

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada beberapa kajian penelitian, sinar inframerah sudah banyak diterapkan dalam dunia medis. Salah satu penelitian yang berjudul “*A Novel Wireless Vein Finder*” karya Meeshawn Marathe, *et.al* (2014, 280), memanfaatkan sinar inframerah yang dihasilkan LED IR sebanyak 25 buah sebagai sensor pendeteksi pembuluh darah. Hasil citra pembuluh darah yang diperoleh dalam penelitiannya tersebut ditampilkan pada layar dekstop komputer. *Hardware* berupa kamera dan LED IR tersebut diintegrasikan dengan komputer tanpa menggunakan kabel atau dalam kata lain *wireless*. Meskipun sudah dapat mendeteksi letak pembuluh darah, alat hasil rancangan penelitiannya tersebut belum dibuat secara portabel karena masih membutuhkan komputer atau PC sebagai penampil citra atau gambar.

Dalam penelitian lain yang serupa dengan judul “*Pendeteksi Pembuluh Darah Berbasis Webcam*” karya Ade Pajar (2015, 55), berhasil memodifikasi webcam menjadi kamera inframerah. Modifikasi tersebut ditujukan untuk meningkatkan jangkauan cahaya yang mampu ditangkap kamera. Pada akhirnya kamera tersebut mampu menangkap cahaya inframerah dan dapat digunakan untuk mendeteksi pembuluh darah. Adapun gambar hasil dari tangkapan kamera tersebut langsung ditampilkan pada layar komputer secara *real time*. Jika mengamati pada hasil citra yang diperoleh dalam penelitian ini, hasilnya sudah cukup baik akan tetapi perlu ada peningkatan kualitas citra dengan mengimplementasikan beberapa metode pengolahan citra (*Image Processing*).

Kemudian penelitian lainnya yang berjudul “*Vein Viewer (Pembacaan Letak Pembuluh Darah Vena)*” karya Wahyu Pratama, *et.al* (2016, 6), berhasil merancang sebuah alat portabel untuk mendeksi letak pembuluh darah dengan menggunakan sensor IR *night Version Camera Module*. Melalui penelitian ini diketahui juga jarak yang tepat untuk pemindaian letak pembuluh darah dimana hal ini merupakan salah satu hal yang penting untuk mendapatkan hasil citra yang baik

dan baik. Meskipun sudah dapat memindai letak pembuluh darah, hasil citra yang diperoleh dalam penelitian ini masih perlu ditingkatkan.

Sebagai solusi citra letak pembuluh darah yang diperoleh, penelitian dengan judul "*Peningkatan Kualitas Citra Pada Sistem Visualisasi Pembuluh Darah Vena*" karya Lory Inggi, *et.al* (2015, 30) berhasil meningkatkan kualitas citra dengan menggunakan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Histogram Equalization* (HE). Dengan menggunakan metode tersebut citra mampu ditingkatkan kecerahannya tanpa menghilangkan informasi dalam citra aslinya. Meskipun citra yang diperoleh sudah cukup baik, tetapi perancangan alat (*prototype*) belum dibuat portabel. Disamping itu, dalam penelitian ini juga masih menggunakan komputer sebagai displai hasil pengolahan citra.

Berbicara terkait penelitian mengenai pemanfaatan sinar inframerah, maka pemanfaatannya tidak hanya dalam dunia medis, tetapi dapat diterapkan dalam bidang teknologi yang lain. Salah satu penelitian yang berjudul "*Sistem Monitoring Parkir Mobil Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Raspberry Pi*" karya Decy Nataliana, *et.al* (2014, 83), berhasil memanfaatkan inframerah sebagai sensor untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di blok parkir. Penelitian ini dapat menjadi teknologi inovasi dalam memonitor tempat parkir mobil di suatu gedung.

Selain itu, penelitian karya Mohamad Saefudin yang berjudul "*Sistem Keamanan Rumah Otomatis dengan Teknologi Inframerah*" (2008, 67) berhasil memanfaatkan inframerah sebagai sistem keamanan otomatis pada rumah yang lebih minimalis dibandingkan dengan sistem yang ada dipasaran. Meskipun minimalis, Saefudin menuliskan dalam penelitiannya bahwa hasil rancangan alatnya tersebut tidak mengurangi nilai kehandalan alat yang sudah ada. Hal ini dapat dibuktikan dengan data hasil pengujian yang disertakan dalam penelitiannya tersebut.

Melalui pemaparan penelitian yang ada sebelumnya, maka penelitian ini akan lebih mengembangkan pada perancangan alat dan metode pengolahan citra. Perancangan alat ini termasuk di dalamnya pengaturan pada LED inframerah

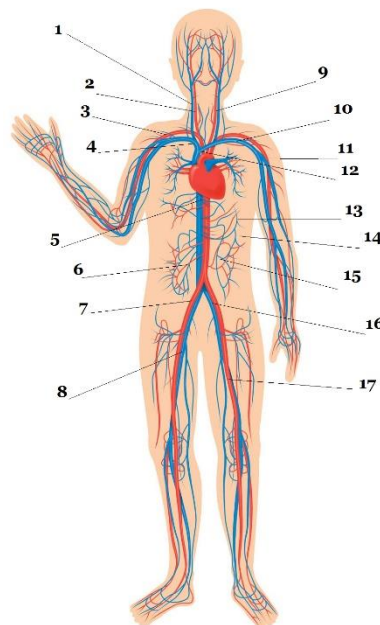
sebagai pemancar, sensor kamera yang digunakan dan perancangan alat yang dibuat portabel sehingga memudahkan dalam penggunaannya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pembuluh Vena

Di dalam tubuh manusia terdapat saluran seperti pipa yang berfungsi untuk mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh dan sebaliknya mengalirkan darah dari tubuh kembali ke jantung. Saluran tersebut sering disebut dengan pembuluh darah. Dalam dunia kedokteran, pembuluh darah dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu; (1). Pembuluh Arteri, (2). Pembuluh Kapiler, (3). Pembuluh Vena. Ketiga pembuluh tersebut memiliki fungsi dan perannya masing-masing.

Pembuluh Vena atau yang bisa disebut dengan pembuluh balik berfungsi untuk membawa dan mengalirkan darah dari seluruh jaringan tubuh menuju kembali ke jantung. Pembuluh darah ini umumnya banyak mengandung karbon dioksida. Sama seperti pembuluh arteri, pembuluh ini juga menyebar ke seluruh tubuh. Pada gambar 2.1 memvisualisasikan penyebaran pembuluh darah vena dan arteri dalam tubuh manusia.



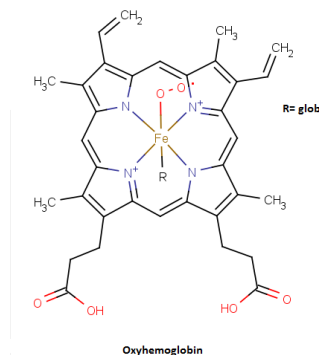
Gambar.2.1. Penyebaran pembuluh darah vena (biru) dan arteri (merah) ke seluruh bagian tubuh manusia (<https://anatomyparts.us/wp-content/uploads/2017/12/major-veins-and-body-and-unlabeled-diagram-major-blood-vessels-of-the-body-diagram-diagram-of-major-blood.png>, diakses pada tanggal 3 September 2018).

Pembuluh Vena memiliki ciri – ciri dan karakteristik yang dapat dikenali oleh manusia. Diantara cirinya adalah berada dekat dengan permukaan kulit dan warnanya tampak kebiru-biruan. Oleh sebab ciri tersebut, pembuluh darah vena lebih sering diakses untuk tujuan veskuler seperti injeksi dan infus.

2.2.2 Hemoglobin Darah

Di dalam darah yang mengalir pada pembuluh darah terkandung beberapa zat diantaranya adalah hemoglobin. Hemoglobin yang mempunyai lambang kimia Hb merupakan metalprotein yang mengandung besi berguna untuk mengangkut oksigen (O_2). Hemoglobin ini terkandung di dalam sel darah merah pada manusia maupun hewan.

Kemampuan hemoglobin dalam bergabung dengan oksigen akan membentuk fungsi oxyhemoglobin. Struktur kimia dari oxyhemoglobin ini tampak pada gambar 2.2. Melalui fungsi ini oksigen dari paru – paru didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Disamping itu, terdapat fungsi lain dari hemoglobin yaitu *deoxyhemoglobin*. Fungsi ini terbentuk karena bergabungnya hemoglobin dengan karbon dioksida.



Gambar.2.2. Struktur kimia *oxyhemoglobin* dalam darah (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Structures_of_Hemoglobin_forms.png, diakses, pada tanggal 19 Juli 2018).

2.2.3 Cahaya

Pada waktu siang tampak bumi begitu terang. Sedangkan sebaliknya pada waktu malam, alam tampak begitu gelap. Perbedaan kondisi ini tidak lain dipengaruhi oleh ada tidaknya matahari yang memancarkan cahayanya ke bumi. Cahaya matahari dan sumber cahaya lainnya pada dasarnya merupakan salah satu energi yang berbentuk gelombang elektromagnetik. Pendapat cahaya adalah gelombang elektromagnetik pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan bernama

Maxwell yang dikuatkan pendapatnya hasil eksperimen seorang ilmuwan bernama Hertz.

