

BAB II

TINJAUAN UMUM BUMI DAN PUSAT APRESIASI BUMI

II.1. Bumi

Bumi merupakan planet urutan ketiga terdekat dengan Matahari, planet terpadat dan terbesar kelima dalam sistem tata surya kita.

Gambar 2.1
Planet Bumi



Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Earth>

Berikut ini merupakan data dimensi bumi:

Tabel 2.1
Dimensi Bumi

Dimensi Bumi	
Luas Permukaan Daratan	149.000.000 km ²
Luas Permukaan Perairan	361.000.000 km ²
Keliling Katulistiwa	40.075 km
Keliling Kutub	40.009 km
Diameter Katulistiwa	12.756,3 km
Diameter Kutub	12.714 km
Jari - jari	6.356,89 km
Volume	1.080.000.000.000 km ³
Massa	5,98 x 10 ²⁴ kg
Gravitasi	9,780327 m/s ²

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_physical_characteristics_tables

Planet bumi selain sebagai salah satu benda langit dalam alam semesta, juga dikenal sebagai satu-satunya planet dalam galaksi kita yang memiliki kehidupan didalamnya. Secara umum planet Bumi tersusun dari lapisan-lapisan bumi yang membentuk sebuah kesatuan struktur yang dapat dibedakan berdasarkan karakter fisik, komposisi dan sistem yang bekerja didalamnya.

Berdasarkan penelitian terhadap komposisi batuan, Bumi terbentuk kurang lebih 4,54 miliar tahun yang lalu, mengalami proses pemadatan dan perubahan bentuk dari spiral gas menjadi bentuk bola pekat padat selama kurang lebih 10 sampai 20 juta tahun.

Sebagai planet kehidupan, Bumi memiliki lapisan Biosfer, Atmosfer, Hidrosfer dan Geosfer sebagai sebuah sistem pendukung kehidupan di Bumi

Pembahasan mengenai lapisan bumi yang meliputi Atmosfer, Hidrosfer, Geosfer dan Biosfer, serta siklus Biogeokimia lebih lanjut dijelaskan dalam pembahasan sub-bab berikut:

II.1.1. Atmosfer

Atmosfer adalah lapisan gas atau udara yang menyelimuti bumi,. terkomposisi oleh Nitrogen, Oksigen, Argon, serta gas lainnya. Atmosfer tersusun atas beberapa lapisan yang dibedakan berdasarkan ketinggian dari permukaan Bumi dan perbedaan suhu. Atmosfer dapat tetap bertahan karena adanya gaya gravitasi bumi yang cukup kuat, sehingga tidak terlepas keluar angkasa¹.

Gambar 2.2
Atmosfer Bumi



Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth

Sebagai salah satu lapisan Bumi, Atmosfer memegang peranan penting bagi berlangsungnya kehidupan di Bumi. Atmosfer yang terkomposisi oleh gas atau udara berfungsi sebagai penyedia oksigen bagi kebutuhan bernafas makhluk hidup, menjaga suhu bumi agar selalu hangat dan tempat berlangsungnya proses pembentukan hujan². Selain itu Atmosfer yang juga tersusun oleh beberapa lapisan berfungsi sebagai pelindung dari serangan meteor, sinar kosmik, sinar *Ultra Violet* dan radiasi berbahaya Matahari.

Secara umum komposisi Atmosfer terdiri dari gas utama, yang terdiri atas Nitrogen (NO_2), Oksigen (O_2) dan Argon (Ar), serta gas lainnya seperti uap air, karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrat oksida (N_2O) dan ozon (O_3). Selain komposisi gas diatas, dalam Atmosfer juga ditemukan substansi alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti debu, serbuk tanaman, debu vulkanik dan zat polutan industri. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan komposisi Atmosfer secara detail:

¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere>

² Microsoft Encarta 2008_Atmosphere

Tabel 2.2
 Komposisi Kering Atmosfer

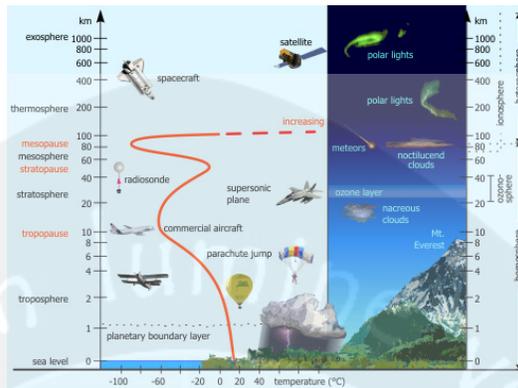
Gas	Volume
Nitrogen (N ₂)	780.840 ppmv (78,084 %)
Oksigen (O ₂)	209.460 ppmv (20,946 %)
Argon (Ar)	9.340 ppmv (0,934 %)
Karbon Dioksida (CO ₂)	494,45 ppmv (0,039445 %)
Neon (Ne)	18,18 ppmv (0,001818 %)
Helium (He)	5,24 ppmv (0,000524 %)
Metana (CH ₄)	1,79 ppmv (0,000179 %)
Krypton (Kr)	1,14 ppmv (11,4 x 10 ⁻⁵ %)
Hydrogen (H ₂)	0,55 ppmv (5,5 x 10 ⁻⁵ %)
Nitrous oxide (N ₂ O)	0,325 ppmv (3,25 x 10 ⁻⁵ %)
Karbon Monoksida (CO)	0,1 ppmv (1 x 10 ⁻⁵ %)
Xenon (Xe)	0,09 ppmv (9 x 10 ⁻⁶ %)
Ozon (O ₃)	0,0 – 0,07 ppmv (0 – 7 x 10 ⁻⁶ %)
Nitrogen dioksida (NO ₂)	0,02 ppmv (2 x 10 ⁻⁶ %)
Iodine (I ₂)	0,01 ppmv (1x 10 ⁻⁶ %)
Ammonia (NH ₃)	Sangat Kecil
Tidak termasuk dalam komposisi Atmosfer kering diatas	
Uap Air (H ₂ O)	~0,40%
*ppmv: parts per million by volume : bagian per-sejuta dalam volume	

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth

Komposisi dari atmosfer ini sangat penting, terutama dikarenakan interaksinya dengan makhluk hidup. Komposisi Atmosfer selalu berubah – ubah dikarenakan aktivitas alam seperti: emisi vulkanik, petir dan serangan partikel dari korona matahari. Perubahan komposisi ini sebagian dapat merugikan bagi kesehatan manusia, pertanian dan ekosistem. Beberapa dampak lingkungan yang terjadi disebabkan oleh perubahan komposisi atmosfer antara lain: hujan asam, menipisnya lapisan ozon, gas rumah kaca dan pemanasan global³.

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_chemistry

Gambar 2.3
Pembagian Lapisan Atmosfer Bumi



Sumber: <http://www.theozonehole.com>

Atmosfer Bumi terdiri dari beberapa lapisan yang memiliki kepadatan dan tekanan udara yang berbeda berbanding terbalik dengan ketinggian, dimana semakin tinggi maka kepadatan dan tekanan udaranya semakin rendah. Secara umum pembagian lapisan atmosfer dibagi berdasarkan dua kategori. berikut ini merupakan pembagian lapisan atmosfer berdasarkan ketinggian dan suhu:

1. Eksosfer

Eksosfer merupakan lapisan terluar dari Atmosfer Bumi, terletak pada ketinggian 500 km - merupakan batas terluar antara bumi dengan ruang luar angkasa. Kepadatan pada lapisan ini berbanding terbalik dengan ketinggian, dikarenakan gaya gravitasi yang melemah. Batas terluar dari eksosfer adalah titik dimana molekul atmosfer mudah terlepas ke ruang luar angkasa.

2. Termosfer

Termosfer merupakan lapisan atmosfer kedua terdekat dengan ruang luar angkasa, terletak pada ketinggian antara 80 - 110 km dari permukaan bumi. Berdasarkan asal katanya *thermos* yang berarti panas - termosfer merupakan lapisan terpanas dari atmosfer bumi, dengan temperatur mampu mencapai 1500°C. Temperatur udara yang tinggi ini disebabkan karena terjadinya proses penyerapan radiasi panas matahari oleh molekul udara. Selain proses penyerapan radiasi, pada lapisan ini juga terjadi proses ionisasi oleh sinar ultraviolet terhadap molekul udara -

sehingga pada lapisan termosfer ini aurora dapat ditemukan di daerah kutub.

