

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Waktu reaksi**

Manusia senantiasa berinteraksi dengan lingkungannya. Interaksi ini dapat berupa aksi dan reaksi. Aksi adalah suatu keadaan di mana seseorang memulai suatu interaksi, sedangkan reaksi adalah suatu keadaan di mana seseorang menjawab suatu rangsang yang bersifat disadari dan terkendali. Reaksi ini menjadi penting apabila dihadapkan dengan berbagai keadaan yang memerlukan tindakan yang tepat dan cepat (Houssay, 1955).

##### **2.1.1 Pengertian Waktu Reaksi**

Ada beberapa definisi dari waktu reaksi yang diungkapkan para ahli, antara lain:

1. Clifford T. Morgan: Waktu sejak adanya rangsang sampai terjadinya respon yang diberikan organisme
2. Henry Gleitman: Interval antara hadirnya suatu signal dan respon pengamat terhadap respon tersebut
3. J. P. Chaplin: Waktu minimum antara suatu rangsang dengan suatu respon
4. Robert S. Woodworth: Interval waktu antara suatu rangsang dengan suatu respon
5. Schottelius: Lamanya waktu yang diperlukan untuk respon sadar pada perangsangan panca indera

Dari beberapa pengertian yang dikemukakan para ahli, dapat ditarik kesimpulan mengenai definisi waktu reaksi yaitu waktu yang diperlukan seseorang untuk menjawab suatu rangsangan secara sadar dan terkendali dihitung mulai saat rangsang diberikan (Houssay, 1955).

Model aliran informasi pada vertebrata dapat digambarkan sebagai berikut:

Stimulus – reseptor – serabut saraf sensorik – medula spinalis – otak – serabut saraf motorik– efektor – respon.

Respon yang diberikan oleh organisme terhadap rangsang tertentu tidak secepat datangnya rangsang. Hal ini disebabkan karena untuk menjawab suatu rangsang maka organ tubuh tertentu seperti penglihatan harus dirangsang untuk menjadi aktif, kemudian impuls rangsang tersebut dihantarkan ke otak, dan dihantarkan ke efektor. Waktu paling lama dari respon ini terjadi di otak karena otak harus mengolah seluruh rangsang yang masuk melalui sistem sensorik dan harus mengatur respon apa yang akan dilakukan oleh efektor (proses asosiasi). Saat stimulus (cahaya, taktil, suara) diberikan, maka reseptor akan mengubahnya menjadi impuls elektrokimia yang akan berjalan sepanjang serabut saraf sensorik, masuk ke dalam sistem saraf pusat kemudian berjalan dalam serabut saraf motorik hingga mencapai efektor. Reaksi yang hanya melibatkan stimulus, reseptor, medula spinalis, dan efektor lebih cepat dibandingkan dengan reaksi yang mengikutsertakan otak. Reaksi yang hanya melibatkan stimulus, reseptor, medula spinalis, dan efektor disebut refleks (Kosinski, 2008).

### **2.1.2 Perkembangan Percobaan Waktu Reaksi**

Perkembangan eksperimen waktu reaksi sudah berlangsung lebih dari 100 tahun. Percobaan ini diciptakan oleh seorang ahli fisiologi, Helmholtz, pada tahun 1850. Helmholtz berhasil mengukur kecepatan konduksi saraf motorik seekor katak dengan merangsang syaraf yang terletak jauh dengan otak. Ia menyimpulkan bahwa waktu yang diperlukan otot untuk menjawab suatu rangsangan dipengaruhi oleh jarak yang harus ditempuh oleh rangsangan melewati serabut saraf. Kemudian Helmholtz berharap untuk mengembangkan penelitiannya terhadap serabut saraf sensorik manusia. Dengan menggunakan *electric shock* lemah, ia merangsang kulit seseorang yang letaknya jauh dari otak dan menyuruh subyek penelitiannya untuk menggerakkan tangannya dengan pola yang sama secepat mungkin setelah merasakan adanya gelombang listrik pada masing-masing tempat rangsangan. Meskipun Helmholtz mendapatkan gambaran kasar dari kecepatan

konduksi saraf, ia menemukan bahwa metode ini tidak memuaskan karena waktu konduksi saraf sangat singkat, sedangkan keseluruhan waktu reaksi yang diperoleh lebih lama dan bervariasi (Marc Green, 2000).

Seorang ahli astronomi dari Swiss, Hirsch (1861-1865), menggunakan *Hipp Chronoscope* untuk mengukur waktu fisiologis pada mata, telinga, dan sensasi raba. Ia berhasil menemukan nilai-nilai waktu reaksi sederhana (Marc Green, 2000).

Langkah selanjutnya dilakukan oleh Donders, seorang ahli fisiologi Belanda yang pada 1868 menemukan percobaan waktu reaksi *disjunctive* yang diketahui memiliki waktu reaksi 100 milidetik lebih panjang dari waktu reaksi sederhana dan perbedaan ini dianggap sebagai waktu yang diperlukan proses mental untuk membedakan dan memilih rangsang (Marc Green, 2000).

Pada 1873, seorang fisiolog Austria, Exner, memberikan sumbangan besar dengan menunjukkan pemberitahuan rangsang dan mengenalkan istilah “waktu reaksi” (Marc Green, 2000).

Pada 1879, ketika Wundt membuka laboratorium psikologi pertama di Universitas Leipzig, ia melihat bahwa Donders telah meletakkan area-area penelitian eksperimental yang menjanjikan, yaitu waktu kerja mental. Murid-murid Wundt membuat penelitian mengenai waktu reaksi sederhana dan kompleks, namun tidak berhasil terutama dalam mendapatkan waktu reaksi yang tepat untuk beberapa proses seperti perhatian, persepsi, asosiasi, dan pemilihan. Dua dari murid-murid Wundt mendirikan suatu laboratorium yang dikhususkan untuk penelitian suatu reaksi (Woodworth and Schloberg, 1968).

Kurple di Wurzburg, kemudian mengembangkan *introspective attack* (serangan introspeksi) pada reaksi sederhana dan kompleks (Woodworth and Schloberg, 1968).



**Gambar 2.1 Kronoskop tampak belakang**



**Gambar 2.2 Kronoskop tampak depan**

### 2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Waktu Reaksi

Waktu reaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Secara garis besar, faktor-faktor ini dapat dibagi menjadi faktor eksternal yang mempengaruhi organisme dan faktor internal di dalam organisme pada saat itu. Faktor eksternal disebut juga *stimulus variables (S-Variables)*, sedangkan faktor internal disebut *response variables (R-Variables)*. Pada penelitian waktu reaksi *response variables* ini disebut RT. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu reaksi:

#### 1. Faktor organ perasa yang dirangsang

Sejak penelitian Hirsh (1861 – 1864), sampai saat ini telah diketahui secara luas bahwa waktu reaksi terhadap cahaya memiliki periode laten yang lebih lama dibandingkan waktu reaksi terhadap bunyi atau sentuhan pada kulit. Hal ini disebabkan:

- Adanya perbedaan modalitas kepekaan yang berbeda dari organ-organ reseptor.
- Banyaknya sinaps yang terlibat dalam penghantaran impuls.

Setiap impuls rangsang yang dihantarkan dari neuron ke neuron berikutnya akan melalui batas antarneuron (*interneuron junction*) yang disebut sinaps. Impuls yang melalui sinaps tersebut membutuhkan waktu tertentu untuk dapat melewati sinaps tersebut (*sinaps delay*). Karena itu, semakin banyak sinaps yang terlibat, maka respon yang timbul akan semakin lambat. Pada taktil melibatkan 3 sinaps, antara lain:

- Kornu posterior.
- Nukleus gracilis dan nukleus kuneatus.
- Traktus spinotalamikus lateralis.

Skema lintasan impuls sensasi taktil: Impuls taktil → korpuskulum meisner → kornu posterior bagian ventral → substansia gelatinosa → nukleus gracilis dan nukleus kuneatus → menyilang di komisura anterior → ke atas melalui lemnikus medialis → melewati spinotalamikus ventralis → kapsula interna → korteks serebri girus posterialis.

Pada pendengaran melibatkan 4 sinaps, antara lain:

- Nukleus koklearis.
- Nukleus olfaktorius superior.
- Kolikulus inferior.
- Korpus genikulo medialis.

Skema lintasan impuls suara: Impuls suara → serabut saraf ganglion spinalis → organon korti → nukleus koklearis → nukleus olfaktorius superior → kolikulus inferior → korpus genikulo medialis → korteks serebri area brodman 41, 42.

Pada penglihatan melibatkan 9 sinaps, antara lain:

- Sel kerucut/sel batang.
- Sel bipolar.
- Sel ganglion.
- Nervus optikus.
- Traktus optikus.
- Korpuskulum genikulo lateralis.
- Radiatio optika.
- Traktus genikulo kalkarina.

Skema lintasan impuls sensasi cahaya: Impuls cahaya → sel kerucut / sel batang dengan sel bipolar → sel bipolar bersinaps dengan sel ganglion → nukleus optikus → kiasma optikus → traktus optikus → korpus genikulo lateralis → radiatio optika → traktus genikulo kalkarina → fisura kalkarina → korteks serebri area brodman 17, 18, 19.

## 2. Faktor kekuatan stimulus/intensitas rangsang

Pieron (1920) dan Luce (1986) menyimpulkan bahwa semakin lemah stimulus (seperti cahaya yang sangat gelap) maka semakin lama waktu reaksinya. Walaupun begitu, setelah suatu stimulus mencapai intensitas tertentu maka waktu reaksinya akan menjadi konstan (Kosinski, 2008). Waktu reaksi akan memanjang jika intensitas rangsang sangat lemah dan memendek jika intensitas rangsang meningkat (Schottelius, 1978).

### 3. Faktor motivasi

Pemberian motivasi pada subyek penelitian dapat mempercepat waktu reaksi. Hal ini dibuktikan oleh Johanson (1922). Johanson menggunakan sistem *reward and punishment* sebagai motivasi tambahan pada subyek penelitian. *Punishment* yang digunakan adalah kejut listrik yang akan diberikan apabila waktu reaksi subyek penelitian lambat dan *rewardnya* terhindar dari kejut listrik apabila waktu reaksi yang dihasilkannya cepat. Hal ini mendorong subyek penelitian untuk memberikan hasil waktu reaksi yang cepat karena keinginan untuk terhindar dari kejut listrik (Woodworth and Schloberg, 1968).

### 4. Faktor kesiapan

Kesiapan subyek penelitian dengan mengetahui jenis rangsang yang akan diberikan dan juga jenis reaksi apa yang harus dilakukan akan mempercepat waktu reaksi (Saul Stenberg, 2004).

Brebner dan Welford (1980) melaporkan bahwa waktu reaksi dari subyek akan lebih cepat bila sudah diperingatkan bahwa rangsang akan segera datang (Kosinski, 2008).

Ciri khas dari waktu reaksi sederhana adalah bahwa subyek penelitian mengetahui rangsang apa yang akan diberikan dan respon apa yang harus ia lakukan. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu reaksi melibatkan beberapa proses antara lain perhatian, kesadaran, dan pemilihan. Persiapan membuat subyek penelitian meningkatkan perhatiannya sehingga dapat mempersingkat waktu reaksi (Woodworth and Schloberg, 1968).

### 5. Faktor latihan

Semakin banyak orang berlatih, semakin baik reaksinya, semakin cepat pula waktu reaksi yang diperlukannya untuk menjawab suatu rangsang (Woodworth and Schloberg, 1968).

Latihan akan menguntungkan karena akan membiasakan dan melatih terutama saraf motorik dalam memberikan reaksi terhadap rangsang yang diberikan. Apabila subyek penelitian sudah terlatih maka akan semakin cepat memberikan reaksi terhadap rangsang yang diberikan (Caroline Hermans, 2002).

## 6. Faktor usia

Faktor usia berpengaruh pada kematangan emosional dan juga faktor alat motorik (otot) dalam memberikan reaksi. Pada anak-anak usia di bawah 3 tahun, kesiapan mental belum tumbuh dengan baik di samping pertumbuhan otot yang masih dini. Hal ini menyebabkan reaksi yang dihasilkan belum terintegrasi dengan baik sehingga menjadi tidak teratur dan terpecah. Pada usia 7-8 tahun, kematangan mental dan pertumbuhan otot sudah menjadi lebih baik dan akan terus meningkat sampai mencapai dewasa. Hal ini mempengaruhi waktu reaksi yang akan terus berkembang menjadi lebih cepat. Pada orang dewasa nilai waktu reaksi tidak banyak berubah. Pada usia 60 tahun, waktu reaksi yang dihasilkan menjadi lebih lambat. Hal ini disebabkan oleh menurunnya kemampuan dalam proses mental dan juga kemampuan otot-otot untuk memberikan reaksi. Hal ini pernah diujicobakan pada supir-supir di Amerika (Marc Green, 2000).

## 7. Faktor konsentrasi

Semakin tinggi tingkat konsentrasi orang terhadap suatu rangsang, semakin tinggi pula kepekaannya, sehingga semakin cepat pula waktu reaksinya terhadap rangsang yang diberikan (Woodworth and Schloberg, 1968).

## 8. Faktor jenis kelamin

Pada usia yang sama, pria memiliki waktu reaksi yang lebih cepat dibandingkan wanita (Woodworth and Schloberg, 1968).

Dalam studinya yang melibatkan 7400 subyek didapatkan hasil bahwa waktu reaksi rata-rata dalam respon penekanan tombol pada rangsang cahaya adalah 220 milidetik untuk laki-laki dan 260 milidetik untuk perempuan. Walaupun begitu hal ini bisa saja terus berubah, dilaporkan bukti bahwa kelebihan laki-laki pada waktu reaksi pada perangsangan cahaya semakin mengecil (terutama di luar Amerika), kemungkinan karena semakin banyak wanita yang mengemudi dan berpartisipasi dalam olahraga yang memerlukan kecepatan. Barral dan Debu (2004) menemukan bahwa laki-laki lebih cepat daripada perempuan dalam membidik target, tetapi perempuan lebih tepat. Jevas dan Yan (2001) melaporkan bahwa kemunduran waktu reaksi bagi laki-laki dan perempuan dalam hubungannya dengan umur adalah sama (Kosinski, 2008).

#### 9. Faktor obat-obatan dan zat makanan

Obat atau zat makanan dapat mempengaruhi susunan saraf pusat baik di serebelum, batang otak, serebrum, maupun medula spinalis (Woodworth and Schloberg, 1968).

#### 10. Faktor tangan kanan dan kiri

Hemisphere pada cerebrum memiliki fungsi masing-masing. Hemisphere kiri berperan dalam bahasa dan logika, sedangkan hemisphere kanan berperan dalam kreatifitas dan relasi ruangan atau bentuk, juga banyak hal yang lain. Hemisphere kanan mengontrol tangan kiri, sedangkan hemisphere kiri mengontrol tangan kanan. Ini membuat para peneliti berpikir bahwa waktu reaksi dengan menggunakan tangan kiri lebih cepat karena berhubungan dengan relasi ruangan atau bentuk (seperti menunjuk target). Hasil penelitian dari Boulinguez dan Berteley (2000) dan Berteley dan Boulinguez (2001 dan 2002) mendukung ide tersebut. Dane dan Erzurumluoglu (2003) menemukan bahwa dalam permainan bola tangan, pemain yang bertangan kiri lebih cepat daripada pemain yang bertangan kanan ketika tesnya berhubungan dengan tangan kiri. Orang yang lebih sering menggunakan tangan kirinya atau kidal memiliki waktu reaksi yang lebih cepat (Kosinski, 2008).

#### 11. Faktor kelelahan

Welford (1980) menemukan bahwa waktu reaksi subyek semakin melambat ketika sudah kelelahan. Singleton (1953) memperhatikan bahwa kemunduran yang disebabkan oleh kelelahan ini lebih kelihatan pada percobaan waktu reaksi yang lebih rumit daripada yang sederhana. Kelelahan, terutama mengantuk, memiliki pengaruh yang sangat besar. Philip *et al* (2004) menemukan bahwa kekurangan tidur selama 24 jam menyebabkan pemanjangan waktu reaksi pada subyek yang berumur 20-25 tahun. Van Den Berg dan Needy (2006) menemukan bahwa kekurangan tidur pada subyek menyebabkan terjadinya pemanjangan waktu reaksi dan terlewatnya beberapa rangsang pada tes yang berlangsung selama 2 jam (Kosinski, 2008).

## 12. Faktor temperatur tubuh

Perubahan temperatur tubuh menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu optimal juga akan mempengaruhi waktu reaksi. Temperatur yang menurun akan memperlambat waktu reaksi (Woodworth and Schloberg, 1968).

## 13. Faktor gangguan

Welford (1980) dan Broadbent (1971) mempelajari bahwa gangguan dapat memperpanjang waktu reaksi. Trimmel dan Poelzl (2006) menemukan bahwa bising dapat memperpanjang waktu reaksi dengan menghambat bagian-bagian pada korteks serebri. Richard *et al.* (2002) dan Lee *et al.* (2001) menemukan bahwa anak kuliah yang sedang mengemudi jika diberi suatu stimulasi rangsang pendengaran secara serentak, maka waktu reaksi akan menjadi lebih lambat. Dari hal ini mereka mengambil kesimpulan tentang keamanan mengemudi sambil menggunakan telepon genggam. Horrey dan Wickens (2006) menyimpulkan hal yang sama tentang menggunakan telepon genggam sambil mengemudi dan mengatakan bahwa dengan menggunakan *hands-free* pun tidak akan memperbaiki waktu reaksi (Kosinski, 2008).

## 14. Faktor urutan dari perangsangan

Welford (1980), Laming (1968), dan Sanders (1998) memantau bahwa ketika ada beberapa rangsang, waktu reaksi akan menjadi lebih cepat bila rangsang tersebut memiliki suatu urutan tertentu daripada rangsang yang diberikan secara acak. Hal ini disebut sebagai “*sequential effect*” (Kosinski, 2008).

## 15. Faktor siklus pernafasan

Buchsbaum dan Calloway (1965) menemukan bahwa waktu reaksi akan lebih cepat bila rangsangan diberikan atau jatuh pada saat ekspirasi dibandingkan saat inspirasi (Kosinski, 2008).

## 16. Faktor kepribadian/tipe personality

Brebner (1980) menemukan bahwa orang yang sifatnya tertutup memiliki waktu reaksi yang lebih cepat dan Welford (1980) serta Nettlebeck (1973) mengatakan orang yang sifatnya mudah cemas juga memiliki waktu reaksi yang lebih cepat. Lenzeweger (2001) menemukan bahwa waktu reaksi pada orang skizofren lebih lambat daripada orang normal (Kosinski, 2008).

#### 17. Faktor Olahraga

Welford (1980) menemukan bahwa subyek yang sehat dan segar secara fisik memiliki waktu reaksi yang lebih cepat. Levitt dan Gutin(1971) dan Sjoberg (1975) menunjukkan bahwa subyek memiliki waktu reaksi yang lebih cepat ketika dia berolahraga secukupnya (Kosinski, 2008).

Ketika denyut nadi seseorang meningkat akibat olahraga berat tetapi tidak menimbulkan kelelahan, waktu reaksi akan semakin cepat (Woodworth and Schloberg, 1968).

#### 18. Faktor kepintaran

Hubungan dari kepintaran dengan waktu reaksi dibahas oleh Deary *et al.* (2001). Retardasi mental yang serius menyebabkan terjadinya variasi dan perpanjangan dari waktu reaksi. Di antara orang-orang yang tingkat kepintarannya normal, ada sedikit kecenderungan di mana orang-orang yang lebih pintar memiliki waktu reaksi yang lebih cepat, tetapi ada banyak variasi pada orang yang tingkat kepintarannya sama. Waktu reaksi yang lebih cepat terlihat jelas pada orang-orang yang lebih pintar pada tes yang membutuhkan respon yang lebih kompleks (Kosinski, 2008).

#### 19. Faktor kerusakan otak

Seperti yang diperkirakan, kerusakan otak akan memperlambat waktu reaksi. Collins *et al.* (2003) menemukan bahwa atlet SMU dengan memar dan sakit kepala seminggu setelah cedera memiliki performa yang sangat jelek dalam waktu reaksinya dan tes memori dibandingkan dengan atlet yang juga memar tetapi tanpa sakit kepala (Kosinski, 2008).

#### 20. Faktor penyakit

Infeksi traktus respiratorius atas akan memperlambat waktu reaksi, membuat mood menjadi jelek, dan menyebabkan gangguan tidur (Kosinski, 2008).

#### **2.1.4 Bentuk-bentuk Waktu Reaksi**

Waktu reaksi terdiri dari 2 macam bentuk:

a. Waktu reaksi sederhana

Pemeriksaan dilakukan dengan memberikan satu rangsangan yang harus dijawab dengan satu macam respon secepat mungkin. Tidak ada alternatif lain yang menyulitkan individu dalam menjawab rangsangan karena subyek sudah mengetahui sebelumnya respon yang harus dilakukannya. Waktu rata-rata bervariasi bagi setiap individu dan untuk perbedaan kepekaan. Percobaan waktu reaksi sederhana adalah sebagai berikut:

Subyek berada dalam ruangan dengan cahaya remang-remang. Subyek duduk menghadap meja yang telah diberi layar yang tembus cahaya, jika lampu menyala, cahaya tersebut merupakan stimulus bagi subyek. Pada meja terdapat alat pemindah aliran listrik atau tombol. Jari subyek diletakkan pada tombol tersebut dan subyek harus menekan tombol secepatnya jika lampu menyala. Di belakang, terdapat suatu alat yang digunakan untuk mengukur waktu dengan tepat dan pemeriksa mencatat waktu reaksi subyek tersebut (Woodworth and Schloberg, 1968).

b. Waktu reaksi majemuk

Pada waktu reaksi majemuk terjadi proses membedakan dan memilih. Pada percobaan ini, stimulus yang diberikan lebih dari satu macam dan tidak diberitahukan terlebih dahulu stimulusnya sehingga terjadi proses membedakan dan memilih terlebih dahulu sebelum memberikan respon, sehingga waktu reaksi majemuk lebih panjang daripada waktu reaksi sederhana (Woodworth and Schloberg, 1968).

Ada juga pembagian bentuk waktu reaksi yang lain. Menurut Luce (1986) dan Welford (1980), waktu reaksi dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

a. Waktu reaksi sederhana

Pada percobaan waktu reaksi sederhana hanya ada satu jenis rangsang dan hanya satu jenis jawaban/respon (Kosinski, 2008).

b. Waktu reaksi rekognisi

Pada waktu reaksi rekognisi, ada sejumlah rangsangan yang harus direspon (rangsang memori) dan ada sejumlah rangsang yang tidak boleh direspon (rangsang pengalih) serta hanya ada satu respon yang benar (Kosinski, 2008).

c. Waktu reaksi memilih

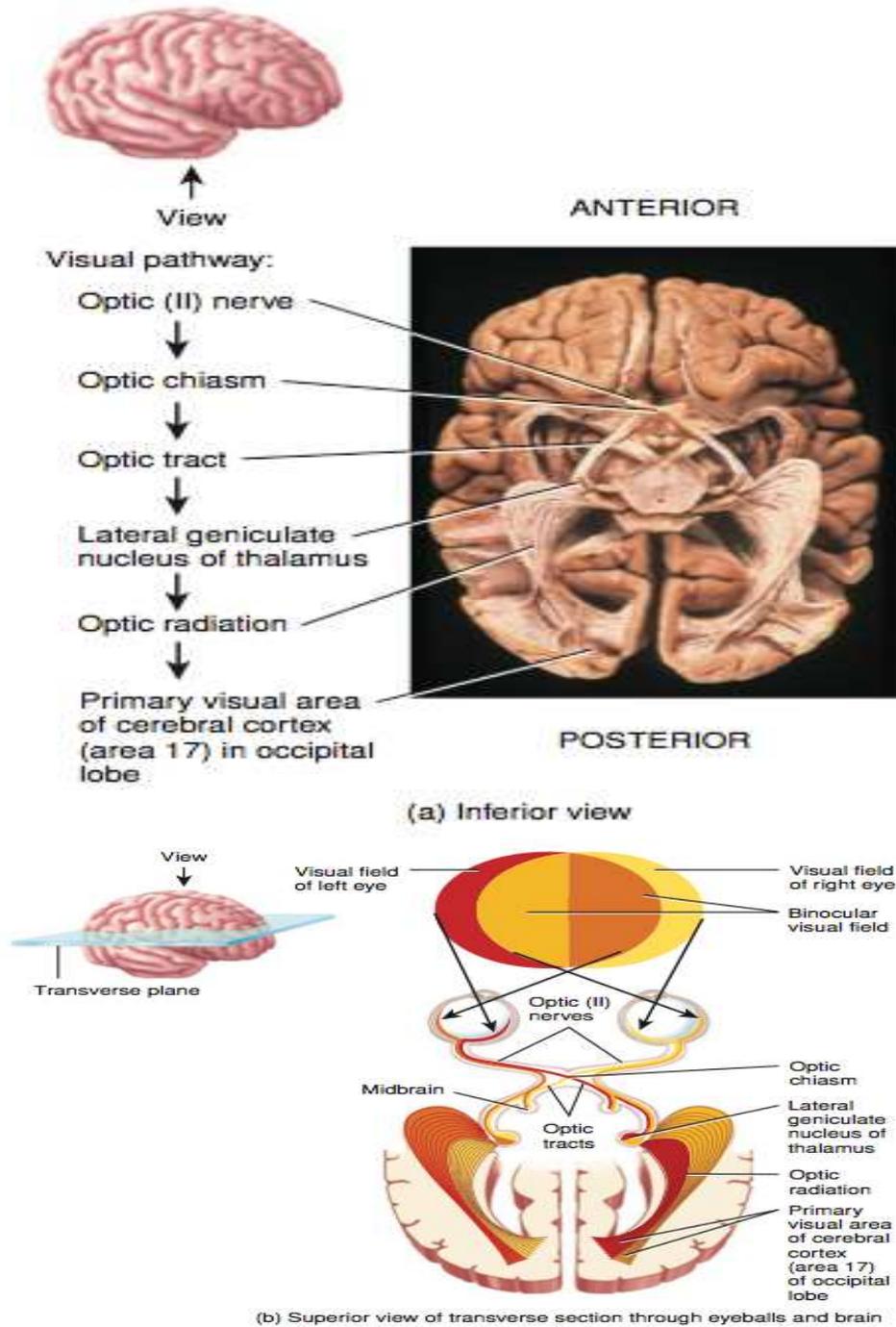
Pada percobaan waktu reaksi memilih ini, subyek harus memberikan jawaban yang cocok dengan rangsang yang diberikan, misalnya, menekan tombol yang sesuai dengan huruf yang tampak pada layar (Kosinski, 2008).

## **2.2 Proses Pengolahan Stimulus Cahaya Menjadi Respon Dalam Susunan Saraf Manusia**

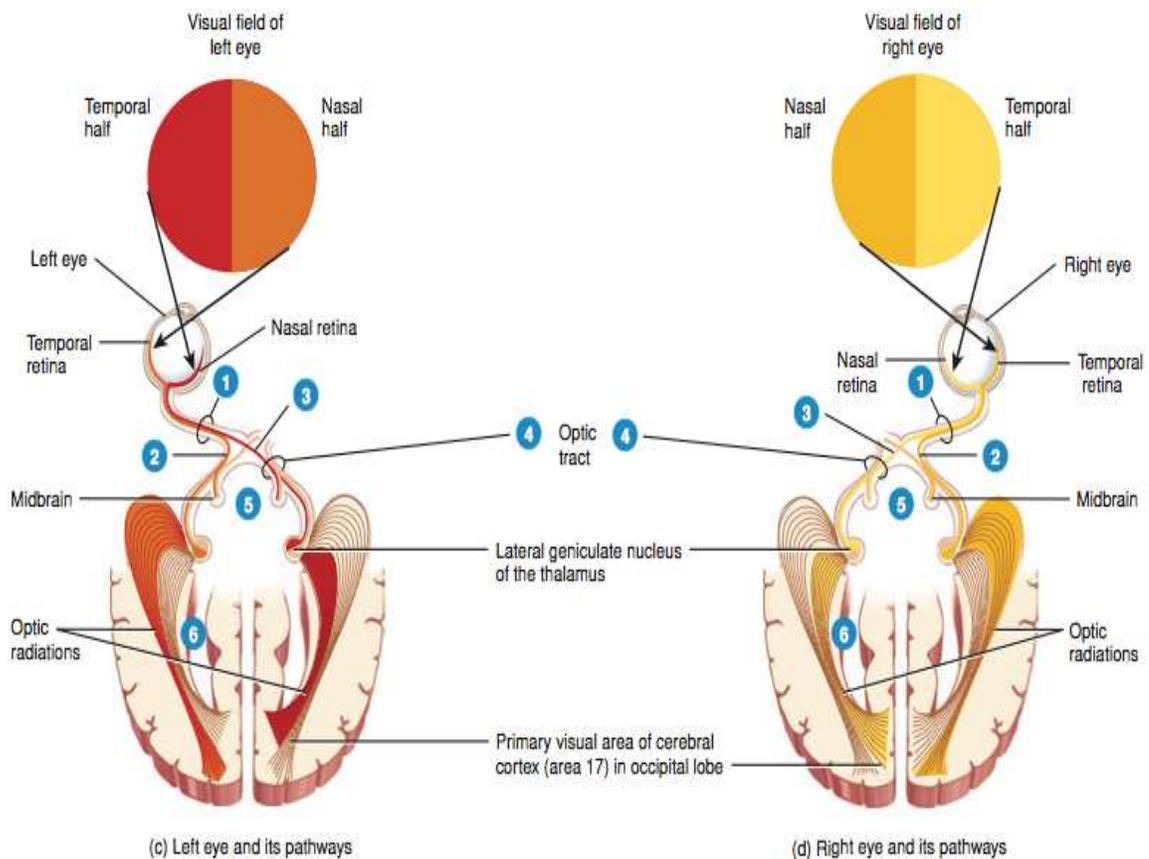
Dalam penelitian ini, digunakan rangsang cahaya. Dalam hal ini, jalannya saraf penglihatan sampai terjadi respon adalah sebagai berikut:

Cahaya masuk ke dalam bola mata, menembus media kornea, humor aquoeus, lensa, korpus vitreous, sampai ke retina. Rangsang cahaya yang sampai di retina akan ditangkap oleh sel kerucut dan sel batang dan menimbulkan potensial aksi pada sel-sel tersebut. Potensial aksi yang berupa impuls kemudian akan dihantarkan melalui nervus optikus, ke kiasma optikus. Di kiasma optikus, serabut dari bagian nasal retina akan menyeberangi garis tengah, kemudian bergabung dengan serabut saraf dari bagian temporal retina kontralateral membentuk traktus optikus. Serabut-serabut dalam traktus optikus akan membentuk bersinaps di nukleus genikulatum lateralis dorsalis di thalamus, di sini serabut-serabut genikulo kalkarina berjalan melalui radiatio optika (traktus genikulokalkarina) menuju korteks penglihatan primer di area kalkarina lobus oksipitalis (Area Brodman 17) di lobus oksipital. Selain itu, serabut-serabut penglihatan juga melalui tempat-tempat lain di otak: 1) Traktus optikus menuju nukleus suprakiasmatikus di hipotalamus, 2) ke nuklei pretektalis untuk mendatangkan gerakan refleks mata agar mata dapat difokuskan ke arah obyek yang penting dan untuk mengaktifkan refleks pupil, 3) ke kolikulus superior untuk pengaturan arah gerakan cepat kedua mata, 4) menuju nukleus genikulum ventralis pada talamus

dan kemudian ke daerah basal otak sekitarnya untuk membantu mengendalikan beberapa fungsi sikap tubuh (Guyton and Hall, 1997).



**Gambar 2.3 Proses Pengolahan Stimulus Cahaya (Tortora, 2012)**



**Gambar 2.4 Jaras Optik (Tortora, 2012)**

Korteks penglihatan dibagi menjadi 2:

1. Korteks penglihatan primer

Terletak pada fisura kalkarina yang melebar ke sudut oksipital pada bagian medial setiap korteks oksipital. Area ini adalah ujung dari sinyal-sinyal penglihatan langsung yang berasal dari mata (Ganong, 2003).

2. Korteks penglihatan sekunder

Disebut juga area asosiasi penglihatan atau area Brodman 18, terletak di sebelah anterior, superior, dan inferior terhadap korteks penglihatan primer. Area ini digunakan untuk menganalisis arti penglihatan yang berasal dari sinyal sekunder (Ganong, 2003).

Pada percobaan ini, jawaban ialah berupa respon penekanan tombol sehingga melibatkan sistem motorik. Hal ini bisa terjadi karena pengolahan di otak sebagai berikut: setelah impuls cahaya dengan warna tertentu disadari di lobus oksipitalis, maka impuls selanjutnya dihantarkan ke pusat pengenalan dan pengertian atau area integrasi di lobus parietalis. Penghantaran ini dilakukan oleh serabut asosiasi. Di area integrasi terjadi proses pengolahan respon apa yang harus dilakukan setelah seseorang menyadari penglihatan cahaya tertentu. Melalui serabut asosiasi, impuls dihantarkan ke lobus frontalis, area motorik, dan kemudian melalui serabut eferen yaitu traktus piramidalis diteruskan ke batang otak di mana impuls akan melalui formatio retikularis sebagai pusat kewaspadaan, kemudian ke medula spinalis kornu anterior diteruskan ke *lower motor neuron* menuju efektor sehingga terjadi respon yang dikehendaki.

Impuls adekuat → reseptor → serabut saraf sensorik/aferen → lobus oksipitalis area Brodman 17, 18, 19 → pusat penglihatan → serabut saraf motorik/eferen → efektor → respon motorik.

### 2.2.1 Formatio Retikularis

Formatio retikularis adalah bagian dari otak yang berperan dalam pergerakan-pergerakan stereotipik seperti berjalan, tidur, dan berbaring. Fungsi dari formatio retikularis ini sangat esensial untuk kehidupan. Formatio retikularis secara filogenetik merupakan salah satu bagian paling tua dari otak, adalah sel-sel otak yang berdiferensiasi buruk sehingga tampak tidak beraturan, berkumpul dengan padat di pons (Jouvet, 1969).

Bagian sistem aktivasi retikularis ascenden (*ascending reticular activating system*) berhubungan dengan area di thalamus, hipotalamus, dan korteks serebri. Sedangkan bagian sistem aktivasi retikularis desenden (*descenden reticular activating system*) berhubungan dengan serebelum dan saraf sensorik (Jouvet, 1969).

Pada manusia, formatio retikularis dianggap sebagai “pusat motivasi” dari otak, yang tidak hanya mengatur kegiatan seperti tidur, tetapi juga berperan penting dalam kesadaran, kewaspadaan, dan motivasi untuk melakukan berbagai

macam aktivitas. Penelitian menunjukkan bahwa formatio retikularis mengontrol kurang lebih 25 tingkah laku spesifik seperti tidur, berjalan, makan, proses miksi, defekasi, dan aktivitas seksual (Jouvet, 1969).

Bagian sistem aktivasi retikularis *ascenden* terutama mengatur kewaspadaan, kesiapsiagaan, irama bangun dan tidur. Adanya rangsang terhadap sistem aktivasi retikularis *ascenden* menyebabkan manusia sadar dan waspada. Apabila terjadi kerusakan dari sistem ini maka akan terjadi gangguan kesadaran dengan derajat hilangnya seluruh kesadaran atau koma (Duus, 1996).

Formatio retikularis terdiri atas:

a) Pusat eksitasi

Terletak pada bagian atas formatio retikularis di batang otak. Apabila pusat eksitasi ini terangsang akan menyebabkan kewaspadaan meningkat (Guyton & Hall, 1997).

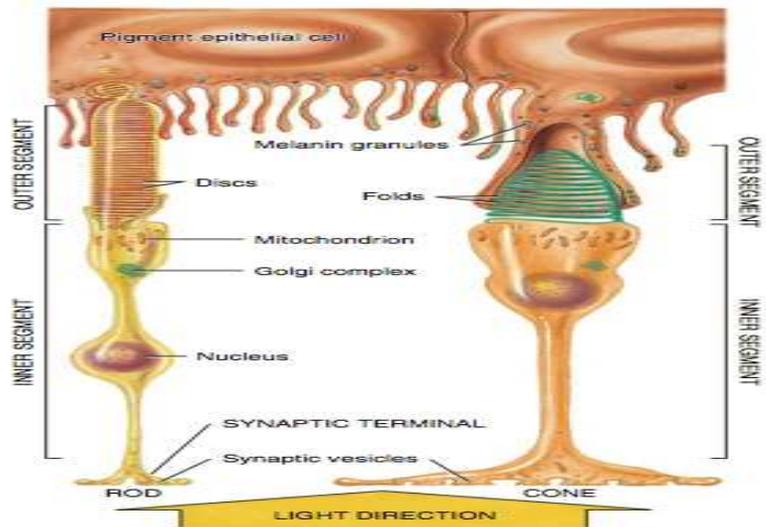
b) Pusat inhibisi

Terletak pada bagian bawah formatio retikularis. Bila terangsang akan menyebabkan keadaan mengantuk dan menurunnya kewaspadaan (Guyton & Hall, 1997).

### 2.2.2 Fotoreseptor dan Fotopigmen

Fotoreseptor adalah sel khusus yang memulai proses berlangsungnya di mana sinar cahaya diubah menjadi impuls saraf. Ada dua jenis fotoreseptor: sel batang dan sel kerucut. Retina Masing-masing memiliki sekitar 6 juta sel kerucut dan 120 juta sel batang. Sel batang memungkinkan kita untuk melihat dalam cahaya redup, seperti cahaya bulan karena sel batang tidak memberikan visi warna. Dalam cahaya redup kita hanya dapat melihat warna hitam, putih, dan abu-abu di antaranya. Lampu terang merangsang sel kerucut, yang menghasilkan penglihatan warna. Tiga jenis sel kerucut yang hadir di retina: (1) kerucut biru, yang sensitif terhadap cahaya biru, (2) kerucut hijau, yang sensitif terhadap cahaya hijau, dan (3) kerucut merah, yang sensitif terhadap cahaya merah. Penglihatan warna dihasilkan oleh stimulasi dari berbagai kombinasi dari tiga jenis sel kerucut tersebut. Sebagian besar pengalaman kita dimediasi oleh sistem kerucut, di mana

hilangnya sel kerucut akan menghasilkan kebutaan. Seseorang yang kehilangan visi batang terutama akan mengalami kesulitan melihat dalam cahaya redup dan dengan demikian tidak boleh menyetir di malam hari (Tortora, 2012).

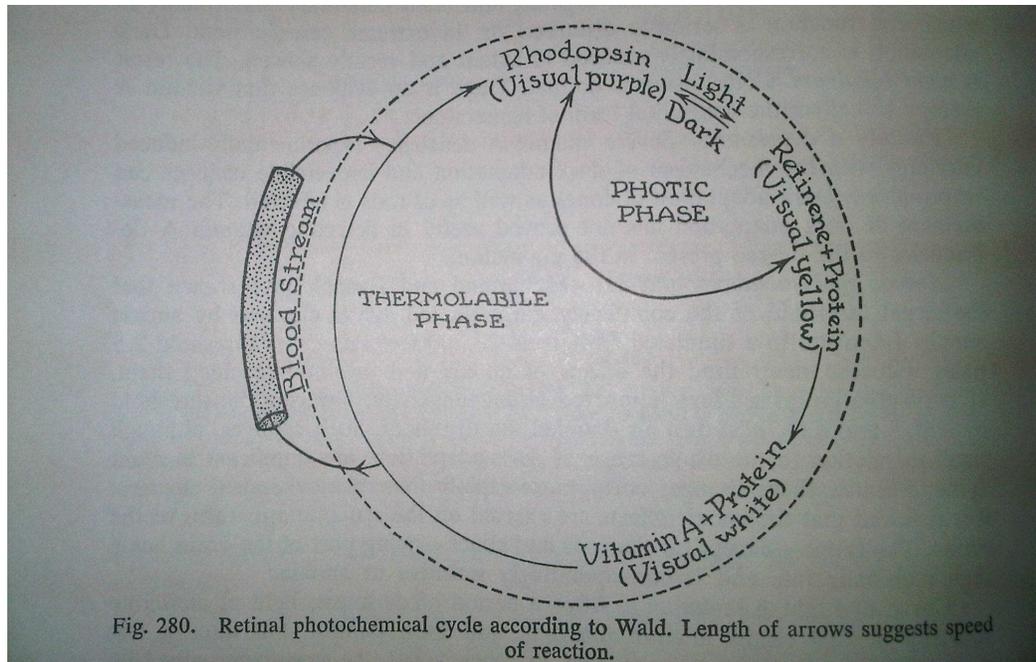


**Gambar 2.5 Fotoreseptor (Tortora, 2012)**

Langkah pertama dalam transduksi visual ialah penyerapan cahaya oleh fotopigmen, sebuah protein berwarna yang mengalami perubahan struktural ketika menyerap cahaya, di segmen luar fotoreseptor. Penyerapan cahaya menginisiasi peristiwa yang mengarah pada produksi potensial reseptor. Jenis tunggal fotopigmen di batang adalah *rhodopsin* (*rhod*=rose, *opsin*=berhubungan dengan penglihatan). Tiga fotopigmen kerucut yang berbeda yang hadir di dalam retina, satu di masing-masing dari tiga jenis kerucut. Hasil penglihatan warna dari warna cahaya yang berbeda selektif mengaktifkan fotopigmen kerucut yang berbeda (Tortora, 2012).

Semua fotopigmen terkait dengan visi mengandung dua bagian: glikoprotein yang dikenal sebagai *opsin* dan turunan dari vitamin A yang disebut *retinal*. Vitamin A derivatif terbentuk dari *karoten*, pigmen tanaman yang memberikan warna oranye wortel. Visi yang baik tergantung pada asupan diet yang cukup kaya *karoten* sayuran seperti wortel, bayam, brokoli, dan labu kuning, atau makanan yang mengandung vitamin A, seperti hati (Tortora, 2012).

*Retinal* adalah bagian yang menyerap cahaya dari semua fotopigmen visual. Pada retina manusia, ada empat *opsin* yang berbeda, tiga di sel kerucut dan satu di sel batang (*rhodopsin*). Variasi kecil dalam urutan asam amino dari *opsin* yang berbeda memungkinkan sel batang dan sel kerucut untuk menyerap warna yang berbeda (panjang gelombang) dari cahaya yang masuk (Tortora, 2012).



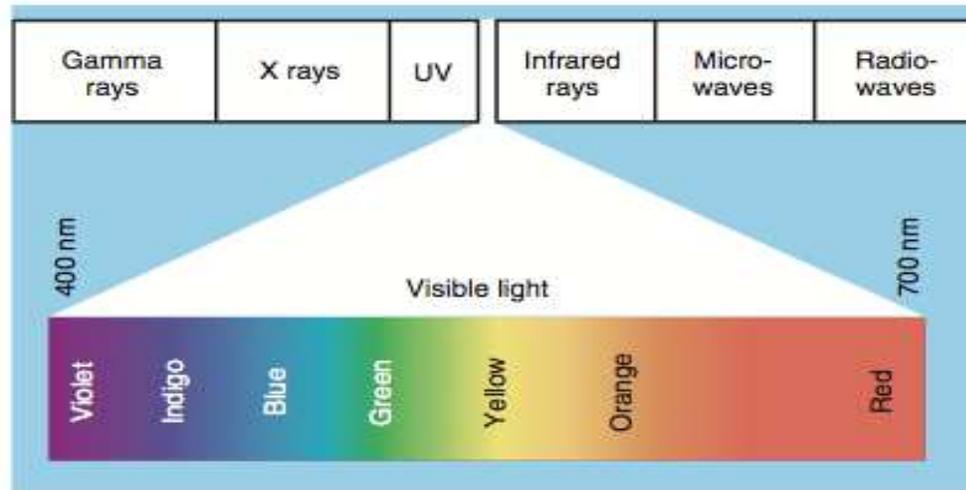
**Gambar 2.6 Siklus respon fotopigmen terhadap cahaya (Fulton, 1955)**

### 2.3 Radiasi Elektromagnetik

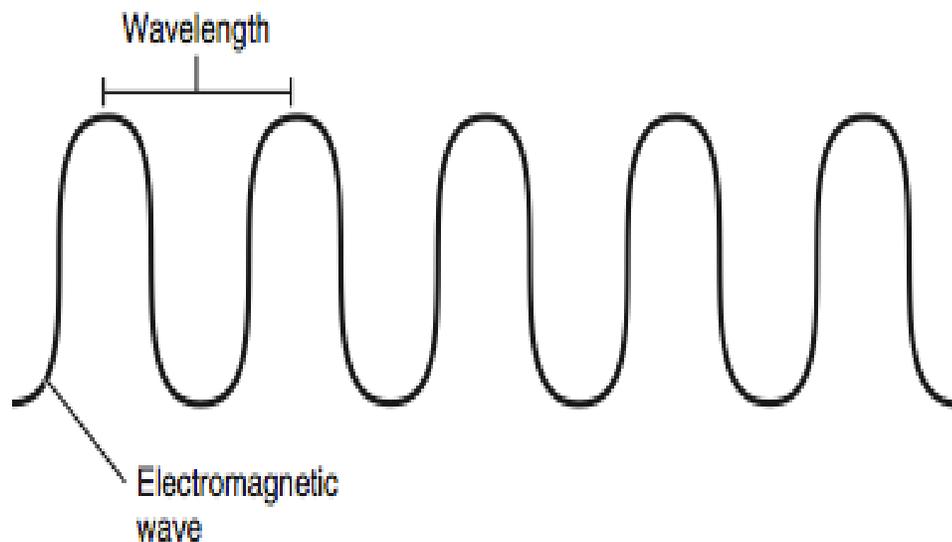
Radiasi elektromagnetik adalah suatu energi yang berbentuk gelombang radiasi yang berasal dari matahari. Ada berbagai macam tipe radiasi elektromagnetik, termasuk sinar gamma, sinar x, sinar UV, cahaya tampak, radiasi infra merah, gelombang mikro, dan gelombang radio seperti yang terlihat pada gambar 2.7.

Rentang dari radiasi-radiasi elektromagnetik tersebut dikenal sebagai spektrum elektromagnetik. Sedangkan jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan dari sebuah gelombang elektromagnetik disebut panjang gelombang seperti yang terlihat pada gambar 2.8., misalnya, sinar gamma memiliki panjang gelombang lebih kecil dari satu nanometer dan kebanyakan dari gelombang radio memiliki panjang gelombang yang lebih besar dari satu meter. Mata bertanggung jawab

untuk mendeteksi cahaya tampak, bagian dari spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang berkisar dari sekitar 400 sampai 700 nm. Warna cahaya tampak tergantung pada panjang gelombangnya, misalnya, cahaya yang memiliki panjang gelombang 400 nm adalah ungu, dan cahaya yang memiliki panjang gelombang 700 nm adalah merah. Sebuah obyek dapat menyerap panjang gelombang tertentu dari cahaya tampak dan merefleksikannya, kemudian memantulkannya (Tortora, 2012).



**Gambar 2.7 Elektromagnetik spektrum (Tortora, 2012)**



**Gambar 2.8 Gelombang Elektromagnetik (Tortora, 2012)**