kuat. Umpan balik negatif yang kuat dan sangat mendasar adalah redaman radiatif: peningkatan suhu sangat meningkatkan jumlah radiasi inframerah yang dipancarkan.

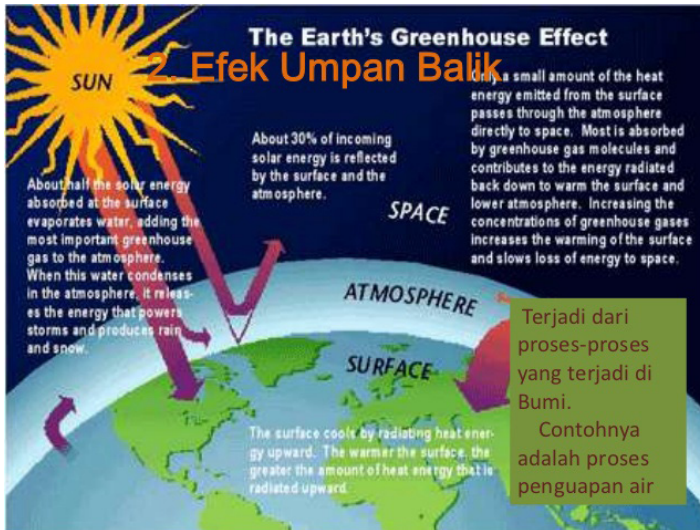
Umpan balik melibatkan komponen berbeda yang beroperasi dengan nilai dan skala waktu yang berbeda. Perbedaan dibuat antara umpan balik fisik yang melibatkan proses iklim fisik (tunggal), dan umpan balik biogeokimia



sering melibatkan proses biologi, geologi, dan kimia yang digabungkan. Contoh umpan balik fisik adalah interaksi yang rumit antara awan dan neraca radiasi. Contoh penting dari umpan balik biogeokimia adalah interaksi antara konsentrasi  $\text{CO}_2$  atmosfer dan serapan karbon oleh permukaan tanah dan lautan. Pemahaman umpan balik ini penting untuk memahami siklus karbon.

Lapisan es, es laut, vegetasi terestrial, suhu laut, tingkat pemanasan, sirkulasi laut, dan konsentrasi gas rumah kaca semuanya dipengaruhi baik secara langsung maupun tidak langsung oleh atmosfer. Namun, mereka juga semua memberi umpan balik ke atmosfer, sehingga mempengaruhinya dengan cara-cara penting. Unsur penyebab pemanasan global juga dipengaruhi oleh berbagai proses balik yang dihasilkannya, contoh pada penguapan air.

Pada kasus pemanasan akibat bertambahnya gas-gas rumah kaca seperti  $\text{CO}_2$ , pemanasan pada awalnya akan menyebabkan lebih banyaknya air yang menguap ke atmosfer. Karena uap air merupakan gas rumah kaca, pemanasan akan terus berlanjut dan menambah jumlah uap air di udara sampai tercapainya suatu kesetimbangan konsentrasi uap air. Efek rumah kaca yang dihasilkannya lebih besar bila dibandingkan oleh akibat gas  $\text{CO}_2$ . Walaupun umpan balik ini meningkatkan kandungan air absolut di udara, kelembapan relatif udara hampir konstan atau bahkan agak menurun karena udara menjadi menghangat. Umpan balik ini hanya berdampak secara perlahan-lahan karena  $\text{CO}_2$  bertahan dalam jangka panjang di atmosfer.



### Efek Umpan Balik (*Feedback Effect*)

Efek umpan balik karena pengaruh awan sedang menjadi objek penelitian saat ini. Bila dilihat dari bawah, awan akan memantulkan kembali radiasi inframerah ke permukaan, sehingga akan meningkatkan efek pemanasan. Sebaliknya bila dilihat dari atas, awan tersebut akan memantulkan sinar matahari dan radiasi infra merah ke angkasa, sehingga meningkatkan efek pendinginan. Apakah efek netto-nya menghasilkan pemanasan atau pendinginan tergantung pada beberapa detail-detail tertentu seperti tipe dan ketinggian awan tersebut. Detail-detail ini sulit direpresentasikan dalam model iklim, antara lain karena awan sangat kecil bila dibandingkan dengan jarak antara batas-batas komputasional dalam model iklim (sekitar 125 hingga 500 km untuk model yang digunakan dalam Laporan Pandangan IPCC ke Empat). Walaupun

demikian, umpan balik awan berada pada peringkat dua bila dibandingkan dengan umpan balik uap air dan dianggap positif (menambah pemanasan) dalam semua model yang digunakan dalam Laporan IPCC.

