

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKAN DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai sistem pendeteksi api pada sebuah robot telah banyak dilakukan. Adapun beberapa judul penelitian yang relevan dan berhubungan dengan sistem pendeteksi api yang akan dibuat. Penelitian – penelitian tersebut digunakan sebagai bahan pembandingan dan referensi dalam melakukan penelitian ini.

Suryadi, Wijayanto dan Rusnidar (2017) melakukan penelitian dengan judul “*Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Api Pada Robot Pendeteksi Api Dengan Menggunakan Sensor Api dan Kamera*”. Pada robot pemadam api sebelumnya, sistem deteksi api menggunakan sebuah rangkaian sensor api. Dimana rangkaian sensor api yang dipakai terdiri dari sensor api UVTRON dan sensor *thermal*, teknik penggabungan 2 sensor ini cukup efektif namun karena jangkauan deteksi thermal yang sempit terkadang menyebabkan robot melewati titik api. Pada penelitian ini dilakukan penambahan kamera untuk melakukan *image processing* untuk memudahkan robot menentukan tepatnya posisi titik api. Penelitian juga membandingkan tingkat akurasi sistem deteksi yang hanya menggunakan sensor api saja dan sistem deteksi yang menggabungkan rangkaian sensor api tersebut dengan kamera. Dengan menambahkan kamera tingkat akurasi pemadaman api jauh lebih baik yaitu 86,67% dibandingkan dengan hanya menggunakan rangkaian sensor api saja yang memiliki tingkat akurasi 80%.

Setyaningsih, Prastiyanto dan Suryono (2017) melakukan penelitian tentang “*Penggunaan Sensor Photodiode Sebagai Sistem Deteksi Api pada Wahana Terbang Vertical Take-Off Landing (VTOL)*”. Wahana terbang VTOL merupakan sebuah pesawat terbang tanpa awak yang dirancang untuk melakukan misi memadamkan titik api pada suatu area. Sistem deteksi api pada wahana terbang ini menggunakan mikrokontroler Atmega 328 yang terdapat pada Arduino nano sebagai pengolah data, 8 buah sensor *photodiode* sebagai

sensor api dan 1 buah buzzer sebagai tanda saat deteksi api. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Research and Development* atau R&D. Dari hasil pengujian, sistem deteksi menggunakan *photodiode* ini mampu mendeteksi api hingga dari ketinggian 2 meter dalam keadaan tidak terpengaruhi sumber cahaya lain.

Alfith (2016) melakukan penelitian mengenai “*Perancangan Robot Cerdas Pemadam Api dengan Sensor Thermal Array TPA81 Berbasis Microcontroller Arduino Mega 2560*”. pada penelitian ini robot cerdas pemadam api menggunakan sensor *thermal array* TPA81 sebagai sistem deteksi api dan menggunakan Arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem deteksi api menggunakan sensor TPA81 ini memiliki lebar range pembacaan 41 derajat pada range *horizontal* dan 6 derajat pada range *vertical*. sistem deteksi api ini, dapat mendeteksi titik api lilin hingga jarak 1,8 meter dengan tidak terpengaruhi oleh cahaya luar. Data yang dihasilkan berupa data biner 8 bit dari masing – masing *pixel* sensor yang merupakan data suhu yang terukur.

Wiyagi, Soesanti dan susanto (2014) melakukan penelitian tentang “*Identifikasi Titik Api Lilin Berbasis Nilai HSV, Threshold dan Momen Citra untuk Aplikasi Robot Pemadam Api*”. Robot pemadam api adalah robot yang bertugas untuk mencari dan memadamkan titik api lilin pada suatu ruang di arena. Pada penelitian ini penggunaan webcam bertujuan untuk memudahkan robot dalam membaca titik api lilin. Pembacaan titik api dilakukan dengan metode pengolahan citra menggunakan *library* OpenCV pada sebuah *single board computer* Raspberry Pi. Metode pengolahan citra yang digunakan berupa metode pengenalan ruang warna HSV, *Threshold* dan momen citra. Sistem deteksi api ini dapat mendeteksi titik titik api lilin dengan jarak terjauh mencapai 225cm.