3. Mesosfer

Mesosfer Berdasarkan asal katanya *mesos* yang berarti tengah, mesosfer berarti lapisan tengah dari atmosfer. Terletak diantara termosfer dan stratosfer. Memosesfer terletak pada ketinggian 50 - 80 km diatas permukaan Bumi. merupakan lapisan dimana meteor habis terbakar saat memasuki atmosfer bumi. Mesopause atau lapisan teratas dari mesosfer merupakan tempat terdingin di bumi, memiliki suhu rata-rata sebesar -85°C . pada lapisan mesopause ini suhu dapat turun hingga -100°C , sehingga menyebabkan uap air membeku dan membentuk awan es atau awan *noctilucent*.

4. Stratosfer

Stratosfer merupakan lapisan kedua terdekat dengan permukaan bumi, terletak pada batas atas troposfer hingga 50 km diatas permukaan bumi. Pada lapisan ini terletak lapisan ozon yang berguna menyerap radiasi matahari berbahaya bagi makhluk hidup dan tumbuhan. Kondisi temperatur pada lapisan stratosfer berbanding lurus dengan ketinggiannya - temperatur pada lapisan atas lebih hangat dibandingkan dengan lapisan bawah.

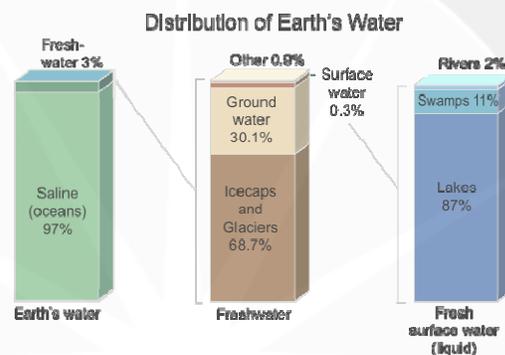
5. Troposfer

Troposfer merupakan lapisan atmosfer terdekat dengan permukaan bumi, memiliki ketinggian antara 9 km (pada daerah kutub) dan 20 km (pada daerah katulistiwa). Kondisi temperatur pada lapisan ini berbanding terbalik dengan ketinggian - temperatur pada lapisan atas lebih dingin dibanding dengan lapisan bawah. Lapisan troposfer merupakan lapisan terpadat karena mengandung 80% dari keseluruhan atmosfer dan 99% dari bagian tersebut merupakan uap air dan aerosol. Banyaknya uap air yang ditnukan pada troposfer, memungkinkan terjadinya proses pebetukan awan - sehingga pada lapisan inilah terjadinya fenomena cuaca.

II.1.2. Hidrosfer

Pengertian dari Hidrosfer adalah lapisan dari permukaan bumi yang mengandung segala bentuk air, yang meliputi: laut, sungai, danau, air bawah tanah dan uap air. Total massa dari lapisan hidrosfer bumi adalah sebesar $1,4 \times 10^{18}$ ton atau 0,023% dari keseluruhan massa bumi⁴. Lapisan ini melingkupi 75% permukaan bumi atau 361 juta km². Dari seluruh air yang ada di bumi, hidrosfer terkomposisi atas: 97% air laut; 2% es padat; 0,76% air bawah tanah; 0,017% air tawar; 0,001 berupa uap air⁵.

Gambar 2.4
Grafik Distribusi Air di Bumi



Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Water>

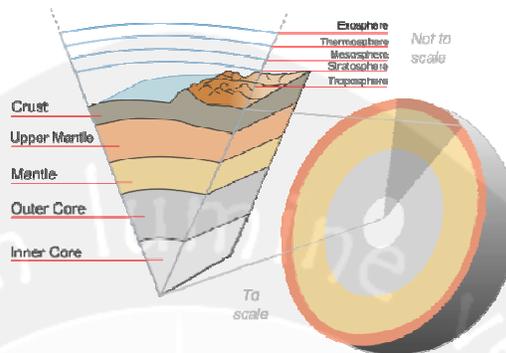
Sebagai lapisan yang terdiri dari air yang menutupi 75% dari permukaan bumi, Hidrosfer terutama lautan sangat berperan penting dalam menstabilkan suhu global. Dengan luasnya permukaan lautan di Bumi, panas yang masuk kedalam Atmosfer pada siang hari sebagian besar diserap dan disimpan dalam lautan, kemudian dilepas pada malam hari untuk menjaga suhu udara tetap hangat. Selain itu, lautan memiliki kemampuan menyerap CO₂ dari Atmosfer secara langsung yang berperan dalam menstabilkan konsentrasi CO₂ yang secara tidak langsung juga mempengaruhi suhu udara global.

⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrosphere>

⁵ Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011, hlm. 115.

II.1.3. Geosfer⁶

Gambar 2.5
 Diagram Susunan Lapisan Geosfer



Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Earth>

Pengertian dari geosfer dapat dijelaskan sebagai lapisan terpadat dari Bumi atau lapisan yang menyusun bagian terpadat dari bumi yang sebagian besar terdiri dari batuan dan *regolith*⁷. Dalam konteks ilmu pengetahuan sistem bumi, Geosfer dijelaskan sebagai lapisan padat dari Bumi, bersama dengan Atmosfer, Hidrosfer dan Biosfer untuk menjelaskan sistem yang bekerja pada planet Bumi. Secara garis besar geosfer terdiri dari beberapa lapisan yaitu kerak bumi, mantel bumi dan inti bumi. Berikut ini merupakan tabel data lapisan - lapisan dari Geosfer:

Tabel 2.3
 Lapisan Geosfer

Kedalaman (dalam Km)	Lapisan
0 - 60	Litosfer
0 - 35	Kerak Bumi
35 - 60	Mantel bagian atas
35 - 2.890	Mantel
100 - 200	Astenosfer
35 - 660	Mesosfer bagian atas
660 - 2.890	Mesosfer bagian bawah
2.890 - 5.150	Inti luar
5.150 - 6.360	Inti dalam

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Structure_of_the_Earth

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Structure_of_the_Earth

⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/Geosphere>

II.1.4. Biosfer⁸

Berdasarkan pengertiannya Biosfer berarti lapisan tipis udara, tanah, dan air yang memiliki kemampuan untuk mendukung adanya kehidupan didalamnya. Kehidupan di zona ini bergantung pada energi, sirkulasi panas dan sumber nutrisi dari alam. Zona dari Biosfer, dalam skala besar dibagi dalam bentuk daerah atau bentuk pertumbuhan yang berbeda yang lebih umum disebut Bioma. Pengertian dari Bioma sendiri lebih mengarah kepada suatu zona atau daerah yang berisi adanya tumbuhan, hewan, organisme lain, serta segala persyaratan fisik yang memenuhi kebutuhan makhluk hidup untuk bertahan hidup. Sebuah Bioma diindikasikan berdasarkan adanya kehidupan tumbuhan dan jenis tumbuhan – yang dibedakan berdasarkan kondisi iklim, latitude, dan altitude dari sebuah lokasi.

Secara garis besar, Biosfer dibagi menjadi beberapa struktur berdasarkan adanya kehidupan didalamnya. Penjelasan tersebut mengarah pada pengertian dari sebuah bioma. Dengan kata lain komposisi dan struktur dari Biosfer dapat dibedakan dengan *jenis-jenis* dari Bioma yang ada di planet Bumi. Sebuah Bioma terkomposisi oleh banyak Ekosistem – komunitas kecil antara tanaman dengan hewan serta habitat mereka.

Batas dari sebuah Bioma dibedakan berdasarkan iklim, batas dari sebuah ekosistem *yang* berupa elemen fisik, seperti sungai yang memisahkan sebuah komunitas dengan komunitas lainnya. Bioma secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu: Bioma darat dan Bioma laut. Dari masing-masing bioma tersebut diatas, masih mengalami diversifikasi yang lebih khusus lagi, yang didasari pada komposisi kehidupann struktur fisik, dan ekosistem didalamnya.