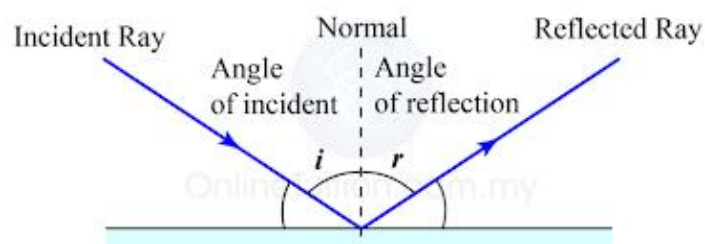
Melalui hasil eksperimen Hertz, tidak hanya membuktikan cahaya termasuk ke dalam gelombang elektromagnetik, tetapi dia juga berhasil menunjukkan adanya sifat-sifat pada cahaya. Sifat cahaya yang mampu dibuktikannya diantaranya adalah pemantulan, pembiasan, difraksi, dan polarisasi. Sifat cahaya lainnya yang sudah menjadi diketahui umum adalah kecepatan rambatannya. Dalam perambatannya sebagai gelombang, cahaya tidak memerlukan medium sebagai media. Oleh sebab itu, cahaya memiliki kecepatan rambat yang sangat tinggi yaitu sebesar 299.792.458 meter per detik.

a. Sifat Cahaya

Berkaitan dengan penelitiannya Hertz, telah terbukti bahwa cahaya memiliki sifat - sifat sebagaimana air dan benda lainnya. Sifat cahaya yang dikenalkan hingga saat ini diantaranya adalah cahaya dapat merambat lurus, dapat dipantulkan, dapat diserap, cahaya dapat dibiaskan dan lain sebagainya. Berikut penjelasan mengenai 2 sifat cahaya yang berkaitan dengan sistem pendeteksi pembuluh darah pada manusia. Kedua sifat tersebut yaitu pemantulan cahaya dan cahaya dapat diserap.

1) Pemantulan Cahaya

Salah satu sifat gelombang pada saat terdapat benda yang menghalangi jalur perambatannya maka akan ada gelombang yang dipantulkan. Hal ini serupa juga dengan cahaya. Apabila cahaya melewati suatu penghalang maka keseluruhan atau sebagian cahaya tersebut akan terpantulkan. Pernyataan tersebut sesuai dengan bunyi hukum pemantulan cahaya. Cahaya yang mengenai suatu permukaan atau bidang pantul, maka akan dipantulkan.



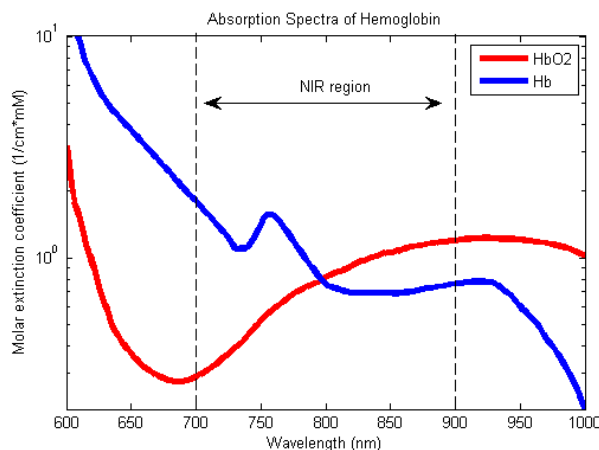
Gambar.2.3. Diagram hukum pemantulan cahaya pada bidang datar (<http://3.bp.blogspot.com/XPW7Aw7Iinw/Udwt1pplgtI/AAAAAAAAACMY/CbSvRMSWn gA/s400/reflection1.png>, diakses pada tanggal 3 September 2018).

Sebelum ditetapkannya bunyi hukum pemantulan cahaya, mulanya mekanisme pemantulan cahaya diketahui terlebih dahulu dengan menggunakan cakra optik. Melalui alat tersebut, diperoleh data hasil pengukuran yang kemudian dapat disimpulkan bahwa, 1). berkas sinar datang, sinar pantul, dan garis normal berada pada bidang datar dan berpotongan pada satu titik, 2). sudut sinar datang (*incident light*) sama dengan sudut sinar pantul (*reflected light*). Dua poin kesimpulan tersebut menjadi bunyi hukum pemantulan cahaya sebagaimana yang diilustrasikan pada gambar 2.3 di atas.

2) Cahaya Dapat Diserap

Pada saat cahaya mengenai suatu benda terdapat 3 kemungkinan yang akan terjadi yaitu, cahaya akan diteruskan atau menembus benda tersebut, cahaya dipantulkan, dan cahaya diserap oleh benda itu. Ketiga kemungkinan ini termasuk ke dalam sifat-sifat cahaya. Penyerapan cahaya sendiri dipengaruhi oleh warna benda. Apabila warna semakin gelap, maka cahaya akan lebih banyak diserap dibandingkan dengan benda yang warnanya terang.

Penyerapan cahaya sendiri tidak hanya terjadi pada benda, tetapi dapat terjadi pada salah satu zat cair di dalam tubuh manusia. Zat cair tersebut adalah darah.



Gambar.2.4. Grafik penyerapan cahaya merah dan inframerah oleh hemoglobin.

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oxy_and_Deoxy_Hemoglobin_Near-Infrared_absorption_spectra.png, diakses pada tanggal 19 Juli 2018)

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, di dalam darah terdapat hemoglobin yang berfungsi untuk menyebarkan oksigen ke seluruh tubuh. Di dalam hemoglobin terdapat *deoxyhemoglobin* dan *oxyhemoglobin*. Deoxyhemoglobin merupakan

hemoglobin yang tidak mengandung oksigen dan akan lebih banyak menyerap cahaya merah. Sedangkan *oxyhemoglobin* kebalikan dari *deoxyhemoglobin*, yaitu hemoglobin yang mengandung oksigen dan banyak menyerap cahaya inframerah.

Terlihat pada gambar 2.4, sebuah grafik bahwa cahaya merah pada rentang panjang gelombang 650 – 700 nm banyak diserap *oxyhemoglobin*. Adapun pada daerah NIR (*Near Infrared*) lebih banyak diserap *deoxyhemoglobin* pada rentang panjang gelombang antara 800 – 900 nm. Deoxyhemoglobin banyak terkandung dalam pembuluh vena, karena pembuluh tersebut umumnya banyak mengandung karbon dioksida. Hal inilah yang mendasari sistem pendeteksi pembuluh darah vena.

b. Jenis Cahaya

Berdasarkan panjang gelombangnya, cahaya dapat terbagi menjadi 3 jenis yaitu, cahaya/sinar ultraviolet, cahaya tampak, dan cahaya inframerah. Ketiga jenis cahaya itu juga termasuk ke dalam kelompok radiasi elektromagnetik dengan nilai frekuensi yang berbeda-beda.

1). Cahaya Ultraviolet (*UV Light*)

Cahaya ultraviolet atau yang sering dikenal dengan sinar ultraviolet (sinar UV) adalah sinar berupa radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih pendek dari sinar tampak (*visible light*) dan lebih panjang dari sinar-x. Panjang gelombang sinar ultraviolet berada pada rentang 100 nm dengan frekuensi 750 THz sampai 400 nm dengan frekuensi 3 PHz. Sumber sinar UV yang alami dan sering dijumpai adalah matahari.

2). Cahaya Tampak (*Visible Light*)

Cahaya tampak adalah cahaya yang dapat dilihat oleh mata tanpa harus menggunakan alat bantu untuk melihatnya. Cahaya ini memiliki rentang panjang gelombang antara 380 – 750 nm. Cahaya ini juga merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang terdiri dari 7 warna yaitu; merah, jingga kuning, hijau, biru, nila, dan ungu.

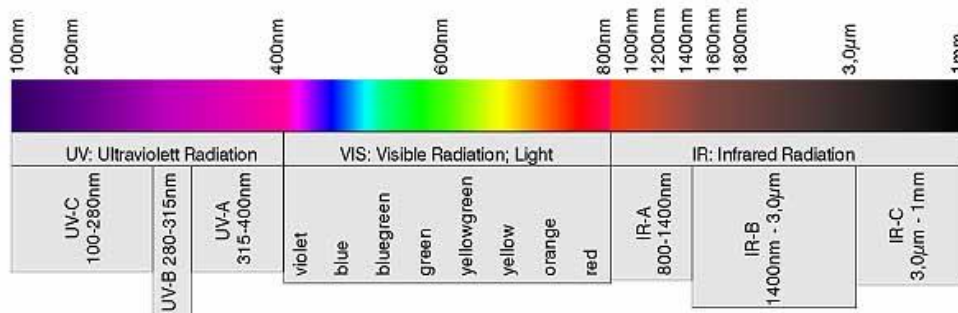
3). Cahaya Inframerah (*Infrared Light*)

Awal mula penelitian mengenai teknologi inframerah dimulai pada tahun 1800 oleh seorang astronomi inggris bernama Sir William Herschel. Sejak tahun

tersebut hingga sekarang teknologi inframerah terus dikembangkan. Perkembangan yang semakin pesat, membuat banyak peneliti yang membahas sifat, karakteristik, dan pemanfaatannya.

Sinar inframerah yang dapat diartikan sebagai sinar yang berada dibawah sinar tampak (*visible light*) merah ini, bersifat tidak dapat dilihat hanya dengan mata telanjang. Adapun untuk melihatnya membutuhkan bantuan alat seperti kamera. Kamera yang digunakan tentunya harus memiliki kemampuan menangkap panjang gelombang cahaya inframerah.

Sebagaimana jenis sinar lainnya, sinar inframerah memiliki panjang gelombang pada rentang 750 nm dengan frekuensi 430 THz sampai 1 mm dengan frekuensi 300 GHz. Hal ini sebagaimana tampak pada gambar 2.5, mengenai pembagian spektrum cahaya.