Umpan balik penting lainnya adalah hilangnya kemampuan memantulkan cahaya (albedo) oleh es. Ketika suhu global meningkat, es yang berada di dekat kutub mencair dengan kecepatan yang terus meningkat. Bersamaan dengan melelehnya es tersebut, daratan atau air di bawahnya akan terbuka. Baik daratan maupun air memiliki kemampuan memantulkan cahaya lebih sedikit bila dibandingkan dengan es, dan akibatnya akan menyerap lebih banyak radiasi matahari. Hal ini akan menambah pemanasan dan menimbulkan lebih banyak lagi es yang mencair, menjadi suatu siklus yang berkelanjutan.

Umpan balik positif akibat terlepasnya  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  dari proses melunaknya tanah beku (*permafrost*) adalah mekanisme lainnya yang berkontribusi terhadap pemanasan. Selain itu, es yang meleleh juga akan melepas  $\text{CH}_4$  yang juga menimbulkan umpan balik positif. Kemampuan lautan untuk menyerap karbon juga akan berkurang bila ia menghangat, hal ini diakibatkan oleh menurunnya tingkat nutrisi pada zona mesopelagic sehingga membatasi pertumbuhan diatom fitoplankton yang merupakan penyerap karbon yang rendah.

### **C. El-Nino dan La-Nina**

Fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) atau populer disebut El Nino dan *Indian Ocean Dipole Mode* (IODM) merupakan bukti lain peran penting laut dalam

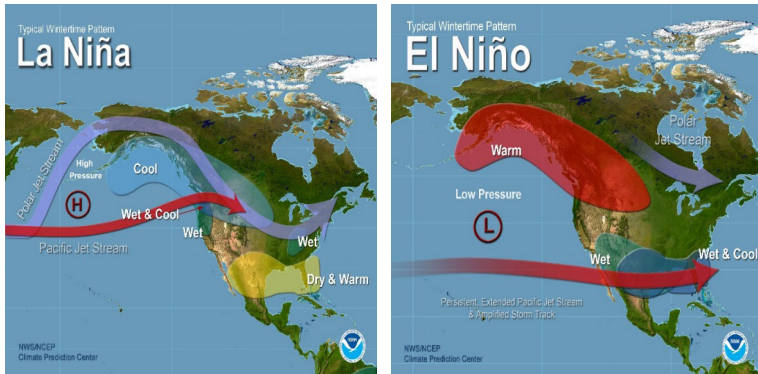
mempengaruhi iklim dunia. IODM merupakan anomali iklim di Samudera Hindia sekitar ekuator yang ditandai perbedaan tajam suhu permukaan laut antara timur dan barat Samudera Hindia. El Nino merupakan fenomena antartahunan (siklus kejadiannya antara 3-7 tahun) sebagai hasil interaksi laut-atmosfer di Samudera Pasifik sekitar ekuator. Secara umum anomali ini terjadi akibat perubahan tekanan udara antara bagian timur dan barat Samudera Pasifik. Pada kondisi normal angin pasat dan massa air permukaan yang hangat bergerak ke arah barat dan banyak turun hujan di sisi barat Samudera Pasifik, seperti di Indonesia dan sebagian Australia. Sebaliknya, pada periode El Nino angin dan massa air permukaan berbalik arah dan terjadi musim kering yang berkepanjangan di sisi barat Samudera Pasifik karena hujan bergeser ke tengah atau timur Samudera Pasifik.