Roma, Machudor, Febi (2017) melakukan sebuah penelitian tentang “*Implementasi Algoritma Bubble Sort Dan Selection Sort Menggunakan Arraylist Multidimensi Pada Pengurutan Data Multi Prioritas*”. Penelitian ini bertujuan membandingkan metode *Bubble Sort* dan *Selection Sort*. Pada

penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak 5 kali untuk mengurutkan data secara menurun. Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat data fiktif dan satu data nyata yang diambil dari daftar semua kriteria penerima beasiswa PPA 2017 fakultas MIPA, Universitas Lampung. solusi terbaik ditemukan dalam algoritma *Selection Sort* memiliki iterasi lebih sedikit jika dibandingkan dengan algoritma *Bubble Sort* untuk penyortiran data *multi priority*.

Tika, Muh.Yamin, Anita (2017) melakukan penelitian tentang “*Sistem Peralaman Persediaan Obat Dengan Metode Weight Moving Average dan Reorder Point (studi kasus : Puskesmas Soropia)*”. Persediaan merupakan bahan atau barang yang disimpan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Di Puskesmas Soropia sering terjadi kehabisan persediaan (*stockout*) obat yang disebabkan terjadinya keterlambatan pengiriman mengingat letaknya yang cukup jauh. Selain *stockout* sering juga terjadi kelebihan persediaan (*overstock*) obat yang berakibat dibutuhkannya ruang yang lebih untuk menyimpan obat. Hal tersebut menjadi masalah karena puskesmas tidak dapat memberikan pelayanan secara maksimal kepada pasien. Pada Penelitian ini menggunakan metode *Weight Moving Average* (WMA) untuk meramalkan jumlah kebutuhan obat yang tidak pasti dibulan selanjutnya dan metode *Reorder Point*(ROP) untuk membantu menentukan batas aman persediaan. sehingga pembuatan perencanaan persediaan obat untuk periode satu bulan selanjutnya dapat diketahui dan terhindar dari masalah *stockout* dan *overstock*.

Tabel 2.1 Hubungan Penelitian yang sudah ada dengan penelitian ini

No	Penulis	Judul	Sistem / Metode
1	Suryadi, Wijayanto dan Rusnidar (2017)	Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Api Pada Robot Pendeteksi Api Dengan Menggunakan Sensor Api dan Kamera	Menggunakan kamera untuk mendeteksi titik api dengan metode HSV, kemudian dibandingkan dengan sistem deteksi api menggunakan sensor api.
2	Setyaningsih, Prastiyanto dan Suryono (2017)	Penggunaan Sensor Photodiode Sebagai Sistem Deteksi Api pada Wahana Terbang <i>Vertical Take-Off Landing (VTOL)</i>	Menggunakan sensor photodiode untuk mendeteksi adanya api dari ketinggian dengan metode R&D.
3	Alfith (2016)	Perancangan Robot Cerdas Pemadam Api dengan Sensor <i>Thermal Array</i> TPA81 Berbasis <i>Microcontroller</i> Arduino Mega 2560	Sistem ini menggunakan sensor <i>thermopile array</i> TPA81 untuk mendeteksi api, dengan melihat langsung output nilai hasil pembacaan suhu disetiap <i>pixel</i> sensor.
4	Wiyagi, Soesanti dan susanto (2014)	Identifikasi Titik Api Lilin Berbasis Nilai HSV, <i>Threshold</i> dan Momen Citra untuk Aplikasi Robot Pemadam Api	Menggunakan <i>single board computer</i> Raspberry Pi dan webcam untuk mendeteksi api, dengan menggunakan metode pengolahan citra pengenalan ruang warna HSV, <i>Threshold</i> dan momen citra.

Tabel 2.2 Hubungan Penelitian yang sudah ada dengan penelitian ini (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Sistem/ Metode
5	Roma, Machudor, Febi (2017)	Implementasi Algoritma <i>Bubble Sort</i> Dan <i>Selection Sort</i> Menggunakan <i>Arraylist</i> Multidimensi Pada Pengurutan Data Multi Prioritas	Penelitian ini membandingkan algoritma <i>bubble sort</i> dan <i>selection</i> <i>sort</i> untuk <i>mensorting</i> atau mengurutkan sebuah data.
6	Tika, Muh.Yamin, Anita (2017)	Sistem Peralamalan Persediaan Obat Dengan Metode <i>Weight Moving</i> <i>Average</i> dan <i>Reorder</i> <i>Point</i> (studi kasus : Puskesmas Soropia)	Penelitian ini menerapkan metode <i>weight moving</i> <i>average</i> untuk meramalkan kebutuhan obat dibulan selanjutnya dan menggunakan metode <i>reorder point</i> untuk menentukan batas aman persediaan obat.