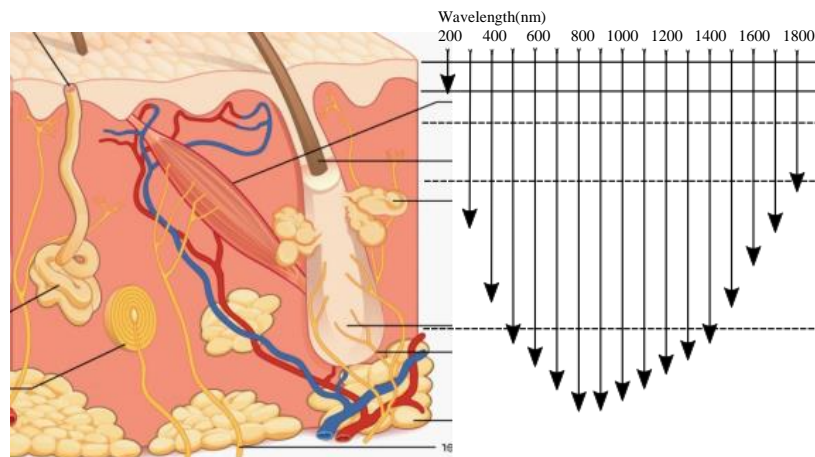
Gambar.2.5. Spektrum cahaya dari sinar ultraviolet hingga sinar inframerah.
(<https://i.stack.imgur.com/BVsX8.jpg>, diakses pada tanggal 20 Juli 2018)

Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar inframerah terbagi menjadi 3 jenis yaitu, 1), inframerah dekat yang memiliki rentang panjang gelombang antara 750 nm – 2.5 μm , 2), inframerah menengah yang memiliki rentang panjang gelombang antara 1.5 – 10 μm , dan 3), inframerah yang memiliki rentang panjang gelombang antara 10 μm – 1 mm.

Umumnya sinar inframerah dimanfaatkan pancaran radiasinya. Oleh sebab itu, meskipun sinar inframerah merupakan sinar tidak nampak, tetapi sinar ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan dan industri. Dalam bidang kesehatan sinar ini bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan Ph dalam tubuh sehingga dapat membersihkan darah dan meningkatkan metabolisme tubuh. Selain

itu manfaat lainnya adalah membantu memperjelas letak pembuluh darah untuk tujuan akses vaskuler.

Sebagaimana tampak pada gambar 2.6, memberikan informasi yang jelas mengenai penetrasi inframerah terhadap kulit manusia. Menurut Muhaimin (2001:106), rentang gelombang cahaya yang mampu menembus (penetrasi) pada kulit berada di antara 300 – 1800 nm. Namun untuk cahaya yang mampu menembus kulit hingga kedalaman hipodermis (bagian jaringan kulit bawah) hanya ada pada rentang 500 – 1400 nm. Untuk penetrasi yang paling dalam terhadap kulit ada pada rentang 800 – 1000 nm. Rentang inilah yang digunakan untuk mendeteksi letak pembuluh darah, karena pembuluh darah berada di bagian bawah lapisan kulit.



Gambar.2.6. Penetrasi cahaya pada kulit berdasarkan panjang gelombang (Muhaimin, 2001:106).

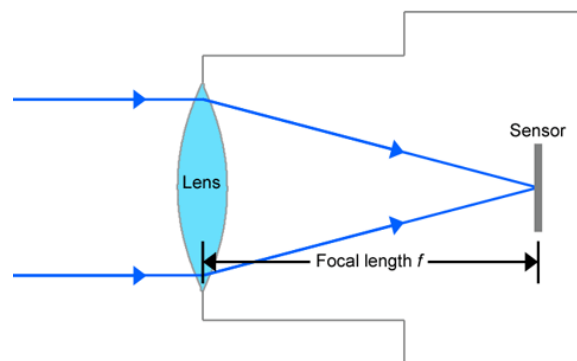
c. Alat Optik

Mata merupakan alat optik paling canggih. Dengan menggunakan mata, lingkungan, dan alam sekitar dapat diketahui. Dalam proses bagaimana mata menangkap gambar alam sekitar tidak terlepas dari ilmu fisika. Dalam ilmu fisika, alat optik banyak memanfaatkan prinsip dari pemantulan dan pembiasan cahaya.

Alat optik lainnya adalah kamera. Kamera dibuat dengan meniru prinsip kerja mata manusia sehingga dapat menangkap cahaya dan menampilkannya dalam bentuk gambar. Berkaitan dengan kamera, untuk mendapatkan citra yang baik dan tidak kabur perlu dilakukan pengaturan fokus. Selain fokus hal lain yang perlu diatur dan akan mempengaruhi citra yang di peroleh adalah kecerahan, kontras, dan ketajaman.

1) Fokus

Sebagaimana layaknya mata, sebuah kamera mempunyai lensa yang berbentuk melengkung berguna untuk melewatkan cahaya menuju sensor kamera. Kamera biasanya di dalamnya memiliki satu atau lebih lensa optik. Lensa ini digunakan untuk memusatkan atau menyebarkan cahaya yang masuk agar dapat terfokus pada sensor berupa permukaan fotosensitif. Sensor ini akan mengumpulkan cahaya yang dipantulkan dari objek asli melalui lensa optik tadi dan pada akhirnya akan diperoleh sebuah hasil citra yang sama seperti aslinya (<http://www.bhphotovideo.com>, diakses pada tanggal 6 Agustus 2018)



Gambar.2.7. Skema diperolehnya citra yang fokus (<https://i.imgur.com/V1WySTT.gif>, diakses pada tanggal 20 Juli 2018).

Dalam teorinya apabila cahaya tadi terpusatkan pada titik di depan ataupun di belakang sensor maka akan terjadi efek *out-of-focus*. Efek inilah yang membuat citra terlihat kabur. Oleh sebab itu untuk melewatkan cahaya pada lensa dan terfokuskan pada sensor dibutuhkan cara sederhana yaitu teknik pengaturan fokus.

Pengaturan fokus dilakukan dengan 2 cara yaitu menggeser obyek aslinya agar semakin dekat atau semakin jauh dari kamera. Adapun cara kedua menggeser lensa kameranya. Cara yang pertama akan sangat merepotkan apalagi bila obyek sangat besar. Adapun cara kedua, merupakan teknik yang ada pada kamera saat ini umumnya.

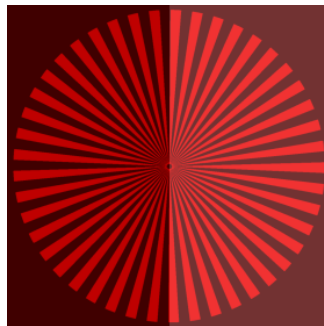
Prinsip pemfokusannya adalah kerjasama antara kamera dengan lensa. Keduanya bila digeser akan mengubah jarak antara lensa dengan sensor. Perubahan jarak ini akan mengubah juga posisi dimana cahaya akan terpusatkan. Pada saat cahaya terfokuskan tepat pada permukaan sensor, maka dapat dikatakan cahaya

obyek ada pada posisi yang fokus. Oleh karena itu, citra yang diperoleh akan fokus, tajam, dan tidak kabur (*blur*).

2) Kecerahan (*Brightness*)

Metode untuk meningkatkan kualitas citra yang diperoleh adalah dengan meningkatkan kecerahannya atau yang dikenal dengan istilah *brightness*. Kecerahan (*brightness*) berbeda dengan Gamma. Jika nilai gamma ditingkatkan pada sebuah citra, maka bagian sisi citra yang gelap akan semakin cerah tetapi tidak diimbangi dengan bagian yang terang. Oleh sebab itu, akan diperoleh hasil citra yang sangat terang sehingga kehilangan informasi dalam citra tersebut (<http://www.steves-digicams.com>, diakses pada tanggal 6 Agustus 2018).

Adapun pengaturan kecerahan memberikan hasil yang berbeda dengan pengaturan gamma. Jika nilai kecerahan ditingkatkan, maka secara bersamaan sisi gelap dan terang akan ditingkatkan, jadi tidak hanya salah satu sisi atau bagian saja. Untuk lebih jelas hasil dari citra yang ditingkatkan kecerahannya tampak pada gambar 2.8 berikut.

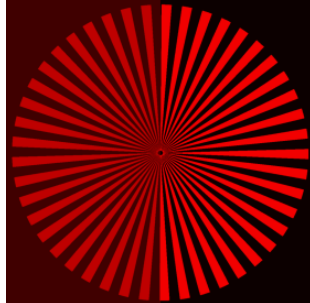


Gambar.2.8. Citra dengan nilai kecerahan (*brightness*) yang ditingkatkan (sisi sebelah kanan) (<http://www.steves-digicams.com/techcorner/images/red-bright.gif>, diakses pada tanggal 20 Juli 2018).

3) Kontras (*Contrast*)

Kontrol citra pada kamera adalah kontras. Kontras didefinisikan sebagai pemisahan antara sisi gelap dan terang pada sebuah citra. Sebagaimana yang didefinisikan, apabila nilai kontras citra ditinggikan maka pemisahan antara sisi warna yang terang dan gelap akan semakin jelas. Istilah sederhananya adalah membuat bayangan akan semakin gelap dan sisi terang akan semakin terang sebagaimana pada gambar 2.9. Begitupula yang terjadi sebaliknya, apabila nilai kontras diturunkan maka sisi gelap dan terang warnanya akan berdekatan satu sama

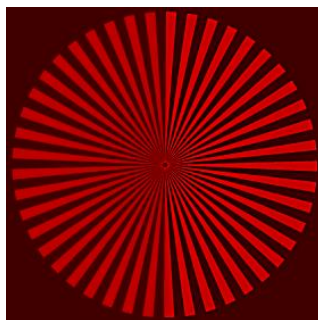
lain. Sehingga informasi pada citra tidak begitu jelas (<http://www.steves-digicams.com>, diakses pada tanggal 6 Agustus 2018).



Gambar.2.9. Citra dengan nilai kontras yang ditingkatkan (<http://www.steves-digicams.com/techcorner/images/red-sat.gif>, diakses pada tanggal 20 Juli 2018).

4) Ketajaman (*Sharpness*)

Sharpness atau yang berarti ketajaman merupakan kontrol citra untuk memperjelas tepi atau perbatasan (*edge*) antara sisi terang dan gelap. Dengan meningkatkan nilai ketajaman, maka citra akan meningkatkan kontras pada bagian tepi yang memisahkan antara area terang dan gelap. Oleh sebab itu, hasil citra akan detail dan jelas antara area yang satu dengan yang lain. Tampak pada gambar 2.10 lingkaran dengan sisi bagian kanan yang sudah ditingkatkan nilai ketajamannya (<http://www.steves-digicams.com>, diakses pada tanggal 6 Agustus 2018).



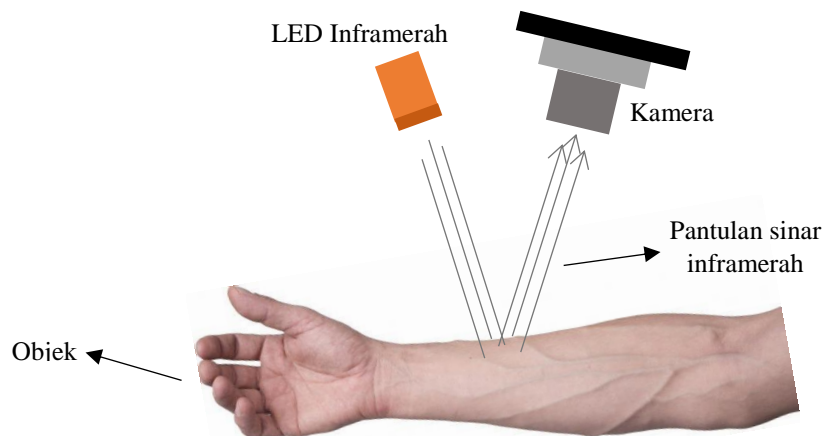
Gambar.2.10. Citra dengan nilai ketajaman yang ditingkatkan (<http://www.steves-digicams.com/techcorner/images/red-sharp.gif>, diakses pada tanggal 20 Juli 2018).

2.2.4 Prinsip Dasar Pendeteksi Pembuluh Darah

Prinsip dasar pendeteksi pembuluh darah memanfaatkan sifat pemantulan cahaya dan cahaya dapat diserap. Mulanya cahaya dengan panjang gelombang rentang *near inframerah (NIR)* dipancarkan ke arah objek berupa permukaan kulit. Cahaya tersebut dipancarkan dari LED inframerah sebagai sumbernya. Sesuai

dengan teorinya, penetrasi cahaya pada kulit akan terjadi. Kemudian cahaya yang mengenai pembuluh darah akan diserap oleh hemoglobin dalam darah. Adapun cahaya yang tidak mengenai pembuluh darah akan dipantulkan kembali.

Cahaya hasil pantulan dari kulit akan tampak lebih terang dibandingkan



Gambar.2.11. Prinsip kerja dasar pendeteksi pembuluh darah.

dengan cahaya yang diserap oleh hemoglobin. Akibatnya akan terlihat suatu bentuk pola pembuluh darah tersebut. Perbedaan cahaya ini dapat dilihat menggunakan kamera inframerah yang kemudian selanjutnya hasil tangkapan kamera ditampilkan pada layar (*display*).

2.2.5 Citra Digital (*Digital Image*)

Sebuah citra digital menurut Noah Webster (Easton 2010) dapat didefinisikan sebagai suatu produk optik hasil produksi atau meniru sebuah bentuk manusia ataupun benda lainnya. Hasil optik dari suatu benda tersebut merupakan hasil dari lensa, cermin, atau benda lainnya. Umumnya citra biasa dikaitkan dengan pengindraan terhadap gambar termasuk di dalamnya kecerahan dan jumlah cahaya yang dipantulkan dan dipancarkan oleh sebuah obyek.

Citra atau gambar pada prinsip citra digital merupakan sebuah fungsi f dari 2 buah variable yaitu x dan y . yang dinotasikan sebagai $f(x, y)$. Fungsi ini merepresentasikan tingkat kecerahan f pada sebuah titik x terhadap y seperti sumbu koordinat kartesius. Lebih jelasnya lagi, citra digital tersebut direpresentasikan dalam sebuah grafik berbentuk 3 dimensi dimana nilai tingkat kecerahannya berada pada sumbu z -nya (Easton 2010).

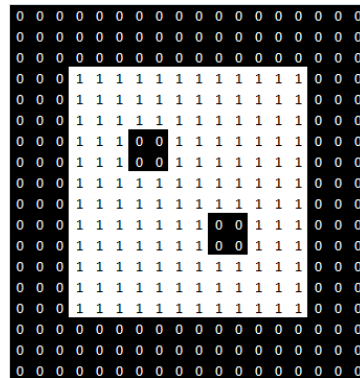
Sebelum dilakukan operasi komputasi, citra digital dikonversi ke dalam bentuk larik (*array*) terlebih dahulu dengan nilai setiap dimensinya berupa integer. Oleh sebab itu, citra digital sangat berkaitan juga dengan bentuk larik. Sebagian citra ada yang berbentuk larik 2 dimensi bahkan ada yang 3 dimensi.

a. Jenis Citra Digital

Dalam citra digital terdapat 3 macam jenis citra. Ketiga jenis citra tersebut yaitu 1) citra biner, 2) citra abu-abu (*grayscale*), 3) citra warna.

1) Citra Biner

Citra biner merupakan jenis citra digital yang hanya mengandung nilai logika 0 dan 1. Warna 0 merepresentasikan warna hitam gelap sedangkan angka 1 merepresentasikan warna putih terang (Kumar dan Verma 2010). Jadi dalam sebuah citra biner hanya terdapat 2 jenis warna yaitu hitam dan putih sebagaimana contoh pada gambar di bawah ini.



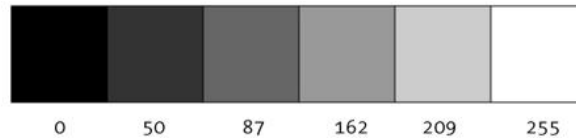
Gambar.2.12. Citra biner yang direpresentasikan dengan angka 0 dan 1 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Binary_image_with_holes.png, diakses pada tanggal 21 Juli 2018).

2) Citra Abu-Abu (*Grayscale*)

Citra abu-abu yang dapat di sebut juga dengan citra intensitas ini, secara umum cukup mirip dengan jenis citra biner yaitu hanya berwarna hitam putih. Namun untuk citra abu-abu ini tidak hanya terdiri dari 2 warna saja tetapi ada warna lain dengan nilai tertentu di antara rentang warna putih dan hitam sebagaimana terlihat pada gambar 2.13 ini.

Jenis citra ini terbagi lagi menjadi 3 berdasarakan tipe datanya. Citra abu-abu dengan tipe data *uint8* memiliki rentang nilai piksel antara 0 sampai 255. Kemudian untuk tipe data *uint16*, piksel citra ini bernilai antara 0 sampai 65535. Sedangkan

untuk tipe data `int16`, citra abu-abu ini memiliki rentang nilai piksel antara -32768 sampai 32767 (Kumar dan Verma 2010).



Gambar.2.13. Citra abu-abu dengan rentang nilai 0 – 255

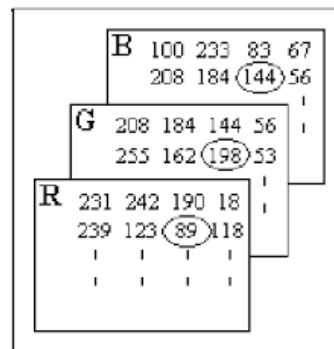
(<https://py.processing.org/tutorials/color/imgs/grayscale.jpg>, diakses pada tanggal 21 Juli 2018).

3) Citra Warna

Citra warna sering disebut juga dengan citra RGB. Perlu diketahui di dalam citra warna ini terdapat 3 buah kanal (*channel*) warna yaitu R (*red*) warna merah, B (*blue*) warna biru, dan G (*green*) warna hijau. Oleh karena itu, citra ini merupakan citra yang nilai setiap pikselnya ditentukan oleh 3 nilai dari setiap kanalnya (*channel*) tersebut.



(a)



(b)

Gambar.2.14. (a) Contoh citra warna (b) dan bentuk larik 3 dimensi dari citra warna (RGB) (ResearchGate.com, diakses pada tanggal 2 Agustus 2018).