Peristiwa El Niño dan La Niña adalah bagian alami dari sistem iklim global. Mereka terjadi ketika Samudra Pasifik dan atmosfer di atasnya berubah dari keadaan netral ('normal') mereka selama beberapa musim. Pada kondisi "netral" atau kondisi normal), angin pasat bertiup ke arah barat melintasi Pasifik, menumpuk air permukaan hangat sehingga permukaan laut Indonesia sekitar 50 cm lebih tinggi daripada yang ada di Ekuador. Air laut yang sejuk dan kaya nutrisi "sumur" di lepas pantai Amerika Selatan, mendukung ekosistem laut dan perikanan. Suhu laut yang relatif dingin juga meluas di sepanjang garis khatulistiwa dari Amerika Selatan menuju Pasifik tengah. Curah hujan tinggi terjadi di udara yang naik

di atas air terpanas di barat, sedangkan Pasifik timur yang lebih dingin relatif kering.

El Niño dan La Niña merupakan fase ekstrim dari siklus iklim yang terjadi secara alami yang disebut sebagai El Niño/Osilasi Selatan. Kedua istilah ini mengacu pada perubahan skala besar dalam suhu permukaan laut di Pasifik tropis timur. Biasanya, pembacaan permukaan laut di lepas pantai barat Amerika Selatan berkisar dari 60-an hingga 70-an °F, sementara mereka melebihi 80°F di “kolam hangat” yang terletak di Pasifik tengah dan barat. Kolam hangat ini mengembang untuk menutupi daerah tropis selama El Niño, tetapi selama La Niña, angin pasat timur memperkuat dan cenderung semakin dingin di sepanjang khatulistiwa dan pantai Barat Amerika Selatan. Suhu permukaan laut di sepanjang khatulistiwa dapat turun sebanyak 7°F di bawah normal.

Peristiwa El Niño dikaitkan dengan pemanasan wilayah Pasifik Tropis tengah dan timur, sementara fenomena La Niña merupakan kebalikannya, dengan pendinginan berkelanjutan dari area yang sama ini. El Niño dan La Niña dihasilkan dari interaksi antara permukaan laut dan atmosfer di Pasifik tropis. Perubahan di laut berdampak pada atmosfer dan pola iklim di seluruh dunia. Pada gilirannya, perubahan atmosfer berdampak pada suhu dan arus laut. Sistem ber-osilasi antara kondisi hangat (El Niño) ke netral atau dingin (La Niña) rata-rata setiap 3-4 tahun.



Baik El Niño dan La Niña mempengaruhi pola curah hujan, tekanan atmosfer, dan sirkulasi atmosfer global. Sirkulasi atmosfer adalah pergerakan udara skala besar yang, bersama dengan arus laut, mendistribusikan energi termal di permukaan bumi. Perubahan ini adalah sumber utama variabilitas dalam iklim untuk banyak daerah di seluruh dunia. Sirkulasi Walker pun juga bergeser seiring dengan perubahan ini. Antara El Niño dan La Niña terdapat fase yang dinamakan Neutral Phase atau sirkulasi Walker (*Walker Circulation*). Fase ini dimulai dengan adanya air laut dalam bersuhu rendah di wilayah pantai Amerika Selatan, dekat Ekuador, dan Perairan Peru yang kemudian naik ke permukaan laut (*upwelling*). Angin pasat timur dan air laut di bawahnya bergerak dari arah timur ke bagian barat ekuator Samudera Pasifik. Pergerakan ini diakibatkan adanya perbedaan tekanan udara permukaan. Air laut tersebut kemudian mengalami penguapan dan meningkatkan kelembaban udara sehingga menyebabkan bagian barat Samudera Pasifik, Indonesia, dan Australia Utara

berpotensi memunculkan awan-awan dan hujan di wilayah tersebut.

## **D. Pencemaran Lingkungan**

### **1. Pengertian**

Pencemaran lingkungan adalah perubahan besar pada kondisi lingkungan akibat adanya perkembangan ekonomi dan teknologi. Perubahan kondisi tersebut melebihi batas ambang dari toleransi ekosistem sehingga meningkatkan jumlah polutan di lingkungan. Pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/ atau komponen lain ke dalam air, atau udara. Pencemaran juga bisa berarti berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/ udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi.

