

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Seiring dengan perkembangan teknologi dan inovasi-inovasi terbaru yang telah tercipta tidak lain datang dari sebuah uji coba dan penelitian dari beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian sebelumnya. Dari inovasi-inovasi yang terbaru dengan memanfaatkan perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan informasi, maka pembuatan alat ukur *Multi Slit Spectrometer Rasppi* tidak lepas dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti yang berkaitan dengan alat ukur yang dirancang dan pengaplikasian dari alat ukur *Multi Slit Spectrometer Rasppi* ini. Berikut diantara dari penelitian-penelitian tersebut adalah yang berkaitan dengan pembuatan alat ukur Spektrometer seperti berikut ini:

Menurut Tony Butterfield, melalui hasil pengujiannya mengungkapkan bahwa sebuah spectrometer dapat diciptakan dengan menggunakan perangkat *Raspberry Pi*. Menggunakan sumber cahaya tampak dengan rentang frekuensi panjang gelombang dari 400nm hingga 700nm. Sumber cahaya berasal dari *USB LED* yang dipancarkan ke sebuah kisi difraksi yang akan memancarkan spektrum warna yang cukup kompleks, dengan pancaran spektrum warna tersebut dapat mengukur frekuensi panjang gelombang cahaya yang menembus kisi difraksi (Butterfield, 2016). Pada alat ukur *Multi Slit Spectrometer Rasppi* menggunakan perangkat *Raspberry Pi 3 model B* sebagai sistem kendali yang mengintegrasikan antara sumber cahaya tampak dari *LED USB* yang akan dipancarkan ke sebuah kisi difraksi 600 *lines/ mm* yang akan menghasilkan spektrum warna yang akan ditangkap oleh sebuah kamera *Raspberry Pi Camera V2 Module With Sony Sensor*.

Pada salah satu jurnal dari *Internasional Jurnal of Computing and Technology* yang berjudul *Embedded Image Capturing System Using Raspberry Pi* menuliskan bahwa dengan menggunakan *Raspberry Pi* memungkinkan untuk membuat sebuah

sistem pengontrolan dalam jarak jauh selama masih dalam satu jaringan network dengan menggunakan *Raspberry Pi* sebagai *web server* dan menghubungkannya pada suatu *network* yang sama. Dengan menggunakan *Raspberry Pi* memungkinkan untuk membuat sistem kendali jarak jauh untuk mengontrol sebuah kamera yang dapat digunakan untuk mengambil gambar secara terus-menerus dalam interval detik (G.Senthilkumar, K.Gopalakrishnan, & dkk, 2014)

Menurut Edi Prasetyo dkk, pada spektrometer memiliki ranah pemanfaatan yang sangat luas, salah satunya digunakan untuk mengukur spektrum panjang gelombang suatu sumber. Untuk melakukan suatu pengukuran spektrum cahaya tampak dapat dilakukan dengan berbagai metode. Untuk mengukur panjang gelombang suatu sumber cahaya dapat menggunakan kisi celah banyak. Karena interferensi cahaya celah banyak ditandai dengan munculnya suatu pola gelap terang yang melewati celah yang disebabkan oleh terjadinya proses difraksi cahaya. Dari pola interferensi cahaya polikromatis inilah sehingga dapat mengukur panjang gelombang cahaya tampak (Prasetyo, Setiyadi, & dkk, 2014). Pada alat ukur *Multi Slit Spectrometer Rasppi* menggunakan salah satu ciri khas dari gerak gelombang yaitu difraksi. Dengan menggunakan metode difraksi *Fraunhofer* yaitu dengan sumber sinar datang yang dianggap sejajar dan memiliki jarak antara sumber sinar dengan layar detektor. Dengan sumber sinar sejajar dan pola difraksi yang diamati pada jarak yang cukup jauh menimbulkan sinar yang diterima secara efektif dari sinar yang terdifraksi sejajar. Dan kondisi dapat disempurnakan dengan menggunakan sebuah lensa yang sinar terdifraksinya dapat difokuskan dalam arah yang sama dengan posisi pada layar detektor. (Alfa, Minarni, & dkk, 2013)

2.2 Dasar Teori

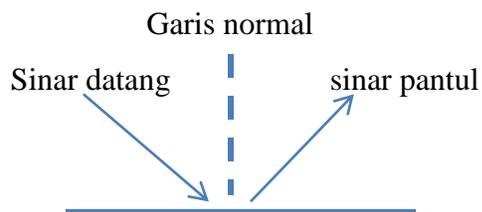
Dalam bagian ini akan membahas mengenai teori-teori yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Adapun teori-teori yang mendasari tersebut adalah sebagai berikut:

2.2.1. Cahaya

Cahaya merupakan topik yang penting untuk dipelajari dalam fisika, menurut teori *Maxwell* yang menyatakan bahwa cahaya menyebar dalam bentuk gelombang elektromagnetik dengan kecepatan cahaya sekitar 3×10^8 m/s dengan panjang gelombang cahaya tampak berkisar diantara 390 nanometer hingga 780 nanometer dan memiliki frekuensi sekitar 3.84×10^{14} Hz sampai 7.69×10^{14} Hz.

Menurut teori gelombang, cahaya merupakan gelombang yang menyebar dari suatu sumber dengan pengibaran seperti suatu riak yang menyebar di permukaan air saat terdapat sebuah batu yang dijatuhkan dipermukaannya. Cahaya juga diartikan sebagai bentuk energi radiasi gelombang elektromagnetik yang memiliki rentang panjang gelombang diantara 400-800 nanometer. Penginderaan manusia berupa mata untuk dapat melihat warna selain dari sifat-sifat kepekaan spektrum mata juga dipengaruhi oleh sinar cahaya yang berkaitan dengan tiga faktor yaitu, sumber sinar, ciri kimia, dan fisika objek. Menurut analogi dari teori gelombang bahwa energi yang dibawa oleh cahaya akan terdistribusi secara kontinu keseluruhan pola gelombang dengan kecepatan merambat cahaya dalam ruang hampa udara yaitu berkecepatan 3×10^8 m/s (I). Menurut teori kuantum, cahaya menyebar dari sumber sebagai deretan konsentrasi yang terlokalisasi, dengan ukuran cukup kecil sehingga dapat diserap oleh sebuah elektron. Cahaya memiliki beberapa sifat, dan diantara sifat-sifat dari cahaya tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengalami pemantulan (refleksi).

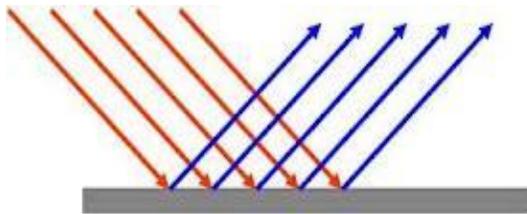


Gambar 2.1 gambar pemantulan cahaya

Yang dimaksud dengan pemantulan (refleksi) atau pencerminan yaitu proses permukaan suatu benda yang terkena cahaya dan terpancarkan kembali oleh cahaya tersebut. Pemantulan cahaya dibedakan menjadi dua yaitu diantara sebagai berikut:

a. Pemantulan teratur

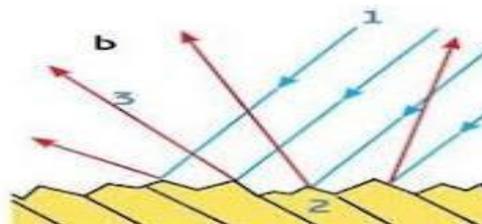
Pemantulan teratur yaitu pemantulan cahaya dengan berkas cahaya pantul yang sejajar. Pemantulan teratur dapat terjadi apabila berkas cahaya mengenai permukaan benda rata dan mengkilap atau licin.



Gambar 2.2 gambar pemantulan teratur
(Sumber: <https://goo.gl/images/pPavXv>)

b. Pemantulan baur atau difus

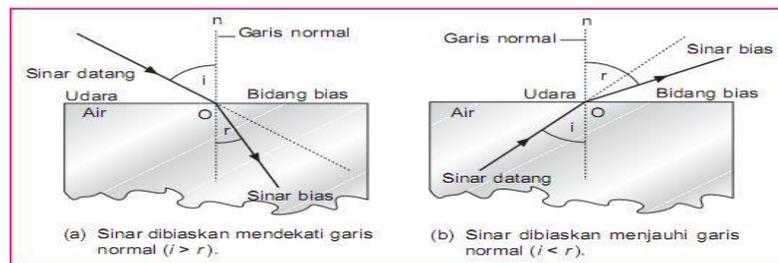
Pemantulan baur atau difus yaitu pemantulan cahaya dengan berkas cahaya pantul yang mengenai permukaan suatu benda yang tidak rata atau kasar sehingga menyebabkan sinar pantul tak beraturan.



Gambar 2.3 gambar pemantulan baur atau difus
(Sumber: <https://goo.gl/images/XWA6gk>)

2. Dapat mengalami pembiasan (refleksi).

Pembiasan merupakan pembelokan arah rambat cahaya yang melewati dua medium yang memiliki beda kerapatan. Hukum pembiasan cahaya yang berlaku yaitu apabila cahaya merambat dari zat yang kurang rapat ke zat yang lebih rapat, maka cahaya akan dibiaskan mendekati normal, sebaagi contoh adalah cahaya yang merambat dari udara ke air. Sedangkan apabila cahaya rambat dari zat lebih rapat ke zat yang kurang rapat, maka cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal, sebagai contoh adalah cahaya yang merambat dari air ke udara.



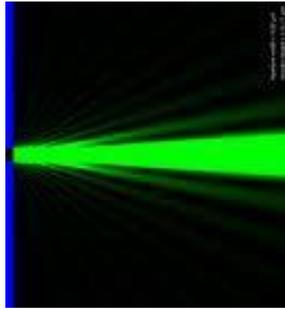
Skema pembiasan cahaya

Gambar 2.4 gambar pembiasan cahaya

(Sumber: <https://goo.gl/images/btnYGB>)

3. Dapat mengalami pelenturan (difraksi).

Gelombang cahaya yang mengalami difraksi disebabkan karena adanya penghalang berupa celah atau sudut penghalang yang menghalangi sebagian permukaan gelombang cahaya sehingga menyebabkan lenturan atau pembelokan pada permukaan gelombang cahaya. Semakin sempit celah penghalang yang menghalangi permukaan layar, maka akan semakin tajam pola difraksi yang dapat dihasilkan pada permukaan layar.

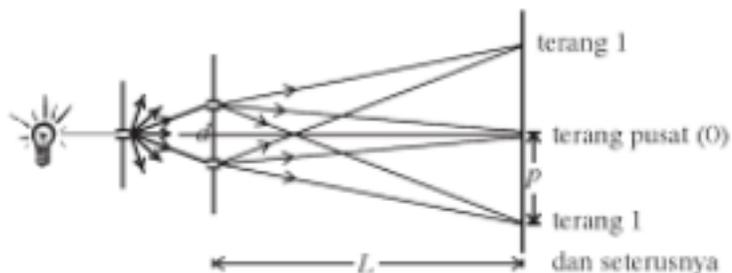


Gambar 2.5 gambar difraksi cahaya pada celah tunggal

(Sumber: <https://goo.gl/images/7NJPCK>)

4. Dapat dijumlahkan (interferensi).

Interferensi gelombang cahaya yaitu merupakan perpaduan atau gabungan dari dua buah atau beberapa gelombang cahaya yang dapat menghasilkan sebuah pola baru. Menurut percobaan yang dilakukan untuk membuktikan kebenarannya yaitu melalui percobaan *Fresnel* dan percobaan *Young* yang dapat diketahui bahwa cahaya harus bersifat koheren yang artinya cahaya yang digunakan harus memiliki beda fase yang tetap sehingga panjang gelombang yang terpancarkan akan tetap juga. Dalam percobaan *Fresnel* menggunakan sumber cahaya dari matahari dan dalam percobaan *Young* menggunakan sumber cahaya dari lampu pijar.



Gambar 2.6 gambar interferensi celah ganda pada percobaan *Young*

Peristiwa interferensi maksimum yaitu berupa garis terang, yang terjadi apabila beda fase cahaya yang sampai pada layar sama dengan bilangan genap kali setengah panjang gelombang. Sedangkan pada peristiwa interferensi minimum yaitu berupa

garis gelap, yang terjadi apabila beda fase cahaya yang sampai pada layar adalah bilangan ganjil dari sengah panjang gelombang.

5. Dapat diuraikan (dispersi).

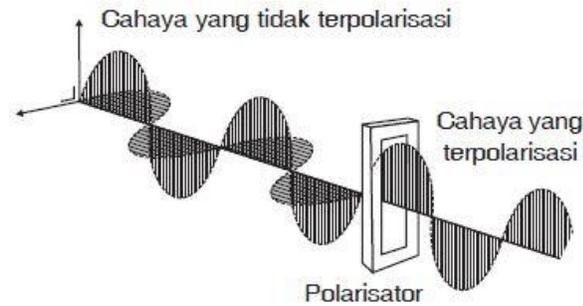
Penguraian cahaya atau dengan istilah lain dispersi cahaya yaitu proses penguraian cahaya putih atau cahaya polikromator menjadi berbagai warna atau cahaya-cahaya monokromator. Hal ini membuktikan bahwa cahaya putih tersusun dari harmonisasi berbagai warna yang memiliki panjang gelombang tidak sama. Contoh alaminya adalah peristiwa terjadinya pelangi, cahaya matahari yang dibiaskan oleh titik air hujan yang menyebabkan diuraikannya cahaya putih menjadi warna-warna indah pelangi.



Gambar 2.7 gambar pelangi sebagai contoh sifat dispersi cahaya
(Sumber: <https://goo.gl/images/ZOJ7Gz>)

6. Dapat diserap arah getarnya (polarisasi).

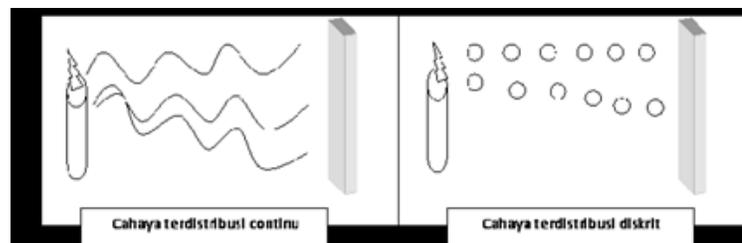
Polarisasi merupakan salah satu karakteristik dari semua gelombang transversal, dan cahaya seperti halnya semua radiasi elektromagnet yang dalam teori elektromagnet menyampaikan bahwa cahaya sebagai gelombang transversal yaitu dimana vektor listrik dan vektor magnet yang bergetar adalah tegak lurus kepada arah rambatannya.



Gambar 2.8 gambar cahaya yang terpolarisasi
(Sumber: <https://goo.gl/images/UZUDHp>)

7. Bersifat sebagai gelombang dan partikel.

Sifat cahaya sebagai gelombang dan sifatnya sebagai partikel yang secara nyata saling bertentangan akhirnya dapat direkonsiliasikan melalui perkembangan elektrodinamika kuantum, yaitu sebuah teori komperhensif yang memasukkan kedua sifat yaitu sifat sebagai gelombang dan sifat sebagai partikel dengan menjelaskan perambatan cahaya paling baik dijelaskan dengan model gelombang dan penjelasan tentang pemancaran dan penyerapan cahaya memelurkan pendekatan partikel hal sering dengan dualisme gelombang cahaya. Dualisme gelombang cahaya dianalogikan dengan sebuah asumsi bahwa sifatnya sebagai gelombang dipancarkan sebagai sebuah rambatan gelombang yang kontinu dan sifatnya sebagai partikel dipancarkan dalam bentuk paket energi yang disebut foton.



Gambar 2.9 gambar sifat dualisme gelombang cahaya
(Sumber: <https://goo.gl/images/aLMhSy>)

Cahaya adalah suatu bentuk radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spektrum yang dapat dilihat. Sebuah cahaya yang berbentuk sebagai gelombang mempunyai panjang gelombang dan frekuensi cahaya sendiri dengan sifat-sifat yang dimiliki di antara adalah cahaya merambat lurus, cahaya menembus benda bening, cahaya dapat dipantulkan, cahaya dapat diuraikan, cahaya dapat dibelokkan atau dilenturkan dan dapat berpolarisasi. Dalam kaitannya dengan indera mata manusia, kita dapat melihat suatu benda dikarenakan adanya cahaya matahari. Dengan letak keberadaan matahari disebelah barat pada sore dan disebelah timur pada pagi hari. Cahaya yang mendominasi adalah cahaya putih hal ini dikarenakan bahwa cahaya putih merupakan campuran dari semua panjang gelombang cahaya tampak.

2.2.2 Difraksi

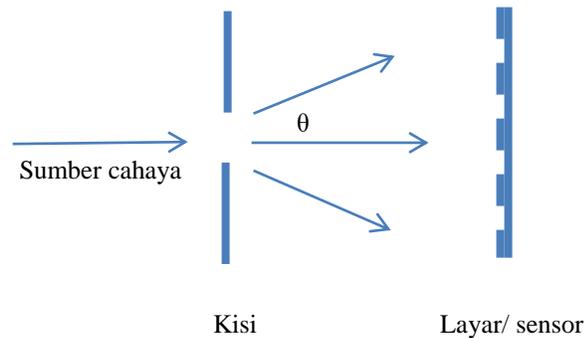
Peristiwa suatu permukaan gelombang yang tiba pada suatu celah sempit (lebarnya lebih kecil dari panjang gelombang) akan mengalami lenturan yang menyebabkan terjadinya pembelokan disekitar celah tersebut, peristiwa seperti ini dikenal dengan difraksi. Difraksi adalah satu sifat dari cahaya yang merupakan salah satu ciri khas dari gerak gelombang. Difraksi diartikan sebagai pembelokan atau pelenturan gelombang yang disebabkan jika gelombang yang merambat lurus pada medium homogen (serba sama) terhalang oleh sesuatu dan gelombang mengalami pembelokan. Difraksi dapat diamati melalui gelombang yang terdistorsi oleh suatu perintang yang memiliki dimensi sebanding dengan panjang gelombang tersebut. Suatu perintang yang digunakan tersebut dapat berupa sebuah layar dengan celah kecil. Difraksi dapat ditentukan melalui panjang gelombang dan besarnya penghalang atau lebar celah. Gelombang dengan frekuensi kecil yang memiliki panjang gelombang besar akan lebih mudah terdifraksi dibandingkan dengan gelombang yang memiliki panjang gelombang pendek. Jika gelombang melewati sebuah penghalang yang kecil, maka efek peristiwa difraksi yang terjadi tidak begitu tampak, sedangkan apabila gelombang melewati suatu penghalang yang besar maka efek difraksi akan lebih tampak. Efek peristiwa difraksi ini juga berlaku sebaliknya

yaitu jika suatu celah yang lebar dilewati oleh gelombang maka efek difraksi tidak tampak, namun apabila celah sempit dilewati oleh gelombang maka efek difraksi yang terjadi akan tampak lebih jelas.

Untuk mengkaji gejala difraksi dapat dikaji menggunakan dengan prinsip *Huygens*, yang menyebutkan bahwa suatu gelombang datar yang datang pada suatu celah dengan bukaan yang kecil akan menghasilkan gelombang sferis. Dengan jarak yang cukup jauh dari celah, gelombang sferis akan nampak lagi sebagai gelombang datar. Gejala difraksi juga dianggap sebagai salah satu ciri khas gelombang yang tidak dapat dimiliki partikel, hal ini dikarenakan sebuah partikel yang bergerak bebas melalui suatu celah tidak akan mengalami suatu perubahan arah. Fenomena difraksi ini merupakan efek dari interferensi. Difraksi dibedakan menjadi dua bagian yaitu difraksi *Fresnel* dan difraksi *Fraunhofer*. Yang membedakan dari dua bagian difraksi ini adalah jarak antara titik pengamatan atau sumber titik dengan bidang celah. Pada difraksi *Fraunhofer* memiliki letak jarak titik pengamatan titik sumber yang cukup jauh dengan bidang celah. Sehingga gelombang yang tiba pada celah maupun yang diteruskan dapat dideteksi sebagai gelombang datar. Sedangkan pada difraksi *Fresnel* memiliki letak jarak titik pengamatan titik sumber pada jarak yang dekat dengan bidang celah.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan jenis difraksi dengan pola celah banyak (*multi slit*). Ketika setelah melewati kisi terjadi penyebaran gelombang, maka gelombang ini akan menempuh jarak yang sama hingga mencapai satu fase, ketika satu gelombang tiba pada saat yang bersamaan dengan puncak gelombang yang lainnya, maka amplitudo dari kedua gelombang bergabung untuk membentuk amplitudo yang lebih besar, dan peristiwa ini dinamakan interferensi konstruktif (terbentuk saat terdapat titik terang pada layar ketika terdapat dua berkas gelombang berbeda dengan jarak sebesar satu panjang gelombang atau kelipatan bilangan bulat lainnya dari panjang gelombang yang bertemu). Sedangkan saat amplitudo gelombang cahaya bertemu setelah menempuh jarak setengah kali panjang gelombang yang lain, dan saat amplitudo kedua gelombang tiba mencapai layar

dengan keadaan fase gelombang yang berlawanan, maka terbentuklah gabungan gelombang yang menghasilkan amplitudo gelombang yang sama dengan nol. Seperti pada gambar dibawah ini:



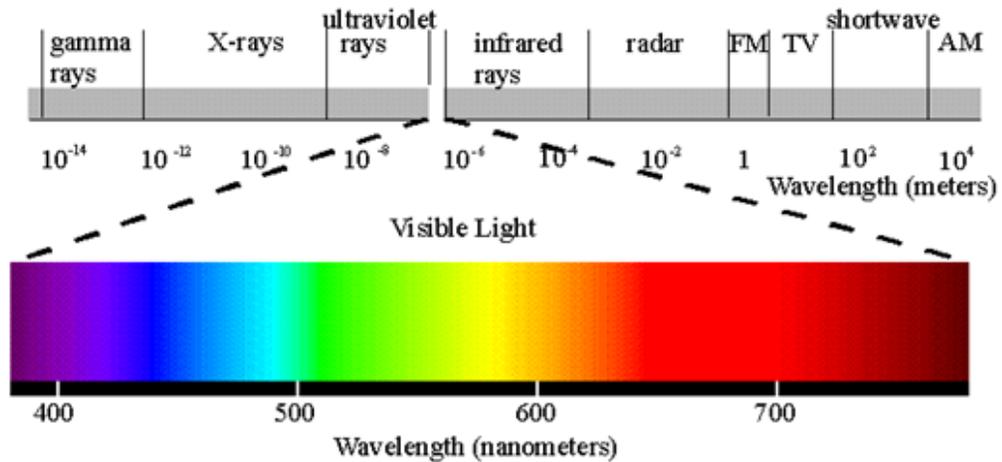
Gambar 2.10 gambar Skematik Kisi Difraksi

Gambar diatas merupakan gambar skematik dari kisi difraksi, yang memiliki pola dari kombinasi beberapa warna. Dalam penelitian ini penulis menggunakan kisi difraksi 600 *lines/* milimeter.

2.2.3 Warna dan Panjang Gelombang

Nilai dari setiap panjang gelombang memiliki ragam nilai perbedaan yang banyak, dari perbedaan tersebut oleh otak manusia diimplementasikan sebagai warna. Dengan panjang gelombang terpanjang yang memiliki frekuensi paling rendah diimplementasi oleh otak sebagai warna merah, hingga dengan panjang gelombang terpendek yang memiliki frekuensi paling tinggi diimplementasikan oleh otak sebagai warna ungu. Penginderaan manusia mampu melihat cahaya dengan frekuensi diantara 400 nm hingga 700 nm, cahaya dengan frekuensi dibawah 400 nm dan diatas 700 nm tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Pada batas frekuensi tinggi sebuah cahaya dapat disebut sebagai sinar ultraviolet, sedangkan pada batas frekuensi rendah sebuah cahaya disebut sebagai inframerah (*IR* atau *Infrared*). Berhubung sinar inframerah merupakan cahaya dengan frekuensi yang rendah maka tidak dapat dilihat oleh manusia, namun sinar inframerah dapat dirasakan oleh kulit manusia dalam bentuk

panas. Dengan kemajuan teknologi ada juga kamera yang dapat menangkap sinar inframerah dengan mengubahnya menjadi sinar tampak. Kamera tersebut disebut dengan “*night vision camera*”. Nilai hubungan warna dan panjang gelombang yang dapat dilihat oleh manusia adalah dilihat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.11 Gambar hubungan warna dan panjang gelombang pada cahaya tampak

(Sumber: <https://goo.gl/images/EJFnZ2>)

Sedangkan nilai hubungan warna dan panjang gelombang yang dapat dilihat oleh manusia juga dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Tabel hubungan warna dan panjang gelombang pada cahaya tampak

Jenis warna	Panjang gelombang	
	Kisaran (nm)	Nilai tengah (nm)
Merah	620 – 770	700
Jingga	585 – 600	590
Kuning	570 – 585	576
Hijau muda	540 – 570	555
Hijau	505 – 540	520
Biru muda	495 – 505	500
Biru	480 – 495	490
Nila	450 – 480	470
Ungu	350 – 450	380

Dalam peralatan optis, warna dapat diinterpretasikan oleh otak sebagai campuran dari tiga warna primer cahaya yaitu merah, hijau, biru yang digabungkan dalam komposisi tertentu. Melalui pencampuran dari warna primer maka dapat membuat suatu warna baru. Pada pencampuran warna primer dengan takaran yang tepat akan menghasilkan sebuah warna putih. Warna dapat dianalisa secara objektif dengan instrument fisik dan cara organoleptik atau dengan indera manusia.

Apabila terdapat dua buah gelombang yang memiliki frekuensi dan panjang gelombang yang sama namun fase bergabungnya berbeda, maka gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang yang amplitudanya tergantung pada perbedaan fasenya. Gelombang akan sefase dan berinterferensi secara saling menguatkan (interferensi konstruktif) apabila perbedaan fase 0 atau bilangan bulat kelipatan 360° . Sedangkan amplitudo sama dengan penjumlahan amplitudo masing-masing gelombang. Gelombang yang dihasilkan akan berbeda fase dan berinterferensi secara saling melemahkan (interferensi destruktif) apabila perbedaan fasenya 180° atau bilangan ganjil kali 180° . Amplitudo yang dihasilkan merupakan perbedaan amplitude

masing-masing gelombang. Perbedaan panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua gelombang merupakan penyebab dari perbedaan dari fase antara dua gelombang. Perbedaan fase 360° dihasilkan oleh adanya perbedaan lintasan pada panjang gelombang satu panjang gelombang. Sedangkan untuk menghasilkan perbedaan fase 180° didapatkan dari perbedaan lintasan panjang gelombang pada setengah panjang gelombang. Pola interferensi akan dapat dihasilkan apabila terdapat dua buah gelombang yang dapat disatukan kembali pada sebuah layar.

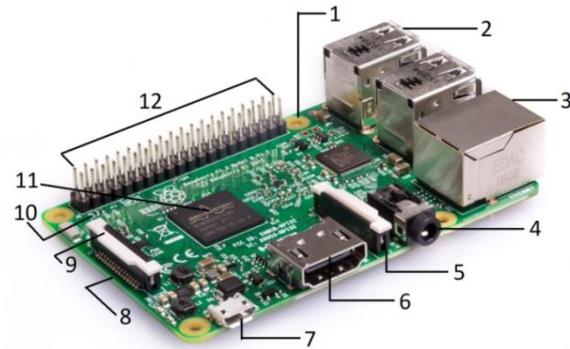
2.2.4 *Raspberry Pi 3 Model B*

Sebuah sistem kontrol atau dengan kata lain disebut sistem pengendali merupakan otak dari sebuah sistem, maka definisi dari pengendali yaitu merupakan suatu komponen yang berfungsi mengolah data yang diperoleh dari *input* (masukan) ataupun *output* (keluaran). Agar sebuah alat dapat bekerja sesuai dengan fungsinya dan seluruh komponen dapat bekerja saling terintegrasi maka pengendali harus dapat ditanami oleh program yang akan mengatur program kerja dari alat tersebut. Dalam rancang bangun alat ini menggunakan *Raspberry Pi 3 Model B* sebagai pengendali sistem kontrol.

Raspi merupakan singkatan dari *Raspberry Pi* yang paling sering digunakan oleh pecintanya, yang merupakan sebuah komputer papan tunggal (*Single Board Circuit* atau *SBC*) dengan ukuran yang kecil sebesar kartu kredit. *Raspberry Pi 3* merupakan generasi ketiga dari *Raspberry Pi*, dibandingkan dengan generasi sebelumnya *Raspberry Pi 3* memiliki prosesor yang lebih kuat yaitu 10 kali lebih cepat dari generasi pertama *Raspberry Pi*. Pada perangkat *Raspberry Pi 3* dilengkapi dengan fitur *Eireless LAN* dan koneksi *Bluetooth* yang tidak dimiliki pada dua generasi sebelumnya.

Raspberry Pi 3 Model B adalah salah satu mini komputer yang dikembangkan oleh *Raspberry Pi Foundation* di Inggris. Pengembangan dari *computer single board* ini adalah ditujukan untuk mengajarkan dasar-dasar ilmu computer dan pemrograman bagi siswa sekolah diseluruh dunia. Dengan menggunakan *Raspberry Pi*

mengungkinkan untuk membuat sebuah sistem pengontrolan dalam jarak jauh selama masih dalam satu jaringan *network* dengan menggunakan *Raspberry Pi* sebagai *web server* dan menghubungkannya pada suatu *network* yang sama. Dengan menggunakan *Raspberry Pi* memungkinkan untuk membuat sistem kendali jarak jauh untuk mengontrol sebuah kamera yang dapat digunakan untuk mengambil gambar secara terus-menerus dalam interval detik. *Raspberry Pi* tersusun dari beberapa bagian perangkat keras dan memiliki fungsi yang penting didalamnya. Sebuah prosesor merupakan bagian utama dari *Raspberry Pi*. Pada setiap *Raspberry Pi 3 Model B* memiliki *SoC (System on Chip)* yaitu *BCM2836 Chip Broadcom* yang mewujudkan suatu *CPU* inti *Quad Cortex A7* yang memiliki *clock speed 900 MHz* dan merupakan sistem 32-bit. Sebuah *Raspberry Pi* memiliki slot *SD card* yang digunakan untuk *SD card* yang bertindak sebagai media penyimpanan termasuk didalamnya sistem operasi dan file lainnya yang disimpan pada *SD card*. *Port HDMI (High-Definition Multimedia Interface)* yang ada pada *Raspberry Pi* digunakan sebagai audio dan video *output*. Untuk mengkonversi sinyal *HDMI* ke *DVI (Digital Visual Interface)* maka memerlukan sebuah converter yaitu *HDMI – DVI converter* yang biasanya digunakan oleh monitor. *Raspberry Pi* membutuhkan catu daya sebesar 2 A, 5 V DC melalui sebuah *micro USB*. *Raspberry Pi* ini juga memiliki konektor video komposit *RCA* untuk *output* video serta *jack stereo 3,5 mm* untuk *output* audio. Perangkat ini memiliki 26 *GPIO (General Purpose Input Output)* pin yang membantu untuk terhubungnya dengan peripheral tingkat rendah dan *expansion boards*. Berikut ini adalah gambar tampilan bentuk dari *Raspberry Pi 3 Model B* sebagai berikut:



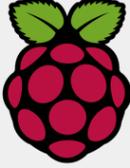
Gambar 2.12 gambar *Raspberry Pi 3 Model B*

Gambar diatas merupakan gambaran bentuk dan letak dari setiap perangkat keras yang menyusun *Raspberry Pi 3 Model B*. Untuk letak dan keterangan perangkat keras yang ada akan dipaparkan dalam sebuah tabel berikut ini:

Tabel 2.2 tabel letak dan keterangan perangkat keras *Raspberry Pi*

Nomor Letak	Keterangan Perangkat
1	Dimensi Raspberry Pi 3 Model B: 85.6mm x 56mm x 21mm
2	4 USB Port
3	10/ 100 LAN Port
4	3.5mm 4-pole Composite Video and Audio Output Jack
5	CSI Camera Port
6	Full Size HDMI Video Output
7	Micro USB Power Input, Upgraded switched power source that can handle up to 2.5 Amps
8	Micro SD Card Slot
9	DSI Display Port
10	On Board Bluetooth 4.1 Wi-Fi
11	Broadcom BCM2837
12	40 Pin Extended GPIO

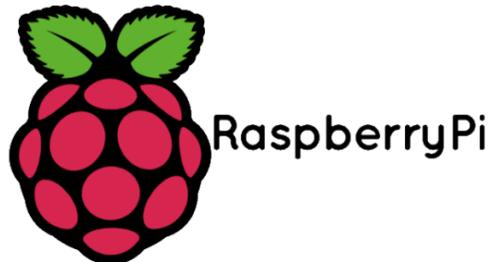
Raspberry Pi memiliki beberapa model dengan spesifikasi dan kelebihan masing-masing pada setiap modelnya. Dan berikut ini adalah perbandingan dari model-model pada setiap generasi *Raspberry Pi*.

	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi Model B+
Introduction Date	2/29/2016	11/25/2015	2/2/2015	7/14/2014
SoC	BCM2837	BCM2835	BCM2836	BCM2835
CPU	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz	ARM11 @ 1GHz	Quad Cortex A7 @ 900MHz	ARM11 @ 700MHz
Instruction set	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6
GPU	400MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV
RAM	1GB SDRAM	512 MB SDRAM	1GB SDRAM	512MB SDRAM
Storage	micro-SD	micro-SD	micro-SD	micro-SD
Ethernet	10/100	none	10/100	10/100
Wireless	802.11n / Bluetooth 4.0	none	none	none
Video Output	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite
Audio Output	HDMI / Headphone	HDMI	HDMI / Headphone	HDMI / Headphone
GPIO	40	40	40	40
Price	\$35	\$5	\$35	\$35

Gambar 2.13 gambar spesifikasi Raspberry Pi

Berbeda dengan mikrokontroler AVR yang selama ini dipakai sebagai pengendali, untuk menggunakan *Raspberry Pi* memerlukan *operating system (OS)* yang dijalankan dari *SD card* pada *board Raspberry*. *Operating system* yang sering digunakan yaitu *Raspbian*. *Operating system* yang disimpan pada *SD card* membuat proses *booting OS* hanya bias dilakukan melalui *SD card* saja dan tidak bias dilakukan dari lokasi penyimpanan lain. *Raspbian* merupakan sistem operasi yang bias didapatkan dengan gratis, *Raspbian* adalah sistem operasi yang berbasis *Debian* yang telah dioptimalkan untuk *Raspberry Pi*. Didalam sistem operasi ini sudah tersedia beberapa program dasar yang kelengkapannya yang membuat *Raspberry Pi* berjalan dengan sangat baik dengan dilengkapi lebih dari 35000 paket *software* tambahan dengan format yang mudah untuk di-*install* pada *Raspberry Pi*. Beberapa *OS* yang dapat dijalankan pada *Raspberry Pi* yaitu diantara adalah *Arch Linux ARM*,

Debian GNU/ Linux, Gentoo, Fedora, FreeBSD, NetBSD, Plan 9, Inferno, Linux Distro Raspbian, RISC OS dan Slackware Linux.



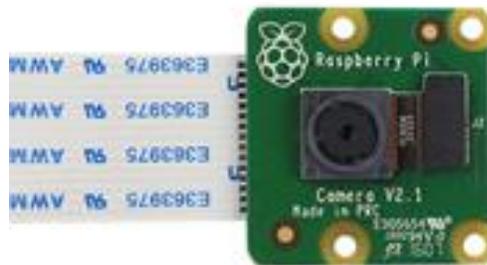
Gambar 2.14 gambar lambang sistem operasi *Raspberry Pi*

(Sumber: <https://goo.gl/images/srZVZP>)

Raspberry Pi yang menggunakan sistem operasi *Raspbian OS* ataupun menggunakan sistem operasi yang lainnya yang berbasis *Linux* mendukung *Python* sebagai bahasa pemrograman utama selain bahasa pemrograman lainnya seperti *C/ C++*.

2.2.5 *Raspberry Pi Camera V2 Module With Sony Sensor*

Komputer kecil *Raspberry Pi* yang berukuran sebesar kartu kredit ini diciptakan dan mendukung pada beberapa aksesoris perangkat tambahan. Salah satunya yaitu *Raspberry Pi Camera V2 Module With Sony Sensor* ini.



Gambar 2.15 gambar *Raspberry Pi Camera*

(Sumber: <https://goo.gl/images/CBwv7B>)

Kamera memiliki kelebihan yang menarik karena dapat memberikan citra format data mentah yang dapat digunakan untuk banyak pengaplikasian seperti pada *computer vision*, *biophotonics*, pengujian medis, penginderaan jarak jauh, astronomi, peningkatan pada kualitas gambar, memiliki *high dynamic range (HDR)*, dan dapat digunakan untuk pemantauan keamanan. Untuk memahami potensi ilmiah pada laboratorium yang komprehensif dengan imaging sensors maka dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan *Raspberry Pi Camera V2 Module* ini. Kamera ini didasarkan pada sensor *silica Sony IMX219 CMOS* yang menghasilkan resolusi gambar 8 megapiksel yang berukuran 3280x2496 piksel. Sensor *Sony* ini bekerja pada rentang spektral cahaya tampak diantara 400 nm hingga 700 nm dengan menggunakan pola *BGGR*. Kamera ini memiliki filter tanpa inframerah (*NoIR*) pada lensanya sehingga kamera hanya dapat mengambil gambar pada cahaya tampak. *Raspberry Pi Camera V2 Module* beroperasi pada *focal length* yang tetap yaitu (3.04 mm) yang biasanya dapat difokuskan pada jarak yang dekat hingga tak terhingga. Gambar yang dapat ditangkap yaitu pada pengaturan *ISO* diantara 100 hingga 800 yang dapat diatur secara manual, dan penangkapan gambar dapat dilakukan pada kecepatan antara 9 mikrodetik hingga 6 detik. Selain untuk melakukan pengambilan gambar, *Raspberry Pi Camera V2 Module* juga mendukung format video 1080 piksel pada 30 *frame per-second (fps)* dan pengambilan gambar penuh hingga 15 *frame per-second (fps)*. Kamera diakses dan dikontrol melalui perangkat lunak dengan bahasa pemrograman *Python* yang menggunakan *interface* pemrograman dari aplikasi *Pi Camera (API)*. Seluruh kegiatan pengontrolan kamera tersedia dan dapat dilakukan melalui *interface* pemrograman dari aplikasi *Pi Camera (API)*. Dengan spesifikasi dari *Raspberry Pi Camera V2 Module With Sony Sensor* sebagai berikut:

Tabel 2.4 tabel spesifikasi *Raspberry Pi Camera*

Parameter kamera	Spesifikasi
<i>Lens focal length</i>	3.04 mm
<i>f-number</i>	2.0
<i>Instantaneous field of view</i>	0.368 mrad
<i>Full-frame field of view</i>	59.17 deg (H) x 58.3 deg (V)

Tabel 2.5 tabel spesifikasi sensor Sony

Parameter sensor Sony	Spesifikasi
<i>Image sensor type</i>	<i>Back-lit CMOS</i>
<i>Image size</i>	<i>Diagonal 4.60 mm (type 1/4.0)</i>
<i>Number of active pixels</i>	<i>3280 (H) x 2464 (V) ~8.08 megapixels</i>
<i>Chip size</i>	<i>5.095 mm(H) x 4.930 mm(V) (w/ Scribe)</i>
<i>Unit cell size (pixel)</i>	<i>1.12 μm (H) x 1.12 μm (V)</i>
<i>Substrate material</i>	<i>Silicon</i>
<i>Bit depth</i>	<i>10-bit A/D converter on chip</i>
<i>Data output</i>	<i>CSI2 serial data output (selection of 4 lane/ 2 lane)</i>
<i>Communication</i>	<i>2-wire serial communication circuit on chip</i>
<i>Max full-frame frame rate</i>	<i>30 frames/ s</i>
<i>Pixel rate</i>	<i>280 megapixel/ s (all-pixels mode)</i>
<i>Data rate</i>	<i>Max. 755 Mbps/ lane (at 4 lane), 912 Mbps/ lane (at 2 lane)</i>

2.2.6 Kisi Difraksi

Kisi difraksi merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya. Kisi difraksi tersusun atas sejumlah besar garis atau celah sejajar yang berjarak sama pada permukaan yang datar. Kisi dapat terbuat dari kaca atau pelat logam yang dibuat dengan cara memotong alur-alur yang berjarak sama dan sejajar pada permukaan kaca atau pelat logam dengan menggunakan mesin penggaris yang presisi. Kisi difraksi memiliki dua jenis yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Kisi Transmisi (*Transmission Grating*) yaitu merupakan suatu kisi dengan celah yang memungkinkan dapat dilewati oleh cahaya.
2. Kisi Refleksi (*Reflection Grating*) yaitu merupakan suatu kisi yang memantulkan cahaya.

Dalam rancang bangun alat ini menggunakan kisi difraksi yang berjenis kisi transmisi karena memungkinkan cahaya untuk dapat melewatinya. Berikut ini adalah gambar tampilan dari kisi difraksi tersebut:



Gambar 2.16 gambar kisi difraksi

Pada umumnya kisi difaksi memiliki goresan celah yang bervariasi, salah satu contohnya adalah kisi difraksi 600 goresan per milimeter ini artinya jarak antar dua celah pada kisi sangatlah sempit. Difraksi atau lenturan cahaya akan terjadi saat nilai atau lebar dari celah lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya yang melewati kisi tersebut. Jika suatu kisi transmisi disinari, maka tiap celah bertindak sebagai

sumber cahaya yang koheren dengan pola cahaya yang dihasilkan dan diamati pada layar merupakan hasil kombinasi interferensi dan difraksi.

2.2.7 USB LED (*Light Emitting Diode*)

Seiring dengan perkembangan zaman banyak bermunculan inovasi-inovasi baru yang memudahkan bagi manusia, salah satu dari inovasi tersebut adalah tentang penggunaan lampu dengan daya konsumsi yang kecil tetapi memiliki penerangan yang lebih terang yaitu berupa *LED (Light Emitting Diode)*. Dengan inovasi tersebut banyak produsen semikonduktor yang memproduksi *LED (Light Emitting Diode)* dengan berbagai bentuk dan fungsinya. Salah satunya adalah *USB LED (Light Emitting Diode)* yang merupakan inovasi baru dengan bentuk yang fungsi yang sangat mudah untuk diaplikasikan yaitu hanya dengan sumber daya yang kecil dengan konektor berupa *USB* sehingga sangat aplikatif dan inovatif tanpa membutuhkan kabel lagi. Berikut adalah gambar dari *USB LED (Light Emitting Diode)*:



Gambar 2.17 gambar Bright white mini USB LED

(Sumber: <https://goo.gl/images/aGBhPQ>)

Bright white USB LED (Light Emitting Diode) dipilih dalam rancang bangun alat ini adalah karena membutuhkan penerangan atau sumber cahaya dengan daya yang dibutuhkan kecil untuk menyalakannya. Cukup dengan *port USB* sebagai konektor sumber daya untuk menyalakan *LED* tersebut.

2.2.8 Python

Python merupakan sebuah bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengembangkann aplikasi-aplikasi diberbagai bidang, terutama yang berkaitan dengan matematika dan sains baik aplikasi yang berjenis *console*, *GUI*, maupun *WEB*. Sehingga banyak dari programmer yang menggunakan bahasa pemrograman Python ini.

Python merupakan bahasa pemrograman yang interpretatif dan multiguna yang berdasarkan pada teori perancangan yang fokus pada tingkat pembacaan kode. Pemrograman *Python* diklaim sebagai bahasa pemrograman yang menggabungkan kemampuan dan kapasitas dengan sintaksis kode-kode yang sangat jelas. Pemrograman *Python* juga dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar dan komprehensif. Dalam penggunaan bahasa pemrograman *Python* banyak diterapkan pada berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak serta dapat bekerja diberbagai *platform* sistem operasi. Beberapa sistem operasi yang dapat menjalankan *Python* diantaranya adalah sebagai berikut yaitu *Windows*, *Linux*, *Mac OS X*, *Java Virtual Machine*, *OS/2*, *Amiga*, *Palm*, dan *Symbian*.



Gambar 2.18 gambar simbol *Python*

Untuk membuat script program yang menggunakan bahasa pemrograman *Python* mudah untuk dipahami terdapat sebuah *software* yaitu *IDLE Python GUI* (*Integrated Development and Learning Envirolment Python*). Didalam *software IDLE* memiliki dua tipe jendela utama yaitu jendela *Shell* dan jendela *Editor*, dan kedua jendela tersebut dapat bekerja secara bersamaan. Jendela *Editor* digunakan untuk

melakukan pembuatan program sedangkan jendela *Shell* digunakan sebagai jendela *input* dan digunakan untuk melakukan pengecekan pustaka yang sudah ter-*install* ataupun yang belum ter-*install*.

2.2.9 *SketchUp*

SketchUp merupakan sebuah program grafis 3D yang mengkombinasikan seperangkat alat (*Tools*) yang sederhana tetapi memiliki performa yang sangat handal dalam desain grafis 3D didalam layar komputer. Program grafis 3D *SketchUp* ini dikembangkan oleh Google dan tersedia secara gratis bagi semua orang yang tertarik untuk mempelajari dunia grafis 3D, sehingga sangat mudah untuk mendapatkannya sesuai dengan *tagline* yang dimiliki yaitu “*3D Modelling for Everyone*”



Gambar 2.19 gambar simbol *SketchUp software*

(Sumber: <https://goo.gl/images/YASgU2>)

Adapun kelebihan dari *SketchUp* dibandingkan dengan perangkat lunak grafis 3D lainnya diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mudah digunakan, intuitif, dan gratis untuk didapat semua orang yang ingin menggunakannya.
2. Dapat memodelkan segala sesuatu yang diimajinasikan sesuai dengan kemampuan dan imajinasi masing-masing pengguna.
3. Pemodelan 3D menjadi menyenangkan dengan menggunakan *SketchUp*.
4. Bias mendapatkan model-model gratis secara *online*.

5. Dilengkapi dengan Help Center yang dapat membantu dan memudahkan dalam menggunakan *SketchUp*.

Berikut ini adalah beberapa *Tools* dan fungsinya yang dimiliki oleh *SketchUp* dan yang umum digunakan. Diantara *Tools* tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel. 2.7 tabel *SketchUp Tools* dan fungsinya

No	Gambar/ Simbol	Tools	Penjelasan
1.		<i>Select</i>	<i>Select</i> berfungsi untuk menyeleksi objek yang ada di area <i>editing</i> .
2.		<i>Line</i>	<i>Line</i> berfungsi untuk membuat objek berbentuk garis lurus pada area <i>editing</i> .
3.		<i>Rectangle</i>	<i>Rectangle</i> berfungsi untuk membuat objek berbentuk persegi.
4.		<i>Circle</i>	<i>Circle</i> berfungsi untuk membuat objek berbentuk lingkaran.
5.		<i>Arc</i>	<i>Arc</i> berfungsi untuk membuat objek berbentuk garis yang melengkung.
6.		<i>Make Component</i>	<i>Make Component</i> berfungsi membuat beberapa objek yang diseleksi untuk menjadi satu bagian atau komponen.
7.		<i>Eraser</i>	<i>Eraser</i> berfungsi untuk menghapus <i>line</i> yang sudah dibuat namun tidak dipakai lagi.
8.		<i>Paint Bucket</i>	<i>Paint Bucket</i> berfungsi untuk memberikan warna, tekstur, material pada sisi objek.

Lanjutan Tabel. 2.8 tabel *SketchUp Tools* dan fungsinya

9.		<i>Push/ Pull</i>	<i>Push/ Pull</i> berfungsi untuk membuat objek 2D menjadi 3D.
10.		<i>Move</i>	<i>Move</i> berfungsi untuk memindahkan sebuah objek yang telah di- <i>select</i> atau dipilih.
11.		<i>Rotate</i>	<i>Rotate</i> berfungsi untuk merubah rotasi sebuah objek yang telah di- <i>select</i> atau dipilih.
12.		<i>Offset</i>	<i>Offset</i> berfungsi untuk membuat duplikat atau salinan dari <i>grid</i> sisi objek yang telah di- <i>select</i> atau dipilih.
13.		<i>Orbit</i>	<i>Orbit</i> berfungsi untuk merotasi <i>view</i> atau tampilan agar dapat melihat objek dari berbagai sisi dan arah.
14.		<i>Pan</i>	<i>Pan</i> berfungsi untuk memindahkan <i>view</i> atau tampilan pada layar <i>editing</i> .
15.		<i>Zoom</i>	<i>Zoom</i> berfungsi untuk memperbesar atau memperkecil <i>view</i> atau tampilan pada objek dilayar <i>editing</i> .
16.		<i>Zoom Extens</i>	<i>Zoom Extens</i> berfungsi untuk mengembalikan <i>view</i> atau tampilan seluruh objek yang telah di <i>zoom-in</i> kembali pada <i>view</i> atau tampilan sebelumnya yaitu <i>zoom-out</i> pada objek.

2.2.10 CorelDraw

CorelDraw adalah sebuah aplikasi grafis yang dapat digunakan untuk menggambar objek 2 dimensi dan juga objek 3 dimensi yang berbasis vektor, artinya *CorelDraw* memiliki sebuah format dokumen yaitu berupa format vektor. Format vektor adalah gambar yang membentuk sejumlah objek garis dan objek kurva yang berdasarkan matematis. Format vektor digunakan untuk membentuk objek buatan seperti menggambar objek dua dimensi yang menekankan pada pembuatan objek garis, lingkaran, *polygon* dan persegi. Sedangkan untuk menggambar objek tiga dimensi yang menekankan pada pembuatan objek bola, kubus, dan tabung.



Gambar 2.20 gambar simbol *CorelDraw*
(Sumber: <https://goo.gl/images/4T4Kjh>)

2.2.11 VNC Viewer

VNC Viewer merupakan singkatan dari *Virtual Network Computing*. *Virtual Network Computing* (*VNC*) adalah sistem client yang berdasarkan pada protokol tampilan sederhana yang platfromnya independen. *VNC Viewer* ini merupakan sebuah *software remote control*, yang dimana apabila menggunakan *software* ini suatu komputer dapat melakukan akses untuk bekerja disuatu komputer lainnya yang saling terhubung dengan jaringan yang sama. Pada *VNC Viewer* menggunakan

remote Bingkai Buffer Protocol (RFB) yang digunakan pada grafis desktop *sharing* sistem digunakan untuk melakukan pengontrolan dalam jarak jauh antar komputer. *VNC Viewer* ini menggunakan jaringan untuk mentransmisikan *Keyboard* dan *Mouse* dari satu komputer ke komputer yang lain, merelay grafis layar pembaruan kembali ke arah lain. *Software VNC Viewer* ini terdiri dari sebuah *server* dan aplikasi *client* untuk mengontrol layar komputer lain dari jarak jauh antar komputer.

Dalam sistem *server* dan *client*, untuk mengkoneksikannya maka *server* dapat mengkonfigurasi *port* serta *IP address* untuk mengkoneksikan dengan *client* yang akan me-remote desktop. Dalam komputasi, *Virtual Network Computing (VNC)* merupakan sebuah metode berbagi grafis desktop yang menggunakan protokol *Bingkai Buffer Protocol (RFB)* untuk kontrol antar komputer satu dengan yang lainnya dalam jarak jauh. sistem *VNC* tersebut terdiri dari *VNC Server* yaitu program yang dijalankan di komputer target, dan sedangkan *VNC Client* merupakan *viewer*, program ini dijalankan di komputer *server*.



Gambar 2.21 gambar simbol *Software VNC Viewer*

(Sumber: <https://goo.gl/images/4rLcyb>)