II.1.5. Siklus Biogeokimia

Siklus Biogeokimia adalah siklus lengkap pertukaran atau perubahan unsur kimia secara terus - menerus yang melewati komponen biotik (Biosfer) dan abiotik (Atmosfer, Hidrosfer dan Litosfer). Dinamakan siklus Biogeokimia karena adanya keterlibatan unsur Biologi, Geologi dan Kimia pada prosesnya. Meskipun pada dasarnya siklus ini merupakan sebuah proses

⁸ <http://en.wikipedia.org/wiki/Biosphere>

daur ulang, namun pada beberapa siklus tertentu mengalami adanya akumulasi dan penyimpanan dalam waktu yang lama (*reservoir*)⁹. Siklus Biogeokimia memiliki beberapa konsep dasar, antara lain¹⁰:

- Beberapa elemen kimia mengalami proses siklus yang cepat dan siap diregenerasi untuk aktifitas biologis. Elemen ini pada umumnya memiliki fase gas dalam prosesnya, terdapat di atmosfer dan atau mudah larut dalam air. Misal: oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂).
- Beberapa elemen kimia lainnya sering mengalami keadaan diam dan proses siklus yang bergerak pelan oleh proses geologi. Pada umumnya elemen ini tidak memiliki fase gas, tidak terdapat di atmosfer dengan konsentrasi yang signifikan dan relatif tidak mudah larut dalam air. Misal: fosfor (P).
- Mineral yang dibutuhkan kebanyakan memiliki berat atom yang ringan, mineral terberat yang dibutuhkan adalah yodium.
- Siklus biogeokimia berhubungan erat dengan kehidupan yang menyebabkan terjadinya perubahan terhadap planet bumi dalam berbagai hal.
- Keberlangsungan proses yang mengatur siklus Biogeokimia memegang peranan yang penting terhadap keberlanjutan kehidupan di bumi.

II.1.5.1. Siklus Karbon

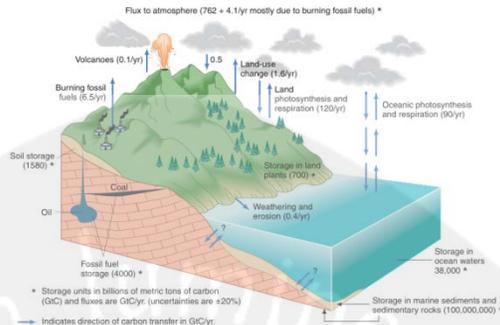
Siklus Karbon adalah proses pertukaran unsur karbon antara biosfer, pedosfer, hidrosfer dan atmosfer. Siklus karbon, siklus nitrogen dan siklus air terbentuk dari urutan proses yang menjadikan kunci bumi mampu mendukung kehidupan - menjelaskan pergerakan karbon di biosfer dimana terjadi proses penggunaan kembali (*reused*) dan daur ulang (*recycled*). Karbon merupakan elemen penting bagi kehidupan di bumi sebagai komponen utama dari senyawa biologis atau DNA dan komponen utama dari sebagian besar mineral¹¹.

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Biogeochemical_cycle

¹⁰ Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011, hlm. 112.

¹¹ Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011, hlm. 117.

Gambar 2.6
Diagram Siklus Karbon



Sumber : Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011

Siklus karbon global pada umumnya dibagi berdasarkan interaksi (perpindahan karbon) antara reservoir utama: Atmosfer, Geosfer dan Biosfer. Berikut ini merupakan komposisi penyimpanan Karbon pada tiap *reservoir*:

Tabel 2.4
Jumlah Total Penyimpanan Karbon

Tempat penyimpanan	Jumlah dalam gigaton (1000 ton)
Atmosfer	720
Lautan	
- Jumlah total bentuk anorganik	37.400
- Jumlah total bentuk organik	1.000
- Permukaan laut	670
- Laut bagian dalam	36.730
Litosfer	
- Sedimentasi karbonat	> 60.000.000
- Kerogen	15.000.000
Biosfer darat	
- Biomassa hidup	600 - 1.000
- Biomassa mati	1.200
Biosfer lautan	1 - 2
Bahan bakar fosil	
- Batubara	3.510
- Minyak bumi	230
- Gas alam	140
- Lain - lain	250

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle

Secara garis besar, siklus karbon global dapat dijelaskan berdasarkan proses perpindahan dan penyimpanan karbon pada komponen utama. Berikut ini adalah Komponen utama dari siklus karbon¹²:

1. Atmosfer

Karbon pada atmosfer bumi dapat ditemukan dalam bentuk karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) yang keduanya merupakan gas rumah kaca. Meskipun gas metana memiliki efek gas rumah kaca lebih besar dari karbon dioksida, akan tetapi keberadaannya di atmosfer dalam konsentrasi dan jangka waktu yang lebih kecil dari karbon dioksida - menjadikan karbon dioksida penyebab utama efek rumah kaca atau pemanasan global. Karbon dioksida meninggalkan atmosfer terjadi dalam beberapa cara, yaitu:

- Respirasi atau pernafasan oleh tumbuhan sehingga karbondioksida berpindah dari atmosfer ke biosfer darat dan laut.
- Terlarut langsung kedalam air: perpindahan langsung dari atmosfer ke hidrosfer. Karbon dioksida yang larut kedalam sungai, danau, dan lautan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat yang menyebabkan keasaman laut.
- Larut dalam uap air di atmosfer dan jatuh bersama dengan proses presipitasi (jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi karena proses kondensasi di atmosfer)

2. Biosfer darat

Karbon pada Biosfer darat ditemukan dan disimpan dalam bentuk karbon organik yang berupa makhluk hidup dan makhluk hidup yang sudah mati, serta tersimpan dalam tanah berupa tanah karbon. Siklus Karbon pada Biosfer darat, dimulai dari proses fotosintesis pada tumbuhan hijau dan proses perpindahan atau transfer melalui siklus rantai makanan yang berakhir pada proses dekomposisi atau pelapukan jasad makhluk hidup.

3. Lautan

Lautan memiliki kandungan Karbon aktif terbesar di alam, dimana kapasitas daya simpannya terbesar kedua setelah Litosfer. Permukaan laut

¹² http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle

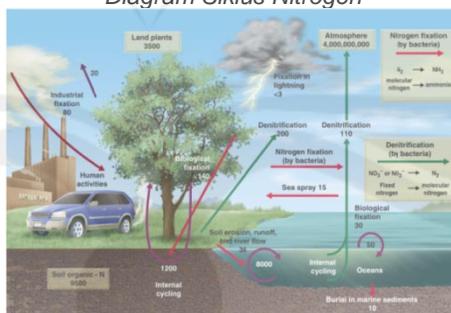
menyimpan karbon organik dalam jumlah besar yang mengalami proses pertukaran secara cepat dan langsung dengan Atmosfer. Karbon memasuki lautan pada umumnya melalui dua cara, yaitu: dari air sungai yang mengandung karbon terlarut dari daratan dan terlarut secara langsung dari Atmosfer dalam bentuk gas CO_2 . Jumlah kadar Karbon yang diterima dan ditampung dalam lautan, mempengaruhi tingkat keasaman air laut yang secara langsung berpengaruh pada ekosistem laut. Kemampuan menyerap dan menyimpan CO_2 lautan ini memegang peranan penting dalam siklus Karbon global dan suhu udara global.

4. Siklus karbon geologis

Komponen geologis dalam siklus Karbon berperan penting dalam menentukan jumlah Karbon di Atmosfer dan suhu udara global. Siklus Karbon pada komponen ini bergerak sangat lambat, karena mengikuti berjalannya proses siklus batuan. Sebagian besar kandungan Karbon di bumi disimpan pada lapisan batuan - dalam bentuk batu kapur dari proses sedimentasi Kalsium Karbonat yang terdapat pada cangkang mahluk hidup laut.

II.1.5.2. Siklus Nitrogen

Gambar 2.7
Diagram Siklus Nitrogen



Sumber : Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011

Siklus Nitrogen adalah proses perubahan Nitrogen menjadi beberapa bentuk senyawanya, proses perubahan ini diperlukan karena nitrogen bebas tidak dapat langsung digunakan oleh mahluk hidup¹³. Nitrogen memegang peranan yang penting bagi kehidupan, karena merupakan komponen dari

¹³ Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011, hlm. 120.

asam amino dan asam nukleid (DNA dan RNA), bagian dari protein, serta pembentukan klorofil pada tanaman hijau yang berguna dalam proses fotosintesis dan pertumbuhan.