Pencemaran terhadap lingkungan dapat terjadi di mana saja dengan laju yang sangat cepat, dan beban pencemaran yang semakin berat akibat limbah industri dari berbagai bahan kimia termasuk logam berat. Pencemaran lingkungan terjadi bila daur materi dalam lingkungan hidup mengalami perubahan sehingga keseimbangan dalam hal struktur maupun fungsinya terganggu. Ketidakseimbangan struktur dan fungsi daur materi terjadi karena proses alam atau juga karena perbuatan manusia. Pembangunan dapat memberikan dampak yang sangat besar dalam perubahan lingkungan yang disebabkan oleh tercemarnya lingkungan oleh sampah dan limbah pembangunan dan teknologi tersebut. Sisa buangan atau limbah industri dapat berupa gas atau debu, cairan, dan padatan. Sisa buangan cair yang dikeluarkan oleh proses-

proses industri sering disebut air limbah industri. Limbah cair ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yaitu apabila limbah atau bahan ini tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup dan mengalami akumulasi dalam komponen lingkungan maka akan menimbulkan gangguan kesehatan.

Ada dua jenis bahan dalam pencemaran:

- *Degradable*, yaitu polutan yang dapat diuraikan kembali atau dapat diturunkan sifat bahayanya ke tingkat yang dapat diterima oleh proses alam. Contohnya adalah kotoran manusia atau hewan dan limbah tumbuhan.
- *Non-Degradable*, yaitu polutan yang tidak dapat diuraikan oleh kemampuan proses alam itu sendiri. Contohnya merkuri, timah hitam, arsenik, dan lain-lain.

## **2. Dampak Pencemaran Lingkungan**

### **a. Mengganggu Keseimbangan Lingkungan**

Pencemaran lingkungan yang terjadi tanpa disadari akan menimbulkan ketidakseimbangan lingkungan atau ekosistem yang ada. Sebab pencemaran akan merusak keadaan yang mulanya baik menjadi tidak baik. Ketika terjadi pencemaran akan banyak yang terganggu, bukan hanya manusia, tetapi hewan dan juga tumbuhan. Pencemaran lingkungan bisa terjadi di mana saja salah satunya sungai. Kondisi sungai yang tercemar akibat limbah dan sampah dapat menyebabkan banyaknya sampah-sampah yang menumpuk di bantaran sungai dan airnya yang berwarna keruh serta berbau amis. Limbah dan sampah berpotensi besar dalam pencemaran lingkungan karena menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan hidup serta merusak ekosistem alamnya. Dampak negatif dari



menurunnya kualitas lingkungan hidup, baik karena terjadinya pencemaran atau rusaknya sumber daya alam adalah timbulnya ancaman atau dampak negatif terhadap kesehatan, menurunnya nilai estetika, kerugian ekonomi (*economic cost*) dan terganggunya sistem alami (*natural system*). Dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat akan dirasakan dalam kurun waktu jangka panjang. Dengan tercemarnya lingkungan hidup oleh limbah dan sampah nilai estetika dari lingkungan tersebut akan menurun, lingkungan yang tercemar tersebut akan terlihat kumuh dan tidak dapat digunakan untuk kepentingan sehari-hari. Tercemarnya lingkungan juga akan mengganggu sistem alami dari lingkungan tersebut.

#### **b. Menyebabkan Terjadinya Lubang Ozon**

Pencemaran lingkungan akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan tersebut. Salah satunya berupa menipisnya lubang ozon. Ketika lubang ozon sudah semakin menipis, maka hal ini lama kelamaan akan menjadi berlubang. Kita semua mengetahui bahwasanya lapisan ozon sangat membantu untuk melindungi Bumi dari paparan sinar ultraviolet secara langsung. Apabila lapisan ozon ini berlubang maka otomatis hal ini akan menyebabkan sinar ultraviolet menyinari Bumi secara langsung. Sinar ultraviolet ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan berbagai macam penyakit, seperti kanker kulit, mematikan binatang- binatang laut, dan sebagainya. Penipisan lapisan ozon ini terjadi karena adanya penumpukan gas-gas rumah kaca yang terdiri dari gas-gas karbonmonoksida atau CO, karbondioksida atau CO<sub>2</sub>, dan lain sebagainya.

### **c. Punahnya Berbagai Spesies Flora dan Fauna**

Pencemaran lingkungan sangat berpengaruh terhadap flora dan fauna. Ketika polutan sudah masuk ke dalam lingkungan hidup, maka akan mematikan beberapa jenis flora dan fauna yang telah hidup.