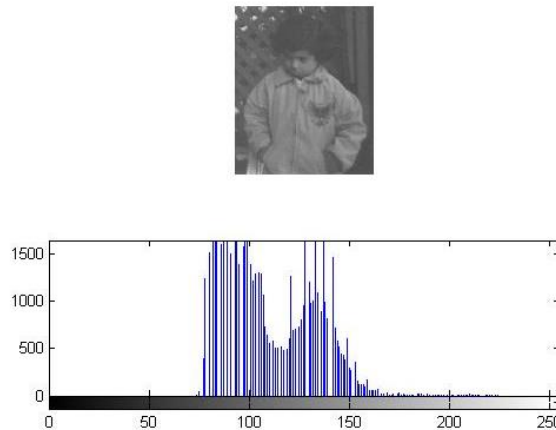
Bentuk larik dari jenis citra ini tersusun secara 3 dimensi. Jelasnya sebuah larik 2d yang tersusun kembali sehingga membentuk susunan baru berupa larik 3 dimensi. Berikut gambar di bawah ini menunjukkan susunan larik dari citra warna. Untuk citra warna ini sendiri terbagi menjadi 2 tipe data yaitu citra dengan tipe data `uint8` dan `uint16`.

b. Histogram Citra Digital

Histogram merupakan tampilan data dalam bentuk grafik berisikan probabilitas penyebaran nilai piksel suatu citra. Dapat diambil sebuah contoh

berupa citra abu-abu (*grayscale*). Dengan adanya histogram ini dapat dianalisa frekuensi munculnya nilai piksel yang berbeda – beda dalam citra abu-abu tersebut.

Dalam gambar 2.15 dapat diamati sebuah citra dengan histogramnya. Histogram pada gambar 2.15 memberikan informasi bahwa citra hanya memiliki



Gambar.2.15. Gambar yang memiliki kontras rendah (gelap) dan tampilan histogramnya (<https://i.stack.imgur.com/14pAR.jpg>, diakses pada tanggal 22 Juli 2018).

sebagian dari total keseluruhan nilai piksel. Dalam kasus ini nilai pikselnya berada pada rentang 0 sampai 256, sedangkan citra pada gambar 2.15 hanya memiliki nilai piksel antara 75 sampai 160. Melalui analisa histogram ini dapat disimpulkan bahwa citra pada gambar 2.15 memiliki tingkat kecerahan dan kontras yang rendah (Kruttsch dan Tenorio 2011, 2).

Adapun sebuah citra yang memiliki histogram yang baik bercirikan pemerataan pada frekuensi munculnya semua nilai piksel di rentang antara 0 – 256. Pemerataan pada histogram ini menunjukkan citra tersebut memiliki tingkat kecerahan dan kontras yang baik. Disamping itu, informasi yang terdapat di dalam citra dapat diamati dengan mudah (Kruttsch dan Tenorio 2011, 3).

Sebagaimana yang diketahui, histogram memberikan informasi frekuensi relatif kemunculan dari berbagai tingkat warna kecerahan pada citra. Histogram sendiri merupakan fungsi diskrit dari

$$p(r_k) = \frac{n_k}{N} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana,

r_k = nilai tingkat kecerahan citra grayscale (dari 0 – 256 untuk citra 8 bit)

n_k = jumla piksel pada citra dengan tingkat kecerahan yang sama

N = Jumlah keseluruhan piksel pada citra

Melalui hasil yang diperoleh dari fungsi di atas, maka dapat diperoleh grafik histogramnya seperti tampak pada gambar 2.15.

c. Teknik Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra atau yang dikenal dengan *Image Processing* merupakan segala bentuk pemrosesan sinyal yang mana inputnya berupa gambar atau video. Output yang dihasilkan melalui proses ini dapat berupa gambar kembali ataupun karakteristik dan parameter tertentu yang terkait dengan gambar yang diproses, seperti ukuran piksel gambar, jumlah channel gambar, dan jenis gambar.

Dalam pengolahan citra terdapat banyak sekali metode-metode yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas gambar atau meng-ekstrak karakteristik, sifat, dan corak gambar. Pada penelitian ini sendiri menggunakan beberapa metode filter untuk memperhalus dan memperjelas gambar. Metode untuk memproses gambar inputan diantara lain; a). Blur Filter, b). Gaussian Blur, c). CLAHE, d). Ridge Detection Filter, dan d). Adaptive Thresholding.

1) Mean Filter

Mean filter merupakan Linier Filter dalam pengolahan citra. Filter ini umum digunakan untuk menghilangkan *noise* (gangguan) yang sifatnya umum dan membuat citra menjadi tampak kabur (*blur*). Pengkaburan citra digunakan pada *preprocessing* (proses dimana citra diolah untuk mengurangi *noise*) untuk menghilangkan bagian-bagian kecil dan menutupi lubang-lubang kecil sehingga tampak tidak berlubang (Gonzalez and Woods 2008, 119).

Pada filter tersebut, nilai piksel dari citra diganti dengan nilai piksel rata-rata yang ada dari beberapa piksel di dekatnya. Besarnya ukuran piksel didekatnya ini biasa disebut dengan kernel. Nilai kernel harus berupa nilai positif dan bilangan ganjil sehingga akan ditemukan titik tengahnya. Titik tengah itulah nantinya yang akan di ganti dengan nilai rata-rata piksel (Acharya 2006, 115). Algoritma ini sangatlah mirip dengan algoritma median filter. Perbedaannya terletak pada bagaimana nilai piksel pengganti diperoleh.

Ilustrasi dari proses algoritma mean filter ini tampak seperti pada gambar 2.16. Mulanya nilai piksel dicari nilai rata-ratanya dari 9 nilai piksel yang ada.

5	7	3
4	2	5
6	2	2

(a)

5	7	3
4	4	5
6	2	2

(b)

Gambar.2.16. Ukuran piksel citra 3x3 dengan (a) nilai piksel sebelum dilakukan mean filter dan (b) setelah proses filter (Chandel dan Gupta 2013, 201–2)

Dari gambar 2.16(a), nilai piksel di urutkan dari yang terkecil hingga terbesar sehingga akan diperoleh data piksel; 5,7,3,4,2,5,6,2,2. Kemudian nilai mean (rata-rata) dari kesembilan nilai tersebut adalah angka 4. Nilai itu diperoleh dari

$$\frac{(5+7+3+4+2+5+6+2+2)}{9} = \frac{36}{9} = 4 \dots\dots\dots(2.2)$$

Lalu nilai piksel yang berada di tengah diganti sebagaimana pada gambar 2.16(b), yaitu mengganti nilai piksel 2 diganti dengan nilai piksel 4. Begitulah seterusnya proses ini diterapkan untuk setiap piksel di dalam citra masukan (Chandel dan Gupta 2013, 201–2).

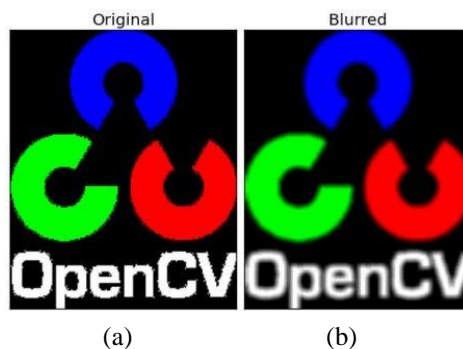
Secara simbolis, ilustrasi dari proses algoritma mean filter dapat dinyatakan dengan pernyataan seperti pada formulasi 2.3 berikut (Gonzalez dan Woods 2008, 231),

$$f(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{x,y}} g(s, t) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana,

mn = nilai ukuran kernel $m \times n$

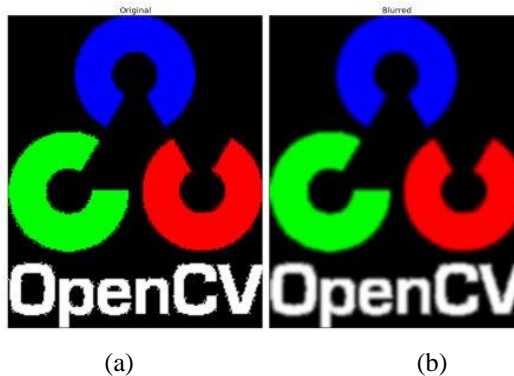
Adapun contoh dari pada hasil pengolahan citra dengan menggunakan metode ini tampak pada gambar di bawah ini,



Gambar.2.17. Gambar dengan asli dan (b) gambar setelah difilter dengan menggunakan mean filter (<https://docs.opencv.org/3.1.0/blur.jpg>, diakses pada tanggal 7 Agustus 2018).

2) Gaussian Filter

Diantara beberapa filter (penyaring) lainnya adalah *Gaussian Filter*. Filter jenis ini merupakan jenis filter linier untuk menghilangkan noise. Hasil yang diperoleh dari filter ini berupa citra yang tampak kabur (*blur*) sama halnya seperti mean filter.



Gambar.2.18. Gambar dengan *gaussian noise* (a) dan (b) gambar setelah difilter dengan menggunakan gaussian filter (<https://docs.opencv.org/3.4/gaussian.jpg>, diakses pada tanggal 3 Juli 2018).

Pada dasarnya metode ini didasari dari persamaan fungsi gaussian,

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana, σ adalah standar deviasi dari penyebaran gaussian yang mana penyebaran tersebut diasumsikan memiliki nilai rata-rata sama dengan 0 (nol). Untuk mengimplementasikan fungsi tersebut dalam pengolahan citra, fungsi di atas diubah terlebih dahulu ke dalam fungsi 2 dimensi. Hal ini dikarenakan di dalam pengolahan citra setiap nilai pikselnya diwakili atas sumbu x dan y. Oleh karena itu, fungsi dari gaussian menjadi;

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

3) CLAHE

Dalam pengolahan citra terdapat berbagai metode untuk meningkatkan kualitas citra salah satunya adalah *Histogram Equalization*. Metode yang dapat disebut juga "*Flattening*" ini adalah metode pengaturan kecerahan warna pada citra abu-abu (*grayscale*) dan kemudian dipetakan kembali ke histogram yang seragam.

Adapun hasil dari histogram yang tampil, tampak seperti adanya pemerataan pada nilai pikselnya.