Nitrogen dapat ditemukan di alam dalam bentuk: Nitrogen Organik (Nitrogen yang terkandung dalam makhluk hidup, humus dan materi organik terdekomposisi), Ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), dinitrogen monoksida (N_2O), Nitrit Oksida (NO), gas nitrogen anorganik (N_2). Seperti kita ketahui pada pembahasan sebelumnya, Nitrogen merupakan elemen pembentuk 78% dari Atmosfer bumi dan berwujud gas. Nitrogen bebas yang ditemukan pada atmosfer dalam bentuk gas merupakan elemen yang kurang reaktif, sehingga membutuhkan beberapa tahapan proses agar dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Berikut ini beberapa proses penting yang terjadi dalam siklus Nitrogen, yaitu¹⁴:

1. Fiksasi Nitrogen

Proses fiksasi Nitrogen adalah proses konversi Nitrogen bebas (N_2) menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh makhluk hidup. Proses fiksasi ada beberapa cara, yaitu:

- Fiksasi biologis oleh bakteri simbiotik pada akar tanaman polong-polongan, seperti: *Rhizobium bacteria*, serta beberapa bakteri bebas seperti: *Azotobacter*.
- Industrial N-fiksasi: proses fiksasi Nitrogen yang terjadi dalam keadaan tinggi dan suhu 600°C menggunakan katalis besi, dan hidrogen dan nitrogen menghasilkan amonia (NH_3).
- Pembakaran bahan bakar fosil: menghasilkan Nitrogen Oksida (NO_x).
- Proses alam: Nitrogen dan Hidrogen dengan bantuan *photon* dan petir.

2. Asimilasi Nitrogen

Tumbuhan mengambil nitrogen dari tanah dengan cara menyerap melalui akarnya dalam bentuk ion nitrat dan atau ion ammonium, bila yang diserap berbentuk nitrat mengalami proses konversi menjadi ion nitrit - kemudian menjadi ion ammonium, yang digunakan untuk pembentukan asam amino, asam nukleid dan klorofil. Siklus nitrogen kemudian bergerak dalam jaring

¹⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_cycle

makanan dari tumbuhan berpindah ke herbivora dan selanjutnya ke karnivora.

3. Amonifikasi

Ketika makhluk hidup mati (tumbuhan dan hewan) atau hewan mengeluarkan kotoran, bentuk nitrogen yang terkandung didalamnya berupa nitrogen organik. Bakteri dan jamur merubah nitrogen menjadi ammonium, proses inilah yang dinamakan proses amonifikasi atau mineralisasi.

4. Nitrifikasi

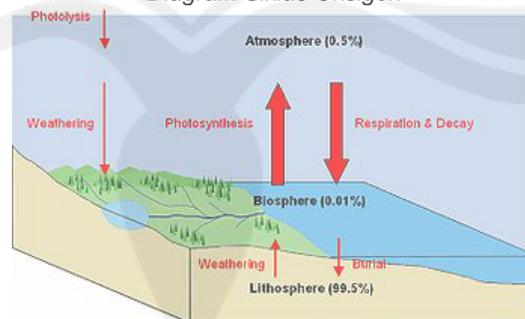
Proses nitrifikasi adalah proses konversi dari ammonium menjadi nitrat oleh bakteri. Proses dimulai dengan oksidasi ammonium menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*, kemudian dilanjutkan dengan proses oksidasi nitrit menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter*. Proses nitrifikasi ini sangat penting karena nitrit dalam jumlah yang besar sangat beracun bagi tumbuhan.

5. Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah reduksi dari nitrat menjadi gas nitrogen oleh bakteri *Pseudomonas* dan *Clostridium* pada keadaan anaerob atau tanpa oksigen. Proses ini merupakan proses terakhir dari siklus nitrogen, dimana gas N_2 yang dihasilkan dilepas kembali ke atmosfer.

II.1.5.3. Siklus Oksigen¹⁵

Gambar 2.8
Diagram Siklus Oksigen



Sumber : http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_cycle

¹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_cycle

Siklus Oksigen adalah siklus biogeokimia yang menjelaskan pergerakan dari oksigen melalui atmosfer, biosfer, geosfer dan hidrosfer. Siklus oksigen sangat penting bagi keberlangsungan hidup di bumi, karena oksigen: gas yang dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk bernafas; dibutuhkan dalam proses pembentukan atmosfer; dan pembentukan air - terganggunya siklus air pada hidrosfer dapat menyebabkan *hypoxic zone* atau area kematian di hidrosfer.

Tabel 2.5
 Jumlah Total Penyimpanan Oksigen

Reservoir	Kapasitas (kg)	Transfer (kg per tahun)	Lama penyimpanan (tahun)
Atmosfer	$1,4 \times 10^{18}$	30.000×10^{10}	4.500
Biosfer	$1,6 \times 10^{16}$	30.000×10^{10}	50
Litosfer	$2,9 \times 10^{20}$	60×10^{10}	500.000.000

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_cycle

Tempat penyimpanan atau *reservoir* terbesar di bumi terdapat pada litosfer sebesar 99,5 % - disimpan dalam bentuk silikat dan mineral oksida dan hanya sebagian kecil yang dilepaskan dalam bentuk oksigen bebas pada biosfer sebesar 0,01% serta 0,36% pada atmosfer. Proses pertukaran oksigen sebagian besar hanya berlangsung antara atmosfer dengan biosfer, dimana proses fotosintesis memegang peranan penting dalam berjalannya siklus oksigen. Berikut ini beberapa proses penting dalam siklus oksigen:

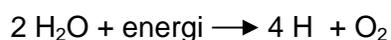
1. Proses produksi

Proses produksi adalah proses pada siklus oksigen dimana terjadi pengolahan elemen kimia dan menghasilkan atau melepaskan oksigen sebagai produknya. Proses produksi dalam siklus oksigen meliputi:

- Fotosintesis: proses biokimia pembentukan zat makanan karbohidrat oleh tumbuhan hijau, alga, *phytoplankton* dan beberapa jenis bakteri.



- Fotolisis: proses pemecahan uap air dan dinitrogen monoksida menjadi elemen - elemen pembentuknya.



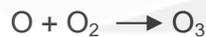
2. Proses ekstraksi

Proses ekstraksi adalah proses penyerapan nutrisi atau mineral dari batuan oleh tumbuhan dan hewan, seiring berjalannya proses ekstraksi terjadi pelepasan oksigen dari batuan, misal: pelapukan batuan oleh lumut.

3. Proses konsumsi

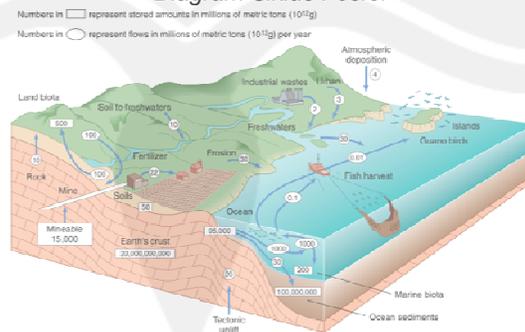
Proses konsumsi adalah proses reaksi dimana membutuhkan oksigen dalam menghasilkan atau membentuk senyawa kimia, proses konsumsi meliputi:

- Respirasi dan pembusukan: proses bernafas dan pembusukan makhluk hidup mengkonsumsi oksigen dan melepaskan karbondioksida.
- Pelapukan kimiawi dan reaksi permukaan: proses pelapukan kimiawi dan reaksi permukaan melalui reaksi oksidasi, misal pembentukan karat
 $4 \text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$
- Pembentukan kalsium karbonat: pembentukan cangkang pada organisme laut berupa kalsium karbonat (CaCO_3) yang kaya akan oksigen. Ketika organisme tersebut mati dan mengendap di dasar laut, kemudian membentuk sedimentasi batu kapur pada litosfer.
- Pembentukan ozon: proses pembentukan lapisan ozon di stratosfer.



II.1.5.4. Siklus Fosfor¹⁶

Gambar 2.9
Diagram Siklus Fosfor



Sumber : Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living*

¹⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus_cycle

Siklus Fosfor adalah proses pergerakan atau pertukaran unsur fosfor melewati Litosfer, Biosfer dan Geosfer. Fosfor merupakan satu dari enam elemen yang dibutuhkan kehidupan dalam jumlah besar. Fosfor merupakan elemen penting yang dibutuhkan oleh kehidupan di Bumi, karena fosfor merupakan bagian dari DNA yang membawa material genetik kehidupan dan merupakan bahan penting dalam pembentukan membran sel.