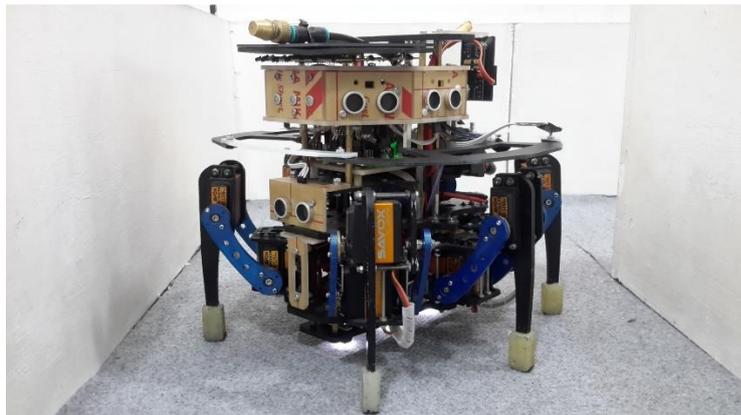
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI)

Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) merupakan sebuah ajang kompetisi robotika tingkat nasional antar perguruan tinggi negeri maupun swasta di Indonesia. Pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) divisi berkaki, robot yang dipertandingkan merupakan robot yang mampu bergerak menyusuri lorong dan ruangan pada arena untuk melakukan misinya memadamkan api lilin yang diletakkan secara acak sesuai undian pada salah satu ruang.

2.2.1.1 Robot Pemadam Api Berkaki

Robot pemadam api berkaki adalah robot yang menggunakan kaki untuk bergerak berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Tim Mikrokontroler dan Robotika Teknik Elektro UMY juga mengembangkan sebuah robot pemadam api berkaki enam yang memiliki 3 DOF (*degree of freedom*) pada setiap satu buah kakinya. Robot Berkaki ini diberi nama MR.COOL MK7 karena sudah mencapai generasi ke-7. Untuk menyusuri arena yang berbentuk seperti sebuah labirin robot MR.COOL MK7 menggunakan metode navigasi *wall following*. Metode ini dipilih agar robot dapat menjaga jarak dengan dinding sesuai batas yang diinginkan sementara robot bergerak maju.



Gambar 2.1 Robot Pemadam Api Berkaki

2.2.2 Suhu dan Panas

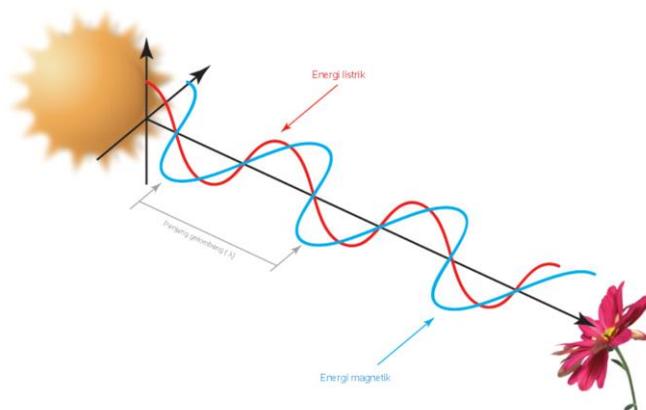
Suhu dan panas merupakan dua buah hal yang memiliki arti berbeda. Suhu merupakan ukuran energi rata-rata dari gerak molekular pada sebuah zat atau secara sederhana diartikan sebagai derajat panas atau dinginnya suatu benda. Sedangkan panas merupakan energi total dari gerak molekular pada sebuah zat, besar kecilnya energi panas dipengaruhi oleh kecepatan partikel, jumlah partikel (massa atau ukuran), dan jenis partikel pada sebuah benda.

2.2.2.1 Radiasi Termal

Radiasi termal adalah apa yang dirasakan sebagai panas dari suatu benda, tanpa harus menyentuh benda tersebut. Benda atau objek apa saja yang mempunyai suhu diatas nol derajat, akan mempunyai molekul yang selalu bergerak aktif. Semakin tinggi suhu dari suatu benda akan mengakibatkan pergerakan molekul yang semakin cepat. Molekul yang bergerak akan memancarkan energi termal atau energi inframerah. Secara umum dapat didefinisikan bahwa, semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak energi inframerah yang di pancarkan. Definisi lain dari radiasi termal adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dari permukaan sebuah benda yang bergantung pada suhu benda tersebut. (Taylor, 2008)