Metode ini didasarkan pada transformasi yang menggunakan histogram suatu citra dimana tujuan dari metode ini adalah mendapatkan histogram yang seragam sehingga keluarannya berupa citra dengan informasi di dalamnya yang lebih jelas dan nampak. Hadirnya metode ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kualitas citra yang gelap.

Adapun algoritma yang terdapat di dalam metode ini sangatlah sederhana. Sama seperti metode pengolahan citra umumnya, metode ini menggunakan rumusan matematis dalam operasinya. Mulanya metode ini diawali dengan mengetahui histogram suatu citra terlebih dahulu. Apabila hasil histogram tampak sempit menunjukkan bahwa informasi dari gambar tidak begitu nampak dengan baik. Sedangkan bila histogram tampak lebar, menunjukkan penyebaran kontras yang baik sehingga gambar dapat tampak lebih jelas.

Setelah mengetahui histogram citra, kemudian diperoleh histogram frekuensi kumulatif (*comulative frekuensi of histogram*) melalui,

$$hist\ c_f = hist\ c_f[i - 1] + hist[i] \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana,

i = nilai dari setiap piksel pada citra grayscale

Setelah mengetahui nilai kumulatif frekuensi pada histogram, barulah dimasukan ke dalam formulasi pemerataan histogram berikut,

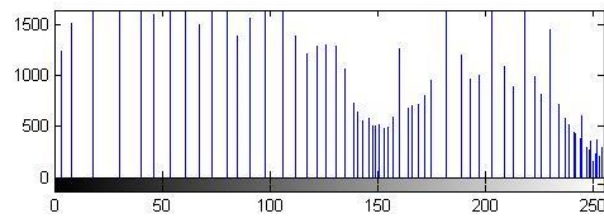
$$eqhist[i] = \left[\frac{(L * hist\ c_f [i] - N^2)}{N^2} \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana,

L = jumlah banyaknya nilai tertentu dari kecerahan citra yang muncul

N^2 = jumlah piksel $N \times N$ pada citra

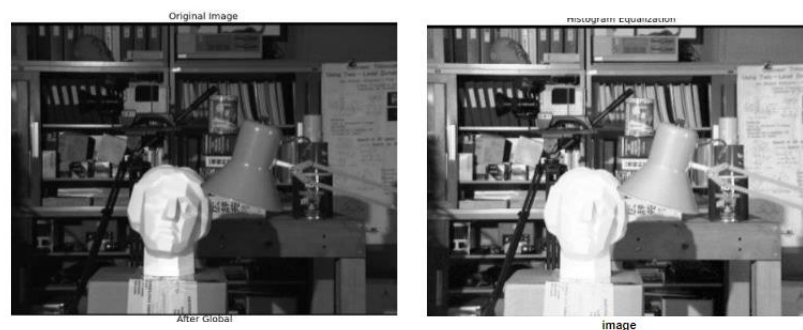
Di akhir algoritma adalah menggantikan nilai i dengan nilai $eqhist[i]$ disetiap i . Kemudian akan muncul pemetaan yang baru dari warna citra grayscale. Berikut gambar 2.19 hasil pengolahan citra dengan metode ini yang mana gambar asli sebelum diproses tampak pada gambar 2.15.



Gambar.2.19. Gambar setelah melalui proses pemerataan histogram dan tampilan histogramnya (<https://i.stack.imgur.com/1MjEA.jpg>, diakses pada tanggal 22 Juli 2018).

Secara garis besar, perubahan yang nampak pada *histogram equalization* sangat signifikan akan tetapi bentuk pemerataannya masih bersifat global, sehingga terkadang diperoleh hasil citra yang sangat cerah. Akibatnya kehilangan beberapa informasi pada citra tersebut sebagaimana pada gambar 2.20.

Memang benar bahwasannya latar belakang gambar tampak lebih jelas setelah proses *histogram equalization*. Namun jika diamati pada bagian wajah patung dalam gambar, tampak kehilangan sebagian besar informasi di dalamnya diakibatkan oleh hasil pengolahan citra yang terlalu terang. Kemudian untuk



Gambar.2.20. Gambar asli (kanan), dan gambar setelah proses *histogram equalization* (kiri) (https://docs.opencv.org/3.1.0/clahe_1.jpg, diakses pada tanggal 10 Juli 2018).

menanggulangi masalah ini, digunakanlah metode *Adaptive Histogram Equalization*.

Metode ini sangat membantu memperjelas sebuah citra tanpa diperoleh bagian yang terlalu terang. Pada dasarnya, algoritma didalam metode ini menggunakan algoritma dalam metode *histogram equalization*, yang membedakan adalah proses sebelum citra dilakukan pemerataan histogram. Mulanya citra dibagi menjadi beberapa blok kecil dengan ukuran piksel tertentu. Barulah dilakukan pemerataan histogram. Dalam metode ini ada batasan untuk nilai kontrasnya (*Contras Limited*) sehingga tingkat kecerahannya bias di atur. Oleh sebab adanya nilai batasan kontras, maka metode adaptif ini disebut juga dengan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*).

Setelah pemerataan histogram, untuk menghilangkan perbedaan antara blok kecil agar dapat kembali menjadi citra yang utuh, digunakanlah interpolasi bilinear. Adapun hasil dari pengolahan citra ini tampak pada gambar 2.21 latar belakang gambar lebih cerah tanpa menghilangkan informasi citra pada bagian kepala patungnya.

4) Morphology

Secara umum, morfologi terkenal dalam dunia biologi yang berkaitan dengan bentuk dan struktur pada sebuah binatang atau tumbuhan. Namun tidak berbeda halnya pada proses citra digital, morfologi juga berkaitan dengan bentuk dan struktur. Metode ini digunakan untuk mengekstrak komponen pada citra yang



image

Gambar.2.21. Hasil citra setelah diproses dengan CLAHE
(https://docs.opencv.org/3.1.0/clahe_2.jpg,
diakses pada tanggal 14 Juli 2018)

merepresentasikan dan mendeskripsikan bentuk area citra seperti perbatasan citra, bentuk kerangkanya, ataupun *convex hull*. Dalam prakteknya, morfologi dapat digunakan sebelum (*pre*) atau sesudah (*post*) proses pengolahan citra (Gonzalez dan Woods 2008, 519).

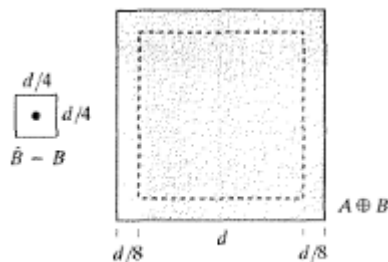
Metode operasi non-linear ini, sangat tepat diimplementasikan pada citra biner, tetapi dapat digunakan juga pada citra abu-abu. Dalam prosesnya, metode ini membutuhkan sebuah piksel matrik berukuran kecil ($m \times n$) yang disebut *structuring element*. Struktur elemen diposisikan di beberapa lokasi piksel citra dan dibandingkan dengan piksel yang berada disekitarnya. Umumnya struktur elemen dinotasikan dengan B dan citra yang diproses dengan A. Dalam morfologi sendiri terdapat 2 metode sederhana yaitu, *Dilation* dan *Erosion*.

a) Dilation

Formulasi dasar *dilation* ini didefinisikan sebagai berikut, (Gonzalez dan Woods 2008, 523),

$$A \oplus B = \{z \mid [(B)_z \cap A] \subseteq A\} \dots\dots\dots(2.8)$$

Persamaan 2.8 diperoleh dari notasi pelebaran A oleh B yang bergantung pada besarnya struktur elemen B. Jika diterapkan dalam pengolahan citra akan seperti



Gambar.2.22. Metode algoritma *Dilation* pada sebuah citra (Gonzalez dan Woods 2008, 524).

pada gambar 2.22. Gambar kotak bergaris adalah A yang merupakan ukuran asal mula citra dengan B merupakan struktur elemennya. Titip pusat origin B ditandai dengan titik hitam di tengahnya. Garis solid menunjukan ukuran citra A yang telah diperlebar dengan metode ini.

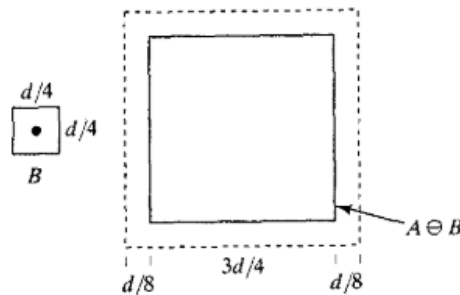
Dalam morfologi *dilation* ini hasil luaran citra sangat dipengaruhi oleh ukuran struktur elemen dan titik pusat origin-nya. Oleh karena itu, jika ukuran struktur elemen berbeda ataupun letak titik orgin berbeda, maka hasil luaran citra juga akan berbeda.

b) Erosion

Berbeda halnya dengan *dilation*, metode yang satu ini akan lebih mengurangi ukuran atau latar depan sebuah citra. Formulasi dasar yang menotasikan *erosion* ini definisikan sebagai berikut (Gonzalez dan Woods 2008, 525),

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \dots\dots\dots(2.9)$$

Melalui notasi 2.9, menunjukkan bahwa citra A yang dikikis atau dikurangi oleh struktur elemen B dengan hasil yang diperoleh masih termasuk bagian dari A.



Gambar.2.23. Metode Algoritma *Erosion* pada sebuah citra (Gonzalez dan Woods 2008, 526).

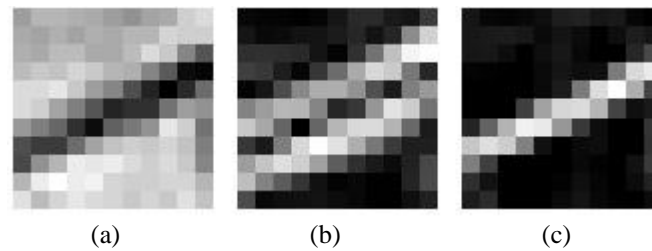
Sehingga dapat dikatakan, hasil dari metode ini berupa citra yang tidak melebihi dari ukuran aslinya. Dari gambar 2.23 terlihat jelas hasil citra yang diproses dengan metode morfologi *erosion*.

5) Ridge Filter

Didalam sebuah gambar biasanya ditemukan sebuah object berupa garis lurus ataupun tidak beraturan yang warnanya lebih terang ataupun lebih gelap daripada warna yang berada disekitarnya. Gambar seperti ini biasa ditemukan pada gambar pembuluh daun, jalur sungan dalam peta, dan lainnya. Disamping itu, objek ini juga biasanya membentuk suatu pola (*pattern*) tertentu seperti gambar pembuluh darah pada retina.

Objek dalam gambar tersebut dapat dipisahkan atau dalam kata lain di-ekstrak dari gambar lainnya. Manfaat dari pemisahan objek ini adalah dapat diketahui informasi mengenai panjangnya, strukturnya, pola dan lain sebagainya. Adapun metode yang digunakan dalam pengolahan citra untuk meng-ekstrak objek tadi adalah dengan menggunakan *Ridge Detection*.

Sekilas antara *Ridge Detection* dan *Edge Detection* tampak terlihat sama, tetapi keduanya sangat berbeda.



Gambar.2.24. (a) Gambar asli (masukan), (b) hasil dari *edge detection*, (c). hasil dari *ridge detection* (<https://i.stack.imgur.com/XACjm.png>, diakses pada tanggal 22 Juli 2018).

Seperti pada gambar 2.24 di atas, metode *Edge Detection* digunakan untuk mencari garis tepi suatu objek yang memisahkan objek tersebut dengan objek lain. Sedangkan *Ridge Detection*, sebagaimana penjelasan sebelumnya, digunakan untuk mencari garis yang warnanya lebih terang atau gelap dari warna sekitarnya. Tampak pada gambar 2.24(c), luaran dari Ridge ini mengikuti garis dari citra masukannya. Sedangkan edge memberikan luaran berupa 2 garis tepi yang mengikuti garis dari citra masukan.

Dalam proses pengolahan citranya, *Ridge Detection* bekerja pada struktur 2 dimensi. Untuk mendapatkan hasil citra ridge ini, setiap nilai piksel dari citra masukan dihitung menggunakan formulasi matematis Matrik Hessian (*Hessian Matrix*).

$$Hf(x, y) = \begin{bmatrix} f_{xx} & f_{xy} \\ f_{yx} & f_{yy} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.10)$$

Luaran dari formulasi di atas yaitu f_{xx} , f_{xy} , dan f_{yy} dihitung kembali turunan keduanya dengan menggunakan fungsi sobel atau gaussian filter. Hasil akhir dari perhitungan ini disebut juga dengan nilai eigen (*eigen value*) dari turunan orde kedua *Hessian Matrix*. Melalui hasil akhir inilah *Ridge Detection* diperoleh.

6) Adaptive Threshold

Salah satu metode pengolahan citra yang umum digunakan adalah *thresholding* (ambang batas). *Thresholding* merupakan suatu metode sederhana untuk memisahkan target objek dengan gambar latar belakang (*background*). Umumnya metode ini menggunakan 2 warna yaitu hitam dan putih, warna hitam menggantikan gambar latar belakang sedangkan warna putih menggantikan dari

target objek. Hasil objek pengolahan citra ini biasa disebut dengan citra biner (*binary image*).

Langkah sederhana untuk mengimplementasikan metode ini adalah dengan memberikan nilai batasan piksel suatu gambar grayscale. semisal nilai 127. Apabila nilai piksel citra yang bernilai kurang dari 127, maka akan diubah menjadi 0 atau warna hitam sedangkan nilai piksel citra diatas 127 akan diubah menjadi warna putih. Langkah thresholding seperti ini sering disebut juga dengan *fixed thresholding*. Bentuk formulasi matematis dari metode ini adalah sebagai berikut:

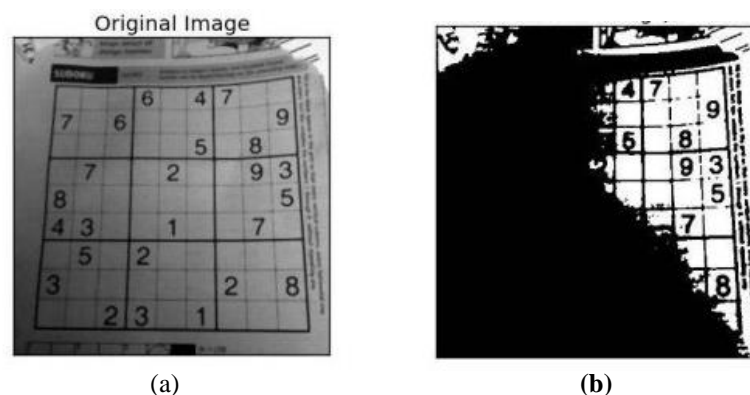
$$dst(x,y) = \begin{cases} maxVal, & scr(x,y) > threshVal \\ 0, & otherwise \end{cases} \dots\dots\dots(2,11)$$

Dimana,

maxVal = maksimal nilai threshold (*default* = 255)

threshVal = nilai thresholding yang diatur (*default range* 0 -255)

Salah satu citra hasil pengolahannya adalah seperti gambar 2.24. Tampak gambar yang terlihat hanya berwarna hitam dan putih.



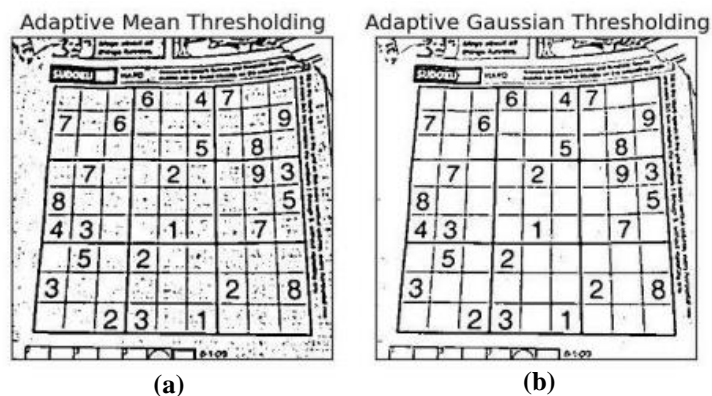
Gambar.2.25. Hasil gambar sebelum (a) dan setelah (b) diproses dengan metode *fixed thresholding* (https://docs.opencv.org/3.4.0/ada_threshold.jpg, diakses pada tanggal 21 Juli 2018).

Sebagaimana diketahui, nilai yang diatur pada *fixed thresholding* merupakan nilai piksel pada citra grayscale yang memiliki rentang nilai antara 0 – 255. Hal ini sama seperti gambar yang berformat RGB (*Red Green Blue*) 8 bit. Adapun perbedaan diantara RGB dan grayscale adalah pada jumlah *channel*nya, untuk RGB terdiri dari 3 channel warna yaitu R (*red*) = channel 1, G (*green*) = channel 2, dan B (*blue*) = channel 3 sedangkan untuk citra grayscale hanya terdiri dari 1 channel saja. Nilai piksel pada citra grayscale merepresentasikan tingkat kecerahan gambar.

Nilai 0 merepresentasikan untuk warna hitam sedangkan nilai 255 untuk warna putih.

Jenis metode thresholding lainnya adalah metode thresholding adaptif (*adaptive thresholding*). Metode ini merupakan suatu operasi yang mampu mengubah suatu citra mejadi citra threshold secara dinamis. Metode ini sangat efektif dalam menangani perubahan kecerahan pada citra akibat perubahan cahaya yang menyinari citra tersebut.

Secara khusus thresholding adaptif terbagi menjadi 2 metode yaitu *Adaptive Mean Thresholding* dan *Adaptive Gaussian Thresholding*. Perbedaan keduanya ada pada penentuan nilai piksel citra sebagai batasan thresholdnya. Pada *Adaptive Mean Thresholding*, nilai batasan untuk threshold adalah nilai rata-rata dari nilai piksel suatu area yang berukuran sebesar piksel tertentu (*block size x blocksize*) di target objek. Sedangkan *Adaptive Gaussian Thersholding*, nilai batasan untuk threshold adalah jumlah nilai dari area target objek yang dimasukkan ke dalam fungsi gaussian. Tampak gambar 2.27 merupakan hasil contoh pengolahan citra menggunakan kedua jenis metode adaptif thresholding tersebut.



Gambar.2.27. Gambar (a) yang diproses dengan metode *adaptive mean* dan (b) dengan metode *adaptive gaussian* (https://docs.opencv.org/3.4.0/ada_threshold.jpg, diakses pada tanggal 21 Juli 2018).

2.2.6 Hardware yang Digunakan

a. IR LED

Setelah berkembangnya teknologi inframerah, sampai saat ini teknologi tersebut sudah dijual dan digunakan secara umum. Salah satu teknologi yang dijual

dipasaran adalah *LED IR*. LED tersebut banyak digunakan sebagai sumber cahaya inframerah.

LED IR merupakan LED yang tidak sama dengan LED umumnya, LED ini mampu menghasilkan radiasi sinar inframerah. Radiasi sinar yang dihasilkan tidak tampak jika dilihat dengan mata karena panjang gelombang sinar tampak (*visible light*) berbeda dengan panjang gelombang sinar inframerah. Adapun intensitas cahaya inframerah yang dihasilkan LED IR cukup tinggi dengan panjang gelombang maksimal 850nm, melalui kemampuan tersebut dapat dipastikan hasil pemindaian pembuluh darah menjadi lebih optimal.

Besar daya IR LED yang digunakan adalah 1 watt. Dengan tegangan input 5 volt. IR LED yang digunakan sebagaimana tampak pada gambar 2.28, tetapi hanya digunakan satu buah dengan tidak dilengkapi lensa. Peniadaan lensa ditujukan agar penyebaran radiasi lebih merata. Hal ini disebabkan penyebaran dengan lensa hanya memancarkan radiasi pada sudut 100° (derajat) saja.

b. Camera NoIR



Gambar.2.28. Camera Raspberry Pi NoIR yang dilengkapi dengan lensa, dan IR LED (<https://i.stack.imgur.com/bHwX0.jpg>, diakses pada tanggal 22 Juli 2018).

Camera NoIR merupakan kamera yang tidak sama seperti kamera pada umumnya karena kamera ini tidak memiliki filter infrared (*IR cut filter*). Oleh karena tidak memiliki filter inframerah menjadikan kamera ini mampu untuk menangkap gambar pada rentang cahaya inframerah. Hasil gambar yang ditangkap nantinya akan dikirimkan ke mikrokontroler menggunakan komunikasi antarmuka CSI (*Camera Serial Interface*). Melalui antarmuka tersebut, mampu mengirimkan data dalam rate yang tinggi.

Kamera yang telah dilengkapi dengan lensa ini memiliki resolusi 5 MP sehingga mampu mengambil gambar dengan ukuran 2592 x 1944 px. Selain itu kamera ini juga mendukung pengambilan video dengan ukuran 1080p 30 f/sec,

720p 30 f/sec, dan 640 x 480 60/90 f/sec. Adapun untuk rentang cahaya yang dapat ditangkap oleh kamera NoIR adalah pada rentang cahaya NIR *near-infrared* yaitu antara 780 nm hingga 2500 nm.

c. Raspberry Pi



Gambar.2.29. Raspberry Pi 3 Model B (<https://opensource.com/sites/default/files/resize/raspberrypi3-520x344.jpg>, diakses pada tanggal 3 September 2018).

Raspberry Pi, merupakan sebuah board mini komputer tunggal atau *single-board circuit* (SBC) yang berukuran sama dengan kartu kredit. Board yang memiliki arsitektur 64-bit ini berbasis pada ARMv8 CPU yang memiliki kecepatan clock rate 1.2 GHz. Board ini juga sudah dilengkapi dengan Wireless LAN sehingga memudahkan pengguna untuk dapat membuat *hardware* yang mampu terintegrasi dengan internet IoT (*Internet of Things*). Disamping itu, board ini dilengkapi dengan Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy (BLE).

Meskipun board ini berukuran kecil tetapi memiliki beberapa port yang serupa dengan komputer pada umumnya seperti USB, HDMI, Ethernet, 3.5 audio jack. Selain itu board ini juga dapat berfungsi sebagaimana layaknya mikrokontroler umumnya. Hal ini dikarenakan adanya 40 pin GPIO dengan berbagai fungsi seperti komunikasi UART, I2C, SPI, dan pin PWM. Adapun antarmuka lainnya adalah CSI (*camera serial interface*) yang berfungsi sebagai antarmuka modul kamera dan DSI (*display serial interface*) yang berfungsi sebagai antarmuka dengan modul berbagai macam LCD display.

d. LCD 3.5"



Gambar.2.30. LCD 3.5" TFT *Touch Screen* untuk Raspberry Pi (<https://www.waveshare.com/3.5inch-rpi-lcd-a.html>, diakses pada tanggal 3 September 2018).

LCD yang dikenal dengan LCD TFT layar sentuh (*touch screen*) ini memiliki resolusi 480x320 piksel dengan ukuran 3.5". Dengan ukurannya yang kecil, LCD tidak membutuhkan tegangan yang tinggi untuk dapat mengoperasikannya. Cukup dengan tegangan 5 Volt DC dan arus 115mA, LCD sudah dapat menyala dan dapat digunakan. Sebagaimana LCD pada umumnya, LCD jenis ini banyak digunakan sebagai penampil. Pada penelitian kali ini, LCD akan digunakan sebagai penampil hasil citra yang telah diproses.

Hasil citra yang akan ditampilkan dikirimkan oleh Raspberry Pi ke LCD dengan menggunakan antarmuka SPI (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi jenis ini memiliki kelebihan yaitu antara hardware satu dengan lainnya dapat berkomunikasi secara Full Duplex atau dalam kata lain kedua hardware dapat saling mengirimkan data secara simultan diwaktu yang bersamaan. Tentunya hal ini akan memudahkan pengguna pada saat memberikan sebuah intruksi tertentu kepada mikrokontroler melalui LCD.

2.2.7 Software yang Digunakan

a. Open CV

Open CV (*Open Source Computer Vision*) merupakan sebuah pustaka (*library*) untuk mendukung sistem penglihatan komputer (*computer vision*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*). Bentuk dari pustaka tersebut berupa software yang bersifat *open-source* sehingga setiap orang dapat mengembangkannya. Pustaka ini memiliki lebih dari 2500 algoritma yang telah

dioptimalisasi seperti, algoritma untuk pendeteksi dan mengenali wajah, identifikasi suatu objek, dan lain sebagainya.



Gambar.2.31. Logo pustaka OpenCV di berbagai bahasa pemrograman (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/OpenCV_Logo_with_text_svg_version.svg/180px-OpenCV_Logo_with_text_svg_version.svg.png, diakses pada tanggal 19 Juli 2018).

Pustaka yang dirilis pertama kali pada tahun 2000 ini, sangat mendukung berbagai macam bahasa pemrograman seperti C++, python, java dan lainnya. Disamping itu, pustaka ini juga tersedia untuk berbagai macam platform seperti, Windows, Linux, Android, iOS, dan sebagainya. Salah satu bahasa pemrograman yang banyak dipakai untuk menggunakan pustaka ini adalah Python sehingga saat ini dikenal dengan OpenCV-Python. OpenCV-Python adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) dari OpenCV khusus untuk Bahasa Python yang mana OpenCV ini merupakan kombinasi antara API OpenCV untuk Bahasa C++ dan Bahasa Python.

b. Python 3.5

Bahasa pemrograman Python merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan untuk tujuan dan kepentingan umum. Salah satu pemanfaatan Bahasa Python yaitu untuk bahasa skrip (*scripting language*), aplikasi web dan lainnya. Hingga saat ini pun, bahasa pemrograman Python banyak diminati oleh para programmer baik untuk mengembangkan aplikasi berbasis desktop ataupun sebagai pengolah data *back-end* dalam suatu laman web.

Sebagai salah bahasa pemrograman yang banyak diminati, Python juga memiliki berbagai macam pustaka (*library*) yang memberikan kemudahan kepada

programmer untuk mengembangkan aplikasi atau web sesuai kebutuhan. Disamping itu bahasa pemrograman ini juga dapat digabungkan dengan bahasa C dan C++ sehingga mampu memberikan kecepatan yang cukup untuk melakukan sebuah komputasi ringan hingga kompleks. Sama halnya pada bahasa pemrograman C/C++, Python juga memiliki software tersendiri.

Software yang digunakan untuk bahasa pemrograman ini sangatlah beragam, tetapi software resmi yang dirilis dari laman resminya adalah Python IDLE (*Integrated Development and Learning Environment*). Dengan menggunakan software tersebut, pengguna dapat menuliskan program sekaligus mengeksekusinya. Kelebihan software yang dapat dipasang (*install*) diberbagai platform ini sangatlah membantu dan memudahkan para programmer.

Membahas soal struktur bahasa Python, struktur bahasa pemrograman Python sangatlah sederhana dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya seperti C/C++. Oleh karena itu penulisan skripnya tidak rumit, mudah untuk dipahami, dan dimodifikasi, sebagaimana pada contoh berikut;

```
Print('Hello world!')
```

Dari sintak di atas akan menampilkan tulisan “Hello World!” pada layar. Kemudian sintak lainnya yang banyak digunakan adalah “import”. Sintak ini digunakan untuk memanggil pustaka yang akan dipakai. Seperti saat akan memanggil pustaka OpenCV, maka nantinya sintak yang akan dituliskan pada program adalah

```
Import cv2
```

Setelah sintak tersebut dituliskan barulah programmer dapat menggunakan pustaka tersebut dalam programnya.

Sebagai bahasa perograman yang dikembangkan sejak tahun 1990 tentunya akan terus dikembangkan. Sampai saat ini bahasa Python terbagai menjadi dua yaitu python 2 dan 3. Secara keseluruhan keduanya tampak memiliki persamaan tetapi tidak, keduanya akan tampak berbeda pada sintak yang digunakan untuk penulisan program seperti untuk menampilkan tulisan atau data.

```
1. Print('Hello world!')
```


2. Print 'Hello world'

Sintak baris 1 digunakan pada Python 3.x dan baris 2 pada Python 2.x. Adapun untuk penelitian kali ini akan digunakan Python 3.x atau lebih tepatnya Python 3.5. Salah satu alasan mengapa digunakannya Python 3.x adalah sudah sangat banyaknya *package* (paket) yang mendukung dalam pemrograman salah satunya PyQt untuk pembuatan aplikasi GUI dan OpenCV.