### **d. Kesuburan Tanah Berkurang**

Pencemaran lingkungan akan menimbulkan terjadinya pengurangan kesuburan tanah. Pencemaran tanah disebabkan oleh beberapa jenis pencemaran berikut ini: sampah-sampah plastik yang sukar hancur, botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng. Detergen yang bersifat *non bio degradable* (secara alami sulit diuraikan). Zat kimia dari buangan pertanian, misalnya pestisida. Ketika penggunaan pestisida ini berlebihan, maka hal ini akan mencemari tanah. Selain kesuburan tanah berkurang, pencemaran lingkungan juga dapat merusak kualitas air di dalam tanah yang sering digunakan masyarakat untuk dijadikan air minum dan kebutuhan rumah tangga lainnya.

### **e. Pencemaran Wilayah Perairan**

Pencemaran wilayah perairan (laut) sebagai peristiwa masuknya partikel kimia limbah industri, limbah pertanian, perumahan, dan kebisingan, dan atau penyebaran organisme invasive ke dalam laut, yang berpotensi memberi efek berbahaya. Kasus pencemaran kelautan banyak diakibatkan bahan kimia yang berbahaya berbentuk partikel kecil yang kemudian diambil oleh plankton dan binatang yang sebagian besar adalah pengurai ataupun *filter feeder*, dengan cara ini racun terkonsentrasi dalam laut masuk ke dalam rantai

lingkungan pemanfaatan laut yang membahayakan makhluk termasuk kerusakan dan pencemaran laut.

Pertambahan jumlah penduduk dan aktivitas di sepanjang daerah aliran sungai memberikan dampak dalam perubahan kualitas sungai. Semakin banyak aktivitas di sepanjang daerah aliran sungai tersebut maka semakin besar pula potensi pencemaran yang mungkin terjadi. Pencemaran ini mengakibatkan menurunnya kualitas kesehatan masyarakat terutama masyarakat yang berada di sekitar daerah aliran sungai yang kesehariannya memanfaatkan sungai tersebut. Pencemaran tersebut juga mengakibatkan rusaknya ekosistem sungai, di mana biota-biota sungai yang semakin berkurang. Hal ini tentunya juga akan mempengaruhi perekonomian masyarakat daerah aliran sungai.

#### **f. Terjadi Pemekatan Hayati**

Pemekatan hayati juga merupakan salah satu dampak yang akan ditimbulkan dari adanya pencemaran lingkungan. Proses pemekatan hati ini akan dapat diartikan sebagai peningkatan kadar bahan pencemar yang melalui tubuh makhluk hidup tertentu. Pemekatan hayati ini juga disebut sebagai amnalgamasiasi. Sebagai contoh untuk menggambarkan kasus ini adalah suatu perairan yang telah tercemar.

Suatu perairan yang tercemar, maka bahan pencemar yang ada di air tersebut akan menempel pada alga yang hidup di wilayah perairan tersebut. Ketika alga tersebut dimakan ikan-ikan kecil maka ikan kecil akan terkontaminasi bahan pencemar. Ketika ikan-ikan kecil tersebut dimakan oleh ikan-ikan besar, maka ikan besar juga akan mengandung berbagai

bahan pencemar yang dimiliki oleh ikan kecil. Dan ketika ikan-ikan besar ditangkap nelayan dan dimakan oleh manusia, maka bakteri atau polutan tersebut akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui ikan-ikan besar tersebut. Kasus inilah yang merupakan pemekatan hayati (biomagnifikasi), misalnya insektisida DDT mengakibatkan penurunan populasi hewan-hewan jenis lainnya yang bukan hewan target akibat adanya akumulasi DDT yang mengikuti rantai makanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fathri Adlin & Iwan Suryalaksana, Reduksi Manusia; Tinjauan Umum pada Era Pramodernisme, Modernisme dan Post Modernisme. *Journal of Psiche*. Sejarah Perkembangan Psikologi; Etika dan Pertumbuhan Spiritual. Jakarta. Volume 2 tahun 2001
- Ambara, I.M. dan T. Sutanto. 2012. *Tokoh-Tokoh Super Inspiratif Pewaris Nabi*, Sabil, Jogjakarta, 2012.
- Asiyah, A. Walid, A.A.Mustamin, A. Topano. 2019. *Ilmu Alamiah Dasar dalam Perspektif Islam*. IAIN Bengkulu.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. (1986). *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Sci. Pub. Oxford.
- Dahar, R.W. (2000). *Pedagogik Materi Subyek: Suatu Upaya untuk Meletakkan Dasar Keilmuan dari PBM*. *Makalah* (tidak diterbitkan). Bandung. UPI
- David, L.L., 2012. *God Crucible; Islam and The Making of Europe 570 -1215*. Terjemah oleh Yuliani Liputo, *The Greatness of Andalus; Ketika Islam Mewarnai Peradaban Barat*. *Serambi*. hal. 531-532.
- Davidson, B. W. (2000). *Critical Thinking Education Faces the Challenge of Japan*. Tersedia di: <http://www.Sonoma.edu/cthink/>
- Delors, J (1996). *Learning The Treasure Within*. 1st Ed., Paris: Universitaires De France Presses. France.
- Depdiknas, Dirjen Dikti (1998). GBPP tentang Mata Kuliah Umum. SK Dirjen Dikti, No. 355/DIKTI/KEP/1998

- Depdiknas, Dirjen Dikti (2006). GBPP tentang Mata Kuliah Berkehidupan Bermasyarakat (MBB). SK Dirjen Dikti, No. 44/DIKTI/Kep/2006.
- Digests, E. (2000). *Critical Thinking Skills and Teacher Education*. Washington D.C. Eric Digests Pub. 3-88.
- Education Dept. of La Grange College (2000). *Critical Thinking*. La Grange; La Grange College Press. USA.
- Facione, P.A. (1997). *Critical Thinking: Why it is and Why it Counts?*. California Academic Press., USA.
- Hodgson, Marshall G.S. (1974). *The Venture of Islam: Conscience and History in a World Civilization, the Classical Age of Islam, I*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Karitas, D.P. 2017. *Ekosistem buku tematik terpadu kurikulum 2013*. Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud.
- Kormondy, E.J. (1969). *Concepts of Ecology*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. 3rd. ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia.
- Maskoeri, J. (2000). *Ilmu Alamiah Dasar*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Mike, F. (1996). *What is Critical Thinking?*. Tersedia di: <http://www.Sonoma.edu/cthink/>
- Gokhale, Anuradha A. (1995). *Collaborative Learning Enhances Critical Thinking*. J. of Tech. Educ., 7(1): 1-22
- Hendro, D. dan K. Yeni. 1994. *Dua Ilmu Alamiah Dasar*, Universitas terbuka 1994
- Jumin, H.B. 2012. *Sains dan Teknologi dalam Islam; Tinjauan Genetis dan Ekologis*, PT. Rajagrafindo Persada, 2012.

- Karim, M.A. 2007. *Sejarah Pemikiran dan Peradaban Islam*, Edisi 1. Yogyakarta: Pustaka Book Publiester,
- Liliasari (2003). Pengembangan Keterampilan Berpikir Tinggi Mahasiswa Calon Guru Melalui Model Pembelajaran Kimia. *Mimbar Pendidikan* No. 2. 34-37
- Mar'at (1981). *Sikap Manusia, Perubahan dan Pengukurannya*. Jakarta; Cetakan Pertama, Penerbit Ghalia Indonesia.
- Meyers, C. (1986). *Teaching Student to Think Critically*. 2nd Printed, San Francisco; Jossey Bass Inc.Pub.
- Monfasani, J. (2016). *Renaissance Humanism, from the Middle Ages to Modern Times*. Taylor & Francis
- Muhajir, Nng (1996), *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Edisi III, Yogyakarta; Penerbit Rake Sarasin.
- Nickerson, Raymond S. (1985). *The Teaching of Thinking*. 1st Ed., New Jersey; Lawrence Erlbaum Ass.Inc.Pub., USA.
- Paul, R. and Linda Elder. (2005). *Critical Thinking Competency Standards; A guide for educators*. Foundation For Critical Thinking. Tersedia di [www.criticalthinking.org](http://www.criticalthinking.org)
- Parkay, F.W. dan Beverly, H.S. (1998). *Becoming a Teacher*, 4th Edition, Allyn and Bacon Pub., New York.
- Resosudarmo, R.S.; K. Kartawinata; A. Soegiarto. (1992). *Pengantar Ekologi*. Penerbit Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Rutherford, F.J. dan Ahlgren, A. (1990). *Science For All Americans*, 2nd Printed, Oxford; Oxford University Press.
- Slavin, R.E. (1996). *Research For the Future: Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need To Know*. Contemporary Educational Psychology, 21 (1), 43-69

- Smith, R.L. (1974). *Ecology and Field Biology*. 2nd. ed. Harper & Row, Pub. New York.
- Sugiyono (2006). *Statistika untuk Penelitian*. Cetakan 9. Bandung; Penerbit Alpha-Beta.
- Sujalu, S.P. 2015. *Klimatologi Dasar*. Diktat Kuliah. Fakultas Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Tan Ik Gie, (1999). *Pelatihan Dosen Ilmu Alamiah Dasar untuk Pendidikan Tinggi*. *Makalah* (tidak diterbitkan). Bandung; FMIPA ITB.
- UNESCO. 1986. *Sumbangan Islam kepada Ilmu dan Kebudayaan*. Bandung: Penerbit Pustaka dan Komisi Nasional Mesir untuk UNESCO.
- Utomo, S. W., Si, M., Sutriyono, I., & Rizal, R. (2012). *Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem*. Penerbit Airlangga. Jakarta.
- Wahyudi, I W. Dan A.A.K. Suardana. 2019. *Ilmu Alamiah Dasar*. UNHI Press. 112p.
- Watt, W.M., 1997. *Islam dan Peradaban Dunia: Pengaruh Islam*. Gramedia Pustaka Utama, hlm. 60-61.



## BIODATA PENULIS



**Dr. Akas Pinarigan Sujalu, M.P.** memperoleh Sarjana S1 dari Fakultas MIPA - Institut Pertanian Bogor; Magister dan Doktoral Ilmu Kehutanan di Fakultas Kehutanan -Universitas Mulawarman. Sebagai Dosen Telah mempublikasikan 7 HKI, 3 buku ajar dan 98 artikel di sejumlah media massa, buletin, majalah, dan jurnal ilmiah yang terindeks SCOPUS, Springer, Thompson, WoS, OJS, Google Scholar dan SINTA.



**Dr. Ismail, M.P., M.Hum.** memperoleh Sarjana S1 Ilmu Kehutanan Universitas Hassanudin, Magister dan Doktoral Ilmu Kehutanan dari Universitas Mulawarman, Sarjana S1 Ilmu Hukum dan Magister S2 Ilmu Hukum dari Universitas Balikpapan. Telah mempublikasikan 15 artikel di sejumlah prosiding dan jurnal ilmiah nasional dan internasional bereputasi yang terindeks Springer, Google Scholar, dan SINTA.



**Jumani, S.Hut., M.P.** memperoleh pendidikan Sarjana S1 Ilmu Kehutanan Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda dan Magister S2 Ilmu Kehutanan dari Universitas Mulawarman. Telah mempublikasikan 66 artikel di sejumlah media massa, buletin, majalah ilmiah, jurnal nasional dan internasional bereputasi terindeks Google Scholar dan SINTA.



**Heni Emawati, S.Hut.**, pendidikan Sarjana S1 Ilmu Kehutanan Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda dan Magister S2 Ilmu Kehutanan dari Universitas Mulawarman. Telah mempublikasikan 15 artikel di sejumlah media massa, buletin, majalah ilmiah, jurnal nasional dan internasional bereputasi terindeks Google Scholar dan SINTA.



**Lisa Astria Milasari, S.T., M.T.** memperoleh pendidikan Sarjana S1 dari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Planologi - ITN Malang, Magister Teknik Sipil Minat Kekhususan Perencanaan Wilayah Kota - Universitas Brawijaya Malang. Merupakan Dosen Fakultas Teknik di Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, dengan fokus bidang pengembangan wilayah. Telah mempublikasikan 1 buku, 6 artikel pada jurnal nasional.