Fosfor di alam hanya ditemukan dalam bentuk padat, tidak memiliki fase bentuk cair dan gas - sehingga tidak mudah larut dalam air dan tidak ditemukan pada atmosfer. Fosfor sering juga ditemukan dalam bentuk teroksidasi dalam bentuk Pospat yang bergabung dengan Kalsium, Potasium, Magnesium dan besi untuk membentuk mineral. Sumber utama Fosfor di alam berasal dari pelapukan batuan atau bagian dari siklus batuan.

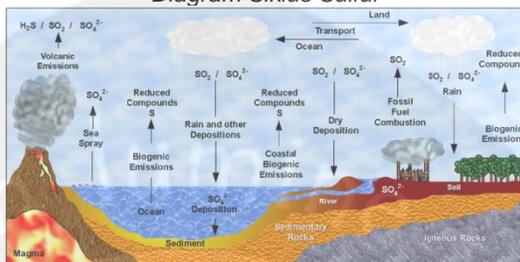
Seperti dijelaskan diatas, Fosfor tidak ditemukan dalam Atmosfer sehingga siklus fosfor hanya terjadi pada daratan (Biosfer darat dan Geosfer) dan lautan (Biosfer laut dan Hidrosfer). Karena tidak adanya fase gas atau tidak ditemukan di Atmosfer, siklus Fosfor di alam berjalan dengan sangat lambat. Pada Biosfer Fosfor mengalami daur ulang sebanyak 50 kali sebelum mengalami pelapukan dan erosi, kemudian terbawa oleh air ke laut. Sedangkan pada laut atau Hidrosfer, Fosfor mengalami proses daur ulang sebanyak 800 kali sebelum bergabung dengan lapisan sedimen di dasar laut dan masuk dalam siklus batuan.

II.1.5.5. Siklus Sulfur

Siklus Sulfur adalah sekumpulan proses dimana elemen sulfur bergerak atau berpindah dari dan membentuk mineral dan sistem kehidupan. Siklus sulfur sangat penting bagi kehidupan karena sulfur merupakan elemen pembentuk mineral dan elemen pembentuk protein, vitamin dan hormon. Siklus sulfur dimulai dari pelapukan batuan dan bereaksi dengan oksigen, sehingga membentuk sulfat (SO_4) yang dimanfaatkan tumbuhan dan mikroorganisme. Sulfat yang diserap oleh tumbuhan dan mikroorganisme mengalami perubahan menjadi bentuk organik, bergerak dalam rantai makanan. Ketika makhluk hidup mati dan mengalami pembusukan atau dekomposisi, sulfur dalam bentuk organik ini dirubah menjadi sulfat yang

digunakan kembali oleh tumbuhan dan mikroorganisme. dalam siklus, sulfur dapat kembali lagi kedalam batuan melalui proses siklus batuan¹⁷.

Gambar 2.10
Diagram Siklus Sulfur



Sumber : http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Sulfur_cycle

Secara garis besar siklus sulfur dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan proses yaitu: mineralisasi sulfur organik menjadi bentuk anorganik; oksidasi hidrogen sulfida (H_2S), sulfida dan sulfur (S) menjadi sulfat (SO_4^{2-}); reduksi sulfat menjadi sulfida; dan penggabungan sulfida kedalam senyawa organik. Beberapa proses penting yang terjadi dalam siklus sulfur, antara lain¹⁸:

- Asimilasi reduksi sulfat: dimana sulfat direduksi oleh tanaman, jamur dan beberapa prokariota.
- Desulfurisasi: molekul organik yang mengandung sulfur dapat didesulfurisasi menghasilkan gas hidrogen sulfida.
- Oksidasi dari hidrogen sulfida: proses ini menghasilkan elemen sulfur, reaksi ini terjadi pada proses fotosintesis tumbuhan hijau, bakteri sulfur ungu dan beberapa *chemolithotrophs*. Pada umumnya elemen sulfur yang disimpan dalam bentuk polisulfida.
- Oksidasi elemen sulfur oleh pengoksidasi sulfur menghasilkan sulfat.
- Desimilasi reduksi sulfur: proses dimana elemen sulfur direduksi menjadi hidrogen sulfida.
- Desimilasi reduksi sulfat: proses dimana sulfat direduksi dan menghasilkan hidrogen sulfida.

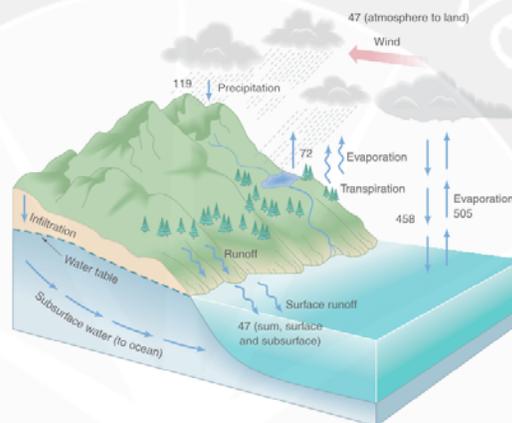
¹⁷ <http://www.enviroliteracy.org/article.php/1348.html>

¹⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_cycle

II.1.5.6. Siklus Air

Siklus Air atau siklus hidrologi adalah proses transfer atau pergerakan air melewati atmosfer, geosfer, biosfer dan hidrosfer. Pergerakan utama dari siklus air ini dipengaruhi oleh radiasi panas matahari. Dalam siklus ini air yang menguap di lautan sebagian besar kembali ke lautan, sedangkan air pada daratan 60% menguap kembali ke atmosfer dan sisanya sebesar 40% mengalir ke laut.¹⁹

Gambar 2.11
Diagram Siklus Air



Sumber : Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011

Seperti dijelaskan diatas, siklus air merupakan tahapan pergerakan dan perubahan wujud air di bumi (melalui atmosfer, geosfer, biosfer dan hidrosfer). Dalam pergerakan dan perubahan wujud air ini berlangsung dalam beberapa tahapan atau proses penting yang terjadi dalam siklus air, antara lain²⁰:

- Presipitasi

Presipitasi adalah proses jatuhnya air ke permukaan bumi dari atmosfer karena proses kondensasi. Proses ini terjadi karena udara dalam kondisi melebihi titik jenuh yang disebabkan oleh pendinginan dan atau penambahan uap air. Produk air yang sampai pada permukaan bumi dapat berupa: hujan, salju, hujan es, kabut dan embun. Air yang jatuh dalam proses presipitasi

¹⁹ Daniel B. Botkin dan Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 2011, hlm. 115.

²⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Water_cycle

setiap tahunnya sebesar 505.000 km³ yang terbagi sebesar 398.000 km³ jatuh dilautan dan 107.000 km³ jatuh didaratan.

- Interupsi oleh kanopi pepohonan

Proses presipitasi yang terjadi di area dengan banyak vegetasi atau hutan, mengalami interupsi oleh kanopi pepohonan sehingga air tidak sampai pada permukaan bumi. Air yang terhalang oleh kanopi ini lebih cenderung kembali ke atmosfer melalui proses penguapan dibanding jatuh ke permukaan tanah.

- Melelehnya salju

Pergerakan air pada permukaan bumi karena proses melelehnya salju

- *Runoff*

Variasi pergerakan air di atas permukaan bumi, selama mengalir air pada permukaan bumi dapat mengalami: proses peresapan ke dalam tanah; menguap kembali ke atmosfer; disimpan pada reservoir seperti danau dan waduk; serta mengalir pada sungai hingga sampai ke laut.

- Infiltrasi

Aliran atau pergerakan air dari permukaan menuju ke bawah permukaan tanah. Ketika di bawah permukaan tanah, air dapat menjadi kelembaban tanah atau tersimpan dalam air bawah tanah.

- Aliran di bawah permukaan tanah

Pergerakan air di bawah permukaan tanah terjadi pada zona vadose (lapisan tanah dengan kelembaban tinggi) dan akuifer (lapisan air yang terdapat di bawah permukaan tanah). Air di bawah permukaan tanah dapat muncul kembali ke permukaan tanah dalam bentuk mata air pada lapisan permukaan tanah yang lebih rendah atau penggunaan sumur.

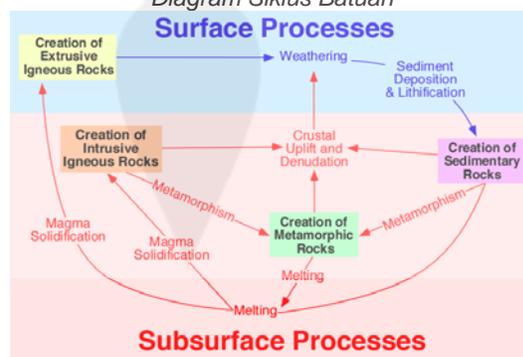
- Evaporasi

Evaporasi atau penguapan adalah proses perubahan dan pergerakan air pada permukaan bumi menjadi uap air di atmosfer. Proses evaporasi terjadi karena pengaruh dari radiasi panas matahari. Jumlah total air yang ter-evaporasi pertahunnya adalah sebesar 505.000 km³, dimana sebesar 434.000 km³ bersal dari evaporasi air laut.

- **Sublimasi**
Sublimasi adalah proses perubahan wujud air dari wujud padat (salju dan es) menjadi gas (uap air).
- **Deposisi**
Deposisi adalah proses perubahan wujud air secara langsung dari wujud gas (uap air) menjadi wujud padat (salju dan es)
- **Adveksi**
Adveksi adalah pergerakan air (cair, gas, dan padat) melalui atmosfer. Proses adveksi sangat penting dalam siklus air karena memungkinkan air yang menguap pada lautan dapat jatuh pada daerah daratan dalam bentuk hujan dan atau salju.
- **Kondensasi**
Kondensasi adalah proses perubahan wujud air dari gas (uap air) menjadi cair (hujan). Proses kondensasi yang terjadi pada atmosfer inilah yang menyebabkan terjadinya pembentukan awan dan kabut.
- **Transpirasi**
Transpirasi adalah proses pelepasan uap air dari tanaman dan tanah ke udara atau atmosfer.
- **Perkolasi**
Perkolasi adalah proses pergerakan air secara horisontal melalui tanah dan batuan karena pengaruh gaya gravitasi bumi.

II.1.5.7. Siklus Batuan

Gambar 2.12
Diagram Siklus Batuan



Sumber : <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10a.html>

Siklus Batuan adalah proses pembentukan, modifikasi batuan dibawah pengaruh proses geologi atau proses evolusi dari material batuan yang sedang mengalami perubahan kondisi fisik pada dan atau dibawah permukaan bumi²¹. Jenis batuan dibedakan berdasarkan proses geologi yang mempengaruhi, yaitu²²:

1. Batuan beku

Batuan beku dihasilkan dari proses pendinginan dan perkerasan dari magma cair dari matel bumi. Berdasarkan posisi terjadinya proses pendinginan dan perkerasan, batuan beku dibagi menjadi dua tipe: batuan beku ekstrusif - proses pendinginan dan perkerasan terjadi pada permukaan bumi; dan batuan beku intrusif - proses pendinginan dan perkerasan terjadi dibawah permukaan bumi.

2. Batuan sedimen

Batuan sedimen dihasilkan dari proses sedimentasi (dibawah pengaruh tekanan dan modifikasi kimia) material hasil erosi dan pelapukan batuan.

3. Batuan *metamorf* atau peralihan

Batuan peralihan terbentuk ketika sebuah batuan mengalami modifikasi fisik dan kimiawi didalam kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi.

Berdasarkan pengertian diatas tentang jenis - jenis batuan utama: beku, sedimen dan peralihan - siklus batuan dapat juga dijelaskan sebagai proses perubahan batuan dari satu jenis menjadi jenis batuan lainnya dan atau perubahan batuan dari satu tipe menjadi tipe lainnya dalam jenis batuan yang sama.

²¹ Microsoft Encarta 2008_Rock cycle

²² <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10d.html>

II.2. Pusat Apresiasi Bumi

II.2.1. Pengertian Apresiasi dan Apresiasi Bumi

Berdasarkan asal katanya, apresiasi menurut kamus oxford: *"to judge the value of; understand or enjoy fully in the right way"*, sedangkan menurut kamus webstern: *" to estimate the quality of; to estimate rightly; to be sensitively aware of "*. Sehingga pengertian dari apresiasi dapat dijelaskan dengan **mengenal** dan **memahami** (mengenal lebih dekat) sesuatu hal atau objek sehingga timbul sebuah **penghargaan** atau **sikap menghargai**. Sehingga pengertian dari apresiasi Bumi adalah sebuah proses kegiatan atau aktivitas dalam upaya mengenal dan memahami Bumi, sehingga muncul atau tumbuh sebuah sikap penghargaan terhadap Bumi sebagai planet kehidupan

II.2.2. Pusat Apresiasi Bumi

Pengertian pusat adalah kumpulan kesuatu titik²³.

Pengertian dari Pusat Apresiasi Bumi adalah kumpulan kegiatan mengenal dan memahami bumi kesuatu titik, dimana timbul sebuah penghargaan atau mampu menilai dan menghargai bumi sebagai mana mestinya.

Dengan kata lain, Pusat apresiasi bumi adalah wadah untuk menampung proses kegiatan atau aktivitas dalam upaya mengenal dan memahami Bumi sehingga memunculkan sikap penghargaan terhadap bumi sebagai planet kehidupan

II.2.3. Fungsi dan Tipologi Pusat Apresiasi Bumi

Pusat Apresiasi Bumi berdasarkan tujuan dari jenis kegiatannya dapat digolongkan dalam tipologi bangunan museum. Sehingga standart dan tipologi bangunan dari Pusat Apresiasi Bumi, dapat mengikuti standart dan tipologi bangunan museum. Penjelasan mengenai standart dan tipologi bangunan museum dijelaskan dalam pembahasan sub-bab berikut:

²³ Kamus Besar Bahasa Indonesia

II.2.3.1. Definisi Museum

Sebuah lembaga yang dipersembahkan untuk membantu orang untuk mengerti dan menghargai kejadian alam, sejarah peradaban, dan riwayat mengenai benda artistik, ilmu pengetahuan, dan teknologi.²⁴

Pengertian lainnya menurut kamus besar bahasa Indonesia adalah gedung yang digunakan untuk pameran tetap benda-benda yang patut mendapat perhatian umum, seperti peninggalan sejarah, seni dan ilmu, serta tempat menyimpan barang kuno.²⁵

II.2.3.2. Misi, Tugas dan Fungsi Museum

a. Misi

Melestarikan benda-benda material, makhluk hidup dan lingkungannya melalui cara-cara preventif dan kuratif yang penting artinya bagi pemahaman dan pengembangan sejarah, ilmu pengetahuan dan kebudayaan, yang pada akhirnya dapat memupuk kesadaran jati diri bangsa serta kepentingan nasional.²⁶

b. Tugas

Tugasnya menyelenggarakan pengumpulan, pengawetan, perawatan, penelitian, penyajian, penerbitan hasil penelitian dan memberikan bimbingan edukatif tentang benda bernilai budaya dan ilmiah.²⁷

c. Fungsi

Peranan pokok sebagai tempat pendidikan, informasi, pengetahuan, dan relaksasi.

Fungsi utama museum adalah untuk mengumpulkan warisan dan mengamankan warisan budaya, dokumentasi dan penelitian ilmiah, konservasi dan penerapan ilmu untuk umum, pengenalan dan penghayatan kesenian, pengenalan kebudayaan antar daerah dan bangsa, visualisasi

24 Microsoft Encarta 2008, search : museum

25 Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Besar Bahasa Indonesia, Balai Pustaka, Jakarta, 1988

26 Moh. Amir Sutarga, Studi Museologia, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, hal 3

27 Moh. Amir Sutarga, Pedoman Penyelenggaraan dan Pengelolaan Museum, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1978, hal 105

warisan alam dan budaya, cermin pertumbuhan dan peradaban umat manusia, dan pembangkit rasa bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.²⁸

II.2.3.3. Klasifikasi Museum

- Berdasarkan Penyelenggaraan Museum
 - a. Museum Pemerintah
Museum yang diselenggarakan dan dikelola oleh pihak pemerintah baik pusat maupun daerah.
 - b. Museum Swasta
Museum yang diselenggarakan dan dikelola oleh pihak swasta atau lembaga-lembaga perorangan lainnya.
- Berdasarkan Tingkatan Museum
 - a. Museum Nasional
Museum yang koleksinya terdiri dari kumpulan benda yang berasal dari seluruh wilayah Indonesia yang bersifat nasional.
 - b. Museum Regional
Museum yang koleksinya terdiri dari kumpulan benda yang berasal dari propinsi atau beberapa wilayah tertentu.
 - c. Museum Lokal
Museum yang koleksinya terdiri dari kumpulan benda yang berasal dari kabupaten atau kotamadya tertentu.
- Berdasarkan Lingkup Pelayanan
 - a. Museum Nasional
Dikelola oleh pemerintah pusat dengan lingkup koleksi dan skala pelayanan tingkat nasional.
 - b. Museum Lokal
Lingkup pelayanan pada tingkat propinsi, kabupaten, kotamadya, kota atau kecamatan.
 - c. Museum Lapangan Terbuka
Suatu kompleks luas yang menyimpan koleksi yang berasal dari kompleks bangunan bersejarah atau kepurbakalaan, baik dari hasil penggalian

²⁸ Pembakuan Rencana Induk Permuseuman di Indonesia, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Kebudayaan, Proyek Pengembangan Permuseuman, Jakarta, 1986, hal 1

maupun dari hasil pengumpulan benda-benda yang tadinya berasal dari tempat tersebut.

- Berdasarkan Tingkat Koleksi
 - a. Museum Umum
Museum yang koleksinya terdiri dari kumpulan bukti material manusia beserta lingkungannya yang berkaitan dengan berbagai cabang.
 - b. Museum Khusus
Museum yang koleksinya terdiri dari kumpulan bukti material manusia beserta lingkungannya yang berkaitan dengan satu cabang tertentu (seni, ilmu pengetahuan, alam).
- Berdasarkan Jenis Koleksi Museum
 - a. Museum Seni
Museum yang memamerkan segala benda-benda yang berhubungan dengan seni (lukisan, patung, cetakan, gambar, foto, keramik dan kaca, logam, dan perabot).
 - b. Museum Sejarah
Museum yang memamerkan segala benda-benda yang berhubungan dengan preservasi dan konservasi (kebudayaan manusia).
 - c. Museum Sejarah Alam
Museum yang memamerkan segala benda-benda yang berhubungan dengan alam (dinosaurs, tambang, ekologi, tanaman, evolusi, meteor, kehidupan laut, burung, serangga, reptil, amfibi, moluska, dan evolusi hewan bertulang belakang).
 - d. Museum Ilmu Pengetahuan
Museum yang memamerkan segala benda-benda yang berhubungan dengan perkembangan ilmu pengetahuan (komputer, robot, indera perasa manusia, kimia, fisika, dan astronomi).
 - e. Museum Khusus
Museum yang memamerkan segala benda-benda yang berhubungan dengan hal-hal bersifat khusus (museum olahraga, museum musik, dan museum anak).

II.2.3.4. Kegiatan Museum

- a. Pameran yang rekreatif; yaitu pameran tetap yang didukung rekreasi (suasana menyenangkan) sehingga tidak membosankan.
- b. Servis; yaitu mengenai keamanan dan perawatan *Mechanical Electrical Engineering* (MEE).
- c. Pengelolaan; yaitu mencakup kegiatan administratif, teknis, dan kerumahtanggaan.
- d. Konservasi dan preservasi; yaitu pengadaan koleksi, penentuan dan pencataan koleksi, perawatan dan perlindungan materi secara preventif dari bahaya, pendokumentasian materi dalam bentuk foto dan dokumenter.
- e. Pendidikan; peragaan (secara visual antara obyek (benda koleksi) dan subyek (pengunjung)), penunjang (pusat komunikasi masyarakat), bimbingan (kegiatan pengarahan), keputakaan (sumber informasi).

II.2.3.5. Pelaku Kegiatan Museum

- a. Pengunjung; tujuannya meneliti, belajar, dan rekreasi.
- b. Pengelola; terdiri dari beberapa macam, yaitu :
 - Direktur; mengatur dan mengkoordinasi seluruh ruangan.
 - Bagian umum dan administrasi; menyelenggarakan fungsi-fungsi tata laksana dan administrasi.
 - Bagian edukatif; merencanakan acara-acara (pameran, ceramah).
 - Kurator; mengumpulkan, mencatat, meneliti dan merawat serta memamerkan obyek pameran.
 - Laboran; merawat, mencatat, memproduksi, dan menyiapkan visualisasi obyek pameran yang disetujui kurator.
 - Dokumentator: menginventarisasi, katalogisasi dan dokumentasi benda-benda koleksi yang hasilnya digunakan untuk melengkapi kegiatan pameran dan pendidikan.
 - Librarian/pustakawan; melaksanakan kegiatan edukatif dan keputakaan bagi kepentingan staff atau umum.

- Ahli pameran; bertanggung jawab pada penyelenggaraan pameran dari benda-benda koleksi yang ada di museum.

II.2.3.6. Koleksi Museum

- Cara Mendapatkan Koleksi

Kebanyakan museum mendapat benda koleksi dari pemberian dan warisan (benda diberikan kepada museum ketika orang tersebut meninggal), terutama dari perseorangan. Beberapa museum mempunyai dana untuk membeli koleksi baru. Sumber koleksinya bisa dari para kolektor, pedagang, dan pelelangan. Museum juga dapat meminjam dari museum lain untuk tujuan pendidikan, penelitian, dan pameran. Dapat juga dari penjualan koleksi guna mengganti dengan koleksi yang baru.

- Dokumentasi Benda-Benda Koleksi

Museum biasanya mengatur informasi mengenai benda-benda koleksinya dalam bentuk database elektronik (softcopy). Setiap benda diidentifikasi dengan penomoran secara unik yang disebut *accession number* (penambahan angka) dimana diberikan ketika terjadi penambahan koleksi. Pencatatan penomoran terdiri dari nama pemberi atau sumber lain serta tahun perolehan. Juga termasuk model atau pembuat, sumber (asal kepemilikan), tanggal pembuatan atau periode, deskripsi koleksi, harga pembelian, ukuran, identifikasi tanda, kondisi, dan yang berhubungan dengan publikasi secara umum. Selain itu, biasanya museum juga membuat kalatog untuk koleksinya dan bahkan dimasukkan dalam situs internet museum tersebut.

- Perawatan Koleksi

Juru rawat atau konservator secara berkala memeriksa benda koleksi dan mencatat kondisinya, jika perlu, memperbaikinya juga. Konservator juga melindungi koleksi dari kerusakan secara fisik dan kimiawi (temperatur, kelambaban relatif, cahaya, polutan dan lain sebagainya). Museum juga mengasuransikan koleksinya karena berbagai hal yaitu, kebakaran, pencurian, kecelakaan, dan perusakan.

a. Koleksi Museum Sebagai Bahan Penelitian

Beberapa museum mempunyai sumber dan perpustakaan sendiri yang berguna bagi banyak pengguna yaitu, para peneliti, dosen dan guru, mahasiswa dan pelajar, dan masyarakat umum. Fasilitas ini memungkinkan untuk mengakses informasi koleksi pada museum tersebut.

b. Syarat Koleksi Museum

- Punya nilai sejarah dan ilmiah (termasuk nilai estetika).
- Dapat dijadikan dokumen, realitas bagi penelitian ilmiah.
- Dapat diidentifikasi wujudnya (morfologi), tipenya (tipologi), gayanya (style), fungsinya, maknanya, asalnya secara history dan geografis, genusnya (dalam biologi) atau periodenya (geologi) khususnya untuk benda-benda sejarah alam dan teknologinya.
- Dapat dijadikan monumen atau akan menjadi monumen dalam sejarah alam atau budaya.
- Benda asli (realita) dan benda tiruan (replika) yang sah menurut persyaratan Museum.

II.2.3.7. Sistem Penyajian Koleksi Museum

- **Teknik Peletakan Koleksi**

- a. Diorama : mampu menggambarkan suatu peristiwa tertentu dilengkapi dengan penunjang suasana (bentuk 3 dimensi) serta background berupa lukisan atau poster.
- b. Teknik ruang terbuka

- **Teknik dan Metode Penyajian Koleksi**

- a. Standar teknik penyajian meliputi : ukuran minimal vitrin dan panil, tata cahaya, tata warna, tata letak, tata pengamanan, tata suara, pelabelan, serta foto penunjang.
- b. Metode yang digunakan adalah :
 - Metode penyajian artistik; yaitu memamerkan koleksi-koleksi yang mengandung unsur keindahan.

- Metode penyajian intelektual dan edukatif; tidak hanya pada bendanya saja, tetapi juga hal yang berkaitan dengan benda tersebut.
- Metode penyajian romantik, yaitu memamerkan koleksi-koleksi disertai unsur lingkungan dimana koleksi tersebut berada/berasal.

II.2.3.8. Jenis Pameran Pada Museum²⁹

- a. Pameran Tetap (Permanen)
Pameran yang diselenggarakan sekurang-kurangnya 5 tahun.
- b. Pameran Tidak Tetap (Temporer)
 - Pameran khusus; yaitu pameran yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu (satu minggu sampai satu tahun).
 - Pameran keliling; diselenggarakan diluar museum dalam jangka waktu tertentu dengan tema khusus. Tujuannya untuk memperkenalkan koleksi yang dimiliki satu museum kepada masyarakat yang jauh dari lokasi museum tersebut.

II.2.3.9. Sifat Ruang Museum

- a. Ruang Pameran
Merupakan ruang publik, umumnya bersifat tenang, dan sebagai tempat display utama benda koleksi.
- b. Ruang Pelayanan Umum
Merupakan ruang publik yang umumnya bersifat ramai.
- c. Ruang Administrasi
Merupakan ruang semi publik yang bersifat tenang dan berhubungan dengan pihak-pihak diluar museum.
- d. Ruang Preservasi dan Konservasi
Merupakan ruang privat bagi intern museum dan bersifat tenang. Kegiatan hanya mengarah kedalam museum saja.
- e. Ruang Servis dan Utilitas
Ruang privat bagi museum yang harus dirawat dan memiliki tingkat kebisingan yang lebih dari ruang lainnya.

²⁹ Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jendral Kebudayaan Proyek Pembinaan Permuseuman Jakarta, Pedoman Pendirian Museum "kecil Tapi Indah", 1999/2000, hal 43

II.2.4. Persyaratan Tipologi Bangunan Museum

II.2.4.1. Persyaratan Kebutuhan Fisik Museum³⁰

Beberapa persyaratan yang harus dimiliki sebuah museum adalah ruang kerja untuk konservator, staff perpustakaan dan administrasi, ruang koleksi, ruang pameran tetap dan sementara, laboratorium, studio pemotretan dan studio audio visual (untuk keperluan dokumentasi), ruang penerangan dan pendidikan, fasilitas rekreasi dan istirahat.

Untuk lokasi museum sebaiknya yang mudah dijangkau dan tidak jauh dari pusat kota serta harus sehat (bebas dari polusi udara industri).

II.2.4.2. Persyaratan Bangunan Museum

a. Syarat Umum

- Bangunan dipisahkan dan dikelompokkan menjadi 3 yaitu menurut fungsi dan aktifitas, ketenagakerjaan, dan keamanannya.
- Pintu masuk utama (main entrance) untuk pengunjung museum.
- Pintu masuk khusus (service entrance) untuk lalu lintas koleksi, bagian pelayanan, perkantoran, ruang jaga serta ruang-ruang pada bangunan khusus.
- Area publik/umum : bangunan utama (pameran permanen dan temporer), bangunan pendukung (lavatory, auditorium, retail toko, kantin, lobi, ruang istirahat, taman, tiket box dan penitipan, pos jaga dan area parkir).
- Area semi publik : (ruang administrasi, perpustakaan, ruang rapat).
- Area privat : (laboratorium konservasi, studio preparasi, storage).

b. Syarat Khusus

- Bangunan utama (pameran permanen dan temporer); harus dapat memuat benda-benda koleksi yang akan dipamerkan, mudah dicapai baik dari luar maupun dalam, punya daya tarik sebagai bangunan

³⁰ Moh. Amir Sutarga, *Persoalan Museum di Indonesia*, Jakarta, Direktorat Jenderal Kebudayaan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

- pertama yang didatangi pengunjung, punya sistem pengamanan yang baik (segi konstruksi, spesifikasi ruang, pengusakan dan pencurian).
- Bangunan auditorium; harus mudah dicapai untuk umum, dapat dipakai untuk ruang pertemuan, diskusi ceramah, seminar dan sebagainya.
 - Bangunan khusus (privat); terletak pada daerah tenang, punya pintu masuk khusus, memiliki sistem keamanan yang baik.
 - Bangunan administrasi; strategis untuk pencapaian secara umum serta bangunan lain dan punya pintu masuk khusus.

II.2.4.3. Persyaratan Elemen Pendukung Museum

a. Kualitas cahaya

Cahaya alami dan buatan dapat mengakibatkan kerusakan karena punya 2 unsur yang membahayakan (ultraviolet dan infrared). Ultraviolet dapat menimbulkan perubahan pada bahan dan warna benda koleksi. Cahaya buatan lebih baik dari cahaya alami tetapi harus diatur tingkat keterangannya.

Energi cahaya dapat menaikkan suhu, pengaburan, penggelapan, penuaan benda koleksi sekaligus menimbulkan iklim mikro dari berbagai kelembaban relatif dan reaksi-reaksi kimiawi.

Berdasarkan Illumination Engineers Society of North America (IESNA)³¹, pada area pameran, tingkat cahaya dominan pada area permukaan benda koleksi (permukaan merupakan area sensitif). Tingkat pencahayaannya tidak boleh lebih dari 5 footcandles (fc).

Ada beberapa pengelompokkan pencahayaan dilihat dari material benda koleksi dan ruangnya :

- Benda dari kertas, print, kain, kulit berwarna (ruang pamer sangat sensitif); tingkat cahayanya antara 5 – 10 fc.
- Lukisan cat minyak dan tempera, kayu (ruang pamer sensitif); tingkat cahayanya antara 15 – 20 fc.

³¹ Lighting Handbook for General Use

- Kaca, logam, batu, keramik (kurang sensitif); tingkat cahayanya antara 30 – 50 fc.
- Penyimpanan benda koleksi; tingkat cahayanya 5 fc.
- Tempat penanganan benda koleksi; antara 20 – 50 fc.
- b. Temperatur/kelembaban
Perhitungan intensitas panas dari cahaya buatan, suhu dan kelembaban yang optimum tidak hanya diterapkan pada ruang pameran saja, melainkan pada ruang storage dan konservasi.³²
- c. Kulit luar bangunan
Jendela dan skylight harus dapat menyaring radiasi ultraviolet dan infrared. Penyaluran suhu dapat dihindari dari penggunaan konstruksi dinding dan atap.
- d. Fire protection
Penggunaan air untuk pemadaman benda koleksi harus dihindari karena sama bahayanya dengan api. Alat pendeteksi kebakaran dan kerusakan alat listrik mutlak ada dan sprinkler hanya ditempatkan pada benda koleksi yang tahan air.
- e. Ventilasi
Penggunaan bukaan alami cross ventilation (tinggi pada satu sisi, dan rendah pada sisi lainnya) sangat berguna untuk aliran udara. Alangkah baiknya bila menggunakan AC (air conditioner) karena mudah untuk pengaturan temperatur dan kelembabannya.³³
- f. Sistem komunikasi
Harus ada pada setiap ruang publik dan akan berpengaruh pada kegiatan administrasi, pelayanan, dan informasi (lobi, area sirkulasi, auditorium, ruang pertemuan, ruang-ruang privat, dan beberapa ruang luar).
- g. Akustik
Dapat membuat nyaman perseorangan dan kelompok. Area sirkulasi utama dan ruang pameran memerlukan penataan akustik tertentu untuk

³² New Metric Handbook, Museum and Galleries

³³ Smita J.Baxi, Vinod P.Dwivedi, Modern Museum, Organization and Practice in India, New Delhi, Abhinav Publication, hal 34

mencegah menjadi terlalu “hidup” sehingga merusak pengalaman yang ingin diciptakan museum.

h. Keamanan

Perancangan sistem HVAC, pintu-pintu dan perangkat keras, konstruksi dinding dan atap serta konstruksi skylight aman dari tindak kriminalitas.

i. Plumbing

Menghindari kebocoran dan kondensasi pada toilet serta peletakannya pada area koleksi.