2.2.2.2 Radiasi Elektromagnetik

Radiasi elektromagnetik merupakan rambatan gelombang pada sebuah ruang yang disebabkan oleh osilasi energi listrik dan energi magnetik dapat dilihat pada gambar 2.2. Radiasi elektromagnetik dibedakan berdasarkan panjang gelombangnya yaitu: gelombang radio, gelombang mikro, radiasi inframerah, cahaya tampak, radiasi ultraviolet, sinar-x dan sinar gamma. (Taylor, 2008)



Gambar 2.2 Radiasi Elektromagnetik
(Sumber : Taylor, 2008)

Panjang gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh frekuensinya, dimana:

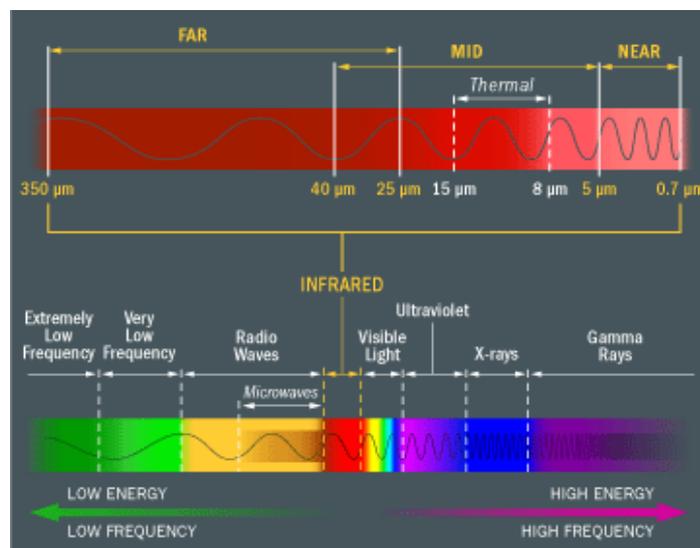
$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Keterangan:

f = frekuensi (Hz)

c = kecepatan cahaya (m/s)

λ = panjang gelombang (m)



Gambar 2.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

(Sumber : <https://home.howstuffworks.com/infrared-grill1.htm>)

Ragam rentangan dari panjang gelombang elektromagnetik disebut spektrum gelombang elektromagnetik, dapat dilihat pada gambar 2.3 Pada gambar juga dapat diketahui bahwa Panjang gelombang radiasi inframerah terdapat pada rentang 0.7 μm - 350 μm. Panjang gelombang radiasi inframerah tersebut masih dikelompok lagi menjadi 3, yaitu :

- Near-inframerah (0.7 μm - 5 μm)
- Mid-inframerah (5 μm - 40 μm)
- Far-inframerah (25 μm - 350 μm)

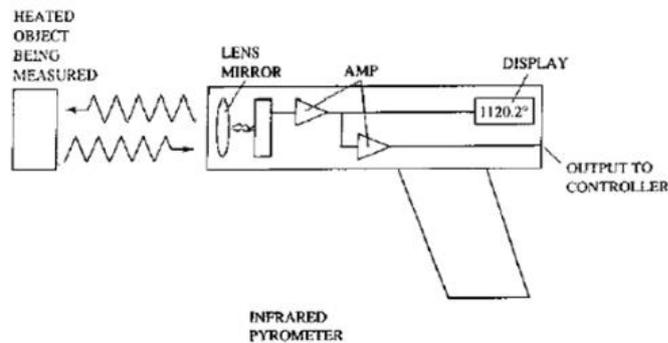
2.2.3 Alat Pengukur Temperatur Non-kontak

Alat pengukur temperature non-kontak berbasis sensor inframerah menawarkan banyak keunggulan jika dibandingkan sensor dengan kontak langsung seperti termokopel atau RTD. Keunggulan tersebut yaitu mampu melakukan pengukuran pada suatu benda yang bergerak, benda terletak pada posisi sulit, ataupun benda yang mengandung resiko bahaya jika dilakukan pengukuran secara kontak langsung.

2.2.3.1 *Infrared Pyrometer*

Infrared pyrometer adalah alat pengukur temperature atau suhu yang dapat mengukur suhu dari jarak jauh atau dengan kata lain tanpa harus melakukan kontak langsung dengan benda yang akan diukur. *Infrared pyrometer* merupakan alat pengukur suhu juga biasa disebut sebagai thermometer inframerah atau thermometer radiasi termal.

Semua benda yang memiliki suhu diatas nol derajat mempunyai kemampuan memancarkan radiasi elektromagnetik yang merambat melewati ruang dalam kecepatan cahaya. *Infrared pyrometer* menentukan suhu dengan mengukur energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda. Hampir semua pancaran inframerah tidak dapat dilihat oleh mata. