

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Desain Grafis

Landa (2014) menyatakan desain grafis adalah bentuk dari komunikasi melalui representasi visual dari ide yang mengandalkan penciptaan, pemilihan, dan pengorganisasian elemen visual dengan tujuan menyampaikan pesan atau informasi kepada audiens. Karena desain grafis memiliki bermacam-macam cara untuk menyelesaikan masalah, maka dari itu desain grafis dapat menjadi solusi yang sangat efektif untuk mempengaruhi perilaku target (hlm.1).

##### 2.1.1 Elemen Desain

Landa (2014) menyatakan elemen pada desain dua dimensi biasa terdiri dari garis, bentuk, warna dan tekstur (hlm.19).

##### 1. Garis

Garis terbentuk dari kumpulan unit terkecil bernama titik yang biasanya terlihat seperti lingkaran atau terlihat persegi pada software yang menggunakan piksel. Titik yang memanjang akan membentuk garis yang bisa lurus, melengkung, maupun bersudut dengan karakteristik panjang lebih daripada lebar. Garis selalu ada pada elemen desain lainnya karena memiliki banyak fungsi dalam komposisi dan komunikasi serta dapat memandu arah tujuan desain (hlm.19).



Gambar 2.1 Garis pada *game 8 ball pool*  
Sumber: <https://8-ball-pool.id.uptodown.com/android>

## 2. Bentuk

Bentuk adalah area datar atau dua dimensi yang terbentuk dari sebagian atau keseluruhan oleh kumpulan garis, warna, *tone*, atau tekstur. Bentuk biasanya dapat di ukur dengan panjang dan lebar serta dibagi menjadi tiga bentuk dasar, yaitu bujur sangkar, segitiga dan lingkaran (hlm.20—21).



Gambar 2.2 Bentuk pada *Farm Platformer Tileset*  
Sumber: <https://tokegameart.net/item/farm-platformer-tileset/>

## 3. Warna

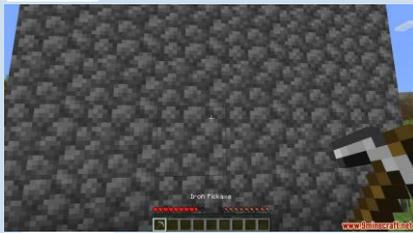
Warna menjadi salah satu elemen penting dalam desain, karena warna dapat divariasikan. Warna sendiri memiliki dua jenis, yaitu warna RGB yang terdiri dari warna primer merah, hijau dan biru serta warna CMYK yang biasa digunakan pada tinta atau cat untuk mencetak. Selain itu, elemen warna terdiri dari *hue* sebagai nama dari masing-masing warna, *value* yang mengacu pada luminositas dengan menambahkan hitam atau putih kedalam warna agar terlihat perbedaan pada terang gelapnya warna, dan *saturation* yang mengacu pada kecerahan dan kusam pada warna dengan menggunakan intensitas atau kroma (hlm.23).



Gambar 2.3 Warna pada *Zuma Deluxe*  
Sumber: [https://store.steampowered.com/app/3330/Zuma\\_Deluxe/](https://store.steampowered.com/app/3330/Zuma_Deluxe/)

#### 4. **Tekstur**

Tekstur adalah simulasi atau representasi dari suatu permukaan. Tekstur dibagi menjadi dua, yaitu tekstur taktil dan tekstur visual. Tekstur taktil memiliki kualitas tekstur asli atau teksturnya dapat diraba dan dirasakan secara fisik. Sedangkan tekstur visual adalah tekstur yang dibuat seperti ilusi agar terlihat seperti memiliki tekstur asli (hlm.28).



Gambar 2.4 Tekstur pada *Minecraft*  
Sumber: <https://www.9minecraft.net/>

#### 2.1.2 **Prinsip Desain**

Landa (2014) menyatakan bahwa dalam membuat komposisi desain, dibutuhkan beberapa prinsip desain, yaitu *balance*, *emphasis*, *rhythm*, *unity*, *scale*. Prinsip desain ini dapat terbuat atau terciptakan sendiri tanpa kesadaran sendiri, jika melakukan banyak latihan dalam mendesain (hlm.29).

##### 1. ***Balance***

*Balance* atau keseimbangan adalah salah satu prinsip desain yang sering ditemui di kehidupan sehari-hari, karena banyak pergerakan fisik memerlukan keseimbangan. *Balance* dalam prinsip desain adalah kestabilan atau keseimbangan yang dibuat dari komposisi visual dan elemen desain. Desain yang seimbang akan menunjukkan keharmonisan dan dapat memberikan pengaruh terhadap pemberian informasi (hlm.30—31).



Gambar 2.5 *Balance* pada *Angry birds*  
Sumber: <https://angrybirds.fandom.com/>

## 2. *Emphasis*

*Emphasis* atau hirarki visual menjadi salah satu prinsip desain yang utama dalam mendesain. Karena *emphasis* dapat mengarahkan mata pengguna ketujuan informasi yang ingin diberikan dan dapat melihat elemen visual dengan urutan yang sesuai seperti yang diinginkan desainer. *Emphasis* adalah susunan dari elemen visual yang mengutamakan kepentingan informasi atau desain dari elemen visual yang lain, sehingga memunculkan elemen visual yang lebih dominan dari pada yang lain (hlm.33).



Gambar 2.6 *Emphasis* pada *Genshin Impact*  
Sumber: <https://genshin-impact.fandom.com>

## 3. *Rhythm*

*Rhythm* atau ritme sering ditemukan di musik maupun puisi yang dibuat dari suatu kesamaan atau kecocokan pola dan ketukan. Dalam prinsip desain, *rhythm* juga memiliki kesamaan dalam penggunaan elemen desain seperti konsisten, repetisi, dan pola yang akan membuat ritme. Faktor yang dapat mendukung *rhythm* adalah penggunaan warna, tekstur, figur, dan *emphasis*, dan keseimbangan. *Rhythm* dapat membuat mata pengguna lebih enak dalam melihat desain dan melihat berulang-ulang (hlm.35).



Gambar 2.7 *Rhythm* pada *Genshin Impact*  
Sumber: <https://gamerant.com/>

#### 4. *Unity*

*Unity* atau kesatuan dapat dibentuk dari elemen desain atau gambar yang memiliki kecocokan satu sama lain, sehingga gabungan dari elemen desain atau gambar tersebut dapat menjadi hasil desain yang kuat dan terlihat saling memiliki satu sama lain. Cara membuat *unity* ini sendiri harus berdasarkan pemikiran yang menciptakan urutan, hubungan, dan pengelompokan seperti penentuan elemen visual dari lokasi, orientasi, kesukaan, bentuk hingga warna (hlm.36).



Gambar 2.8 *Unity* pada *Halo Infinite*  
Sumber: <https://primetimegamer.com/>

#### 5. *Scale*

*Scale* pada desain adalah ukuran dari elemen desain yang terlihat dan terhubung dengan elemen desain lainnya sesuai dengan komposisi. *Scale* juga dilihat berdasarkan proposi hubungan dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Alasan *scale* perlu digunakan dalam prinsip desain adalah dapat memberikan variasi pada komposisi desain, dapat memberikan kontras dan dinamis pada bentuk, dan dapat menciptakan ilusi yang terlihat seperti 3 dimensi (hlm.39).



Gambar 2.9 *Scale* pada *Pokemon Legends: Arceus*  
Sumber: <https://www.reddit.com/>

### 2.1.3 Ilustrasi

Soedarso (2014) Ilustrasi atau gambar menjadi salah satu elemen penting dalam mendesain. Dengan pemikiran dan rencana yang baik pada pembuatan atau pemilihan ilustrasi dapat membuat pengguna lebih merasakan konten yang dibuat. Ilustrasi yang dapat menyampaikan pesan dengan efektif, berhubungan dengan konten, memiliki arti yang dalam serta membawa emosi pengguna adalah ilustrasi yang baik dan tepat.

Soedarso melanjutkan ilustrasi pada suatu media memiliki beberapa jenis yang dibagi berdasarkan tampilan yang diberikan.

#### 1. Ilustrasi Naturalis

Ilustrasi naturalis adalah ilustrasi dengan penggambaran dan pewarnaan yang diambil dari kehidupan nyata atau realis. Ilustrasi ini biasanya digunakan untuk memberikan kesan serius dan berhubungan langsung dengan dunia nyata. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah permainan simulasi *Microsoft Flight Simulator*.



Gambar 2.10 *Game Microsoft Flight Simulator*  
Sumber: <https://store.steampowered.com/>

#### 2. Ilustrasi Dekoratif

Ilustrasi Dekoratif adalah ilustrasi dengan penggambaran dengan gaya ilustrasi yang baru. Biasanya gaya ilustrasi tersebut dapat terbentuk dari hasil menyederhanakan atau melebih-lebihkan suatu bentuk. Ilustrasi ini biasanya dibuat untuk membuat sesuatu yang original dan baru bagi audiens. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah permainan *Castle Crashers*.



Gambar 2.11 Game *Castle Crashers*  
Sumber: <https://store.steampowered.com/>

### 3. Ilustrasi Kartun

Ilustrasi kartun adalah ilustrasi dengan penggambaran dengan bentuk yang lucu dan imut. Biasanya pewarnaan yang digunakan adalah warna terang dan tenang seperti pastel. Ilustrasi ini digunakan untuk menarik perhatian audiens terutama anak-anak. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah permainan *Veggie Village Quest*.



Gambar 2.12 Game *Veggie Village Quest*  
Sumber: <https://www.cartoonnetworkme.com>

### 4. Ilustrasi Karikatur

Ilustrasi karikatur adalah ilustrasi dengan penggambaran proporsi tubuh yang di distorsi seperti kepala yang lebih besar. Biasanya ilustrasi ini dibuat pada halaman koran dan majalah dengan tujuan memberikan kritik dan sindiran. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah majalah *Humorous Arts*.



Gambar 2.13 Majalah Ha! (*Humorous Arts*)  
 Sumber: <https://www.caricatures.org.uk/>

## 5. Ilustrasi Cerita Bergambar

Ilustrasi cerita bergambar adalah ilustrasi dengan penggambaran yang diberikan teks. Biasanya ilustrasi ini digunakan sebagai penggambaran dari alur cerita agar penyampaian cerita dapat lebih menarik serta membuat audiens lebih gampang memahami keadaan dan suasana cerita. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah permainan *LDS game Bundle Storybook*.



Gambar 2.14 Game LDS game Bundle Storybook.  
 Sumber: <https://m.apkpure.com/>

## 6. Ilustrasi Buku Pelajaran

Ilustrasi buku pelajaran adalah ilustrasi dengan penggambaran dari suatu peristiwa atau ilmiah berdasarkan keterangan yang ada pada buku pelajaran. Bentuk ilustrasi yang ditampilkan biasanya berupa foto, ilustrasi naturalis, dan gambar bagan. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah buku sekolah *biology*.



Gambar 2.15 buku sekolah *biology*  
Sumber: <https://www.behance.net/>

## 7. Ilustrasi Khayalan

Ilustrasi khayalan adalah ilustrasi dengan penggambaran imajinasi atau fiksi yang telah diolah dan dipikirkan. Biasanya ilustrasi ini digambarkan dengan tema yang sangat luas seperti tema fantasi karena bisa menggambarkan keadaan yang tidak benar-benar terjadi di dunia nyata. Contoh penggunaan ilustrasi ini adalah *Fantasy Game Project*.



Gambar 2.16 *Fantasy Game Project*  
Sumber: <https://www.behance.net/>

### 2.1.4 Tipografi

Suprayoga (2005) menyatakan bahwa tipografi adalah segala sesuatu yang memiliki hubungan dengan teks pada bermacam-macam bidang. Tipografi selalu digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti pekerjaan dan penggunaan pada desain grafis. Tipografi menjadi elemen yang penting karena dapat mengubah suatu makna dari pesan yang ingin disampaikan.

Selain itu, tipografi dapat menjadi alasan audiens dapat kesulitan maupun mempermudah saat membaca teks (hlm.39).

Landa (2014) menyatakan bahwa tipografi memiliki 2 bentuk, yaitu *typeface* yang berarti kumpulan karakter seperti huruf, angka, tanda baca, dan simbol dengan kesamaan bentuk yang konsisten sehingga menciptakan satu kesatuan kelompok. Sementara, *font* yang berarti kelompok karakter *typeface* dengan bermacam ukuran di media digital (hlm.44).

## **2.2 Game Digital**

Angelides dan Angius (2014) menyatakan dalam buku *Handbook of Digital Games*, bahwa budaya *Game* digital telah berkembang sejak awal tahun 1980-an dan terus berkembang sampai sekarang bersama dengan perkembangan industri terutama di bidang hiburan dan promosi. *Game* digital sekarang tidak dibatasi oleh satu platform saja, melainkan telah menyebar hingga *desktop*, *PCs*, tablet, konsol khusus, dan ponsel. Perkembangannya juga telah dibantu dengan *web* yang akhirnya dapat membuat pengguna dapat bermain dengan pengguna lain melalui sistem *multiplayer online game* dan banyak sosial media menjadi tempat pengguna untuk membuat komunitas *game* Digital mereka. Karena hal tersebut pengguna dapat berbagi pengalaman dimana pun, kapan pun, dan dari perangkat apa pun.

### **2.2.1 Serious Games**

Adams (2013) menyatakan dalam buku *Fundamentals of Game Design Third Edition*, bahwa *Serious games* adalah tipe game yang memiliki tujuan utama untuk mencapai sesuatu yang berarti di dunia nyata seperti menyelesaikan masalah di dunia nyata dan tidak dibuat sengaja untuk hiburan semata. Walaupun tujuan *game* ini dibuat dengan masalah yang serius, tetapi *game* juga harus tetap dapat dinikmati saat dimainkan (hlm.27).

#### **1. Edukasi dan pelatihan**

Bentuk *serious games* yang paling lama adalah *game* edukasi. *Game* edukasi pada dasarnya ditemukan dari berbagai inspirasi oleh para desainer agar pengguna dapat belajar tanpa merasa sedang diajari. Salah satu contoh

*game* edukasi yang dibuat untuk melatih para medis *physical skills* dalam melakukan operasi tanpa melakukan operasi secara langsung (hlm.27).



Gambar 2.17 Game AbcdeSIM  
Sumber: <https://virtualmedschool.com/abcdesim/>

## 2. Simulasi dan pembelajaran

Banyak *games* yang menggunakan simulasi sebagai pembelajaran seperti *flight simulator* dan *driving simulator*. *Game* simulasi biasa dibuat dengan tidak memiliki tujuan hiburan sama sekali, melainkan dibuat dengan kualitas yang seakurat mungkin dengan dunia nyata (hlm.28).



Gambar 2.18 game Microsoft Flight Simulator  
Sumber: <https://www.nbcnews.com/>

## 3. Persuasi

*Game* persuasi biasa digunakan oleh orang yang ingin menyampaikan pesan atau pandangan terhadap promosi produk, politik, maupun tujuan amal. Seperti *game PeaceMaker* yang memberikan tujuan pemain untuk mencapai

kedamaian antara Israel dan Palestina, tetapi pemain diberikan banyak pilihan untuk mencapai tujuan *game* tersebut serta dapat gagal jika pemain mengambil pilihan yang tidak sesuai perilaku (hlm.28).



Gambar 2.19 *game PeaceMaker*  
Sumber: <https://www.mobygames.com/>

#### 4. Kesehatan dan pertumbuhan

*Game* dengan tujuan membantu pelatihan mental untuk mencegah berkurangnya fungsi otak selagi bertambahnya umur, dengan menggunakan *brain-training games*. Selain itu, terdapat *game* yang memiliki aspek untuk kesehatan dan pertumbuhan seperti *game Wii Fit* yang populer karena melatih fisik dan dapat dimainkan di rumah dan tidak mudah membosankan. *Game* ini juga dapat mengurangi keperluan morfin sebagai prosedur penghilang rasa sakit dengan mengalihkan perhatian pasien. Contoh lain adalah *game Spider World* yang dibuat untuk membantu pengguna yang memiliki fobia terhadap laba-laba (hlm.28).



Gambar 2.20 *game Wii Fit*  
Sumber: <https://www.trustedreviews.com/>

## 2.2.2 *Game* Digital dan Media Edukasi

Angelides dan Angius (2014) menyatakan dalam buku *Handbook of Digital Games*, mendapatkan data bahwa *game* digital dapat memberikan kurikulum tersembunyi di dalamnya, sehingga membuat *game* digital dibuat dengan tujuan mengembangkan cara berpikir spesifik dan keterampilan sambil mengajarkan sikap positif serta sopan santun kepada lingkungan dan orang lain. Studi lain juga mendapatkan bahwa *game* digital dapat mengundang dan memotivasi siswa saat baru diperkenalkan dengan kelasnya. Di dalam *game* digital pelajar dapat memilih aksi dan mendapatkan reaksi. Hal ini menjadi alasan kenapa *game* dapat menjadi media pendidikan yang kuat.

## 2.2.3 Genre *Game* Digital

Adams (2013) menyatakan dalam buku *Fundamentals of Game Design Third Edition*, bahwa genre telah dibuat untuk menggolongkan jenis-jenis *game* agar dapat dijelaskan lebih gampang. Contoh genre *game* klasik adalah *shooters, action, adventure, platformers, fighting, strategy, role-playing, sports, vehicle simulations, construction, dan puzzle*. Setelah berbagai perkembangan, genre *game* telah mengalami banyak perubahan dan bergabung dengan genre lainnya menjadi jenis genre baru lagi. Genre yang mengalami perubahan dan penggabungan tersebut menjadi pecahan kecil dengan sebutan *sub genre* (hlm.67—78).

### 2.2.3.1 *Puzzle*

*Puzzle* adalah salah satu elemen *game* yang sering muncul di beberapa genre seperti pada *action games*, pemain akan mencari tahu bagaimana cara mencari kelemahan musuhnya dan pada *adventure game*, pemain akan menemui banyak *puzzle* untuk memproses cerita atau perjalanan. Oleh karena itu, *puzzle game* dibuat menjadi suatu genre tersendiri yang biasanya berisi *game* dengan bermacam-macam *puzzle* (hlm.583).

#### 2.2.4 Elemen *Game*

Dillon (2005) menyatakan bahwa dalam *game* memerlukan beberapa elemen dasar yang harus diperhatikan, yaitu *game rules*, *game world*, *plot*, *theme*, *characters*, *object/items*, *text*, *graphics*, *sound*, *animation*, dan *user interface*.

##### 1. ***Game rules***

*Game rules* adalah aturan yang beroperasi dan berfungsi pada sebuah objek dan karakter di dunia permainan. Aturan tersebut biasanya dapat dipelajari dan dipahami oleh pemain seiring permainannya berjalan.

##### 2. ***Game world***

*Game world* atau dunia permainan adalah latar tempat yang dibuat sebagai tempat permainan tersebut berjalan. Contohnya seperti pulau, gua, dunia sihir serta populasi yang berhubungan dengan latar tempat tersebut. \

##### 3. ***Plot***

*Plot* adalah informasi yang biasanya disampaikan saat pertama kali pemain memasuki *game world* serta penjelasan tentang apa yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan dan menyelesaikan permainan. *Plot* pada *game* biasanya penuh bahaya atau tidak selalu berjalan lurus dan bisa memiliki berbagai cara untuk mencapai keberhasilan dan permainan tersebut.

##### 4. ***Theme***

*Theme* adalah tema/moral utama yang menjadi dasar pada permainan, seperti pada permainan petualangan yang menggunakan misi untuk menjaga keseimbangan dunia.

##### 5. ***Characters***

*Characters* adalah karakter yang digunakan oleh pemain dan *non-player characters*. Karakter yang didesain memiliki sifat dan atributnya sendiri, seperti kekuatan, pakaian, bekas luka, sejarah, pengetahuan dan lain-lain.

##### 6. ***Object/items***

*Object* adalah benda atau sesuatu yang menjadi peran penting dalam permainan, karena benda ini akan selalu dibutuhkan dalam menyelesaikan

masalah dan biasanya pemain harus memenuhi syarat tertentu untuk mendapatkan serta menggunakannya.

#### **7. *Text, graphics and sound***

Kombinasi dari tulisan, grafik dan suara biasanya diperlukan dalam pembuatan permainan. Tetapi terdapat beberapa kasus yang tidak menggunakan salah satu dari tiga kombinasi tersebut.

#### **8. *Animation***

*Animation* adalah pergerakan karakter, objek dan properti pada *game world* agar membuat suatu animasi. Tujuan dari animasi ini juga agar cerita pada permainan lebih menarik pemain untuk dipahami serta menaikkan kualitas permainan.

#### **9. *User Interface***

*User Interface* adalah fitur tampilan pada layar yang membuat pengguna berkomunikasi dengan cara yang bermakna melalui pilihan teks, grafik, suara maupun animasi.

### **2.3 Lapisan Atmosfer**

Noer dan Dayana (2021) menyatakan dalam buku “Buku Metrologi” bahwa atmosfer diambil dari Bahasa Yunani yaitu “Atmos” dengan arti gas/uap air serta “Sphaira” dengan arti selimut. Atmosfer bisa diartikan menjadi selimut gas yang menutupi sebuah planet seperti bumi. Atmosfer juga memiliki ketebalan hingga 1.000 km dari permukaan bumi hingga ke luar angkasa serta memiliki massa 59 x 10<sup>14</sup> ton. Manfaat dari keberadaan atmosfer di planet bumi adalah membantu agar radiasi sinar ultraviolet dari matahari tidak diserap oleh bumi, menjaga suhu pada siang dan malam, menjaga bumi dari benda-benda luar angkasa yang jatuh, sumber penyedia oksigen dan karbon dioksida, membantu perubahan iklim dan cuaca di bumi dan membantu distribusi air ke seluruh wilayah bumi (hlm.35—37).

Lapisan atmosfer juga dibagi menjadi beberapa lapisan yang dikategorikan dari perbedaan tekanan massa, jarak dan suhunya (hlm.39).

## **1. Troposfer**

Troposfer menjadi lapisan yang paling mendekati permukaan bumi dengan ketinggian 0—10 km. suhu lapisan troposfer mengalami penurunan rata-rata  $6^{\circ}\text{C}$  setiap naik ketinggian 1.000 meter dari permukaan bumi daerah khatulistiwa. Seperti pada daerah ketinggian 11 km mendapatkan suhu rata-rata  $54^{\circ}\text{C}$  dan pada daerah kutub dengan ketinggian 8 km mendapatkan suhu rata-rata  $46^{\circ}\text{C}$  (hlm.40).

## **2. Stratosfer**

Stratosfer menjadi lapisan kedua setelah troposfer dari permukaan bumi dengan ketinggian antara 10—40 km. Suhu pada lapisan stratosfer mencapai sekitar  $-57^{\circ}\text{C}$  dan suhunya biasanya stabil karena pada lapisan ini terdapat lapisan ozon serta uap air yang sedikit. Biasanya lapisan stratosfer menjadi daerah pesawat terbang mesin jet untuk menghindari gangguan pada cuaca (hlm.40).

## **3. Mesosfer**

Mesosfer menjadi lapisan ketiga setelah stratosfer dari permukaan bumi dengan ketinggian antara 40—70 km. Gas pada lapisan mesosfer tidak sepadat lapisan stratosfer dan mesosfer memiliki udara muatan listrik atau lapisan ion. Lapisan ion terletak antara 50—70 km yang terbentuk karena sinar ultra violet di molekul udara dan bertemu dengan elektron (muatan listrik negatif). Suhu pada mesosfer akan menurun saat ketinggian bertambah dengan  $-143^{\circ}\text{C}$  pada bagian teratas mesosfer. Lapisan mesosfer juga biasanya menjadi lapisan yang melindungi dari bekas jatuhnya benda luar angkasa yang masuk ke bumi (hlm.41).

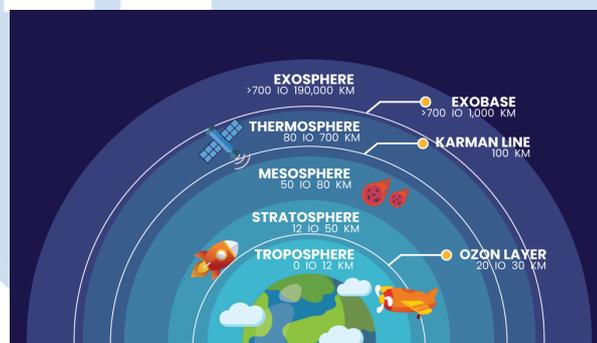
## **4. Termosfer (ionosfer)**

Termosfer menjadi lapisan keempat setelah mesosfer dari permukaan bumi dengan ketinggian antara 70—400 km. Temperatur pada lapisan ini menjadi sangat tinggi hingga mencapai  $1982^{\circ}\text{C}$ , maka dari itu lapisan ini diberi nama termosfer. Selain itu, terdapat reaksi kimia yang membentuk muatan listrik karena radiasi ultra violet sehingga membuat lapisan ini bisa disebut juga dengan ionosfer. Termosfer kebanyakan berisi ozon dan karbon

dioksida, dengan kepadatan yang rendah. Tetapi udara pada termosfer tergolong cukup kuat untuk membakar meteor dari ketinggian 300 km (hlm.41—42).

## 5. Eksosfer

Eksosfer menjadi lapisan terakhir setelah termosfer dari permukaan bumi dengan ketinggian antara 400 km hingga seterusnya. Lapisan ini memiliki gas yang sangat tipis dan hidrogen menjadi unsur utamanya. Lapisan ini menjadi lapisan pertama yang akan melakukan proses penghancuran meteor atau benda luar angkasa (hlm.42).



Gambar 2.25 Lapisan atmosfer  
Sumber: <https://roboguru.ruangguru.com>

### 2.3.1 Lapisan Ozon

Nasir (2017) menyatakan dalam buku “Klimatologi dasar: landasan pemahaman fisika atmosfer dan unsur-unsur iklim” gas ozon berada pada ketinggian 12—50 km dan mudah terurai karena tumbukan partikel lain atau terjadi reaksi fotokimia karena bertemu dengan radiasi ultraviolet. Proses pembentukan ozon dimulai dari molekul  $O_2$  pada ketinggian 80—100 km terpecah menjadi  $O$  karena menyerap spectrum radiasi ultraviolet yang tinggi. Sebagian  $O$  yang terpecah akan turun ke lapisan dengan ketinggian 30—60 km bersama dengan molekul  $O_2$  dan  $O_3$ . Saat  $O$  dan  $O_2$  bertemu serta mencapai faktor keseimbangan momentum akan membentuk  $O_3$  atau ozon. Selain itu jika yang bertemuan adalah  $O_3$  dan  $O$ , maka yang tercipta adalah  $O_2$  dan  $O_2$ . Ozona atau  $O_3$  menyerap radiasi ultraviolet, maka ozon akan terpecah kembali menjadi  $O$  dan  $O_2$ . Ozon akan optimal jika proses

pembentukan lebih cepat atau seimbang daripada proses penguraiannya (hlm.18—19).

Nasir melanjutkan pada proses pembentukan dan penguraian ozon mencapai keseimbangan pada ketinggian 40 km, dan lapisan ozon atau ozonosfer tercipta pada ketinggian 20—30 km karena banyaknya konsentrasi ozon yang berkumpul. Lapisan ozon tersebut menetap di ketinggian tersebut karena kerapatan molekulnya yang akan membuatnya mudah terurai saat menuju ke lapisan yang lebih rendah maupun lebih tinggi. Kadar pada ozon sendiri mengalami perubahan terus menerus tergantung waktu dan tempat. Kadar ozon terbanyak ditemukan pada daerah kutub utara dan kutub selatan terutama saat musim dingin, hal ini disebabkan karena suhu yang dingin. Semakin jauh dari daerah kutub, kadar pada ozon akan berkurang. (hlm.19—20).

### **2.3.2 Penipisan Lapisan Ozon**

Farman, Gardiner dan Shanklin (1985) menyatakan pada tahun 1985 di Antartika mengalami kekurangan pada kadar ozon sehingga menyebabkan lubang sebesar negara Amerika Serikat pada lapisan ozon. Lubang pada lapisan ozon ini menjadi lubang pertama yang muncul pada lapisan ozon. Lubang ozon di Antartika membutuhkan waktu yang lebih lama dalam penyembuhan karena suhu rendah. Manney dkk (2011) menyatakan daerah Artik mengalami kerugian ozon yang bervariasi dan terbatas, tidak seperti di daerah Antartika. Tetapi pada tahun 2011, daerah Artik mengalami kerugian ozon hingga 80% karena musim dingin yang berlangsung lama dan banyaknya klorin. Witse (2020) menyatakan daerah Artik sering mengalami fenomena *polar vortex* yang menyebabkan kadar pada ozon menjadi aneh dan beberapa berlubang.

Angell dan Korshover (2005) menyatakan jika lapisan ozon telah habis, maka radiasi sinar ultraviolet yang diberikan oleh matahari akan masuk ke bumi. Radiasi sinar ultraviolet akan merusak lingkungan dan kesehatan manusia, contohnya adalah menyebabkan kanker pada kulit, kerusakan pada

mata dan mutasi pada genetik. Newsham dan Robinson (2009) menyatakan radiasi sinar ultraviolet mengganggu proses perkembangan dan fisiologis pada tanaman, sehingga produktivitas tanaman berkurang. Hal ini merugikan manusia karena kekurangan pangan dan kehidupan manusia sangat bergantung pada pangan.

### **2.3.3 Faktor Penipisan Lapisan Ozon**

Molina dan Rowland (1974) menyatakan penyebab utama dari penipisan atmosfer adalah karena zat klorofluorokarbon dan zat lainnya yang disebabkan oleh kegiatan atau peralatan manusia seperti pendingin pada kulkas, pendingin ruangan, dan kaleng semprot aerosol. Saat zat klorofluorokarbon memasuki lapisan atmosfer akan menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan klorin bersama bromin yang akan menghancurkan molekul lapisan ozon. Nasir (2017) juga menyatakan bahan partikel seperti *Chloro Flour Carbon* atau CFC dan  $\text{NO}_x$  yang menyentuh atmosfer dapat mengganggu keseimbangan lapisan ozon dengan mengurai  $\text{O}_3$  sehingga terjadi penipisan pada lapisan (hlm.19).

Przyborski (2010) menyatakan bahwa pemanasan global memiliki hubungan pada penipisan lapisan ozon. Saat efek gas rumah kaca berlangsung, secara tidak langsung suhu pada stratosfer akan menjadi dingin. Efek pendinginan ini akan mempengaruhi pada peningkatan awan di kutub, sehingga reaksi klorin akan lebih efektif dan menghabiskan ozon dengan cepat.

### **2.3.4 Pencegahan penipisan lapisan ozon**

“Montreal Protocol” (2011) Protokol *montreal* dibuat dan disetujui secara internasional serta diikuti dengan 197 negara lainnya pada tahun 1987 dengan tujuan menghentikan produksi zat-zat dan mengurangi konsentrasi zat yang mempengaruhi penipisan lapisan ozon. Persetujuan protokol *montreal* memberikan dampak yang sangat efektif terhadap lapisan ozon. Beberapa zat telah terdaftar kedalam bahan perusak ozon (BPO) yang memberikan efek yang terbesar dalam penipisan atmosfer, yaitu *Chlorofluorocarbons* (CFCs),

*Halons*, *Carbon tetrachloride* ( $\text{CCl}_4$ ), *Methyl chloroform* ( $\text{CH}_3\text{CCl}_3$ ), dan *Hydrochlorofluorocarbons* (HCFCs). Zat tersebut biasa terdapat pada kulkas, AC, gas pemadam kebakaran, *foam*, *aerosol*, bahan pembakar, dan gas untuk fumigasi.

Hartono (2014) menyatakan solusi dari BPO ini adalah perjanjian konvensi *Wina*, protokol *Montreal*, dan negara Indonesia sendiri membuat peraturan nomor 41/M-IND/PER/5/2014 pada 4 Juni 2014 yang melarang penggunaan BPO seperti CFC, HCFC dan aerosol pada pendingin ruangan (AC), kulkas, pengatur suhu, busa *foam*, alat pemadam api dan pelarut untuk diproduksi serta melarang pemeliharaan barang mulai dari 31 Desember 2030. Selain itu, produk elektronik tanpa BPO harus diberikan tulisan ramah lingkungan.

Rachmawati dan Rossa (2019) menyatakan beberapa cara untuk mencegah penipisan lapisan ozon, yaitu dengan mengurangi penggunaan produk sehari-hari yang menghasilkan gas perusak lapisan ozon seperti kulkas, AC, *hair spray* dan pengharum ruangan serta mengurangi penggunaan kendaraan untuk mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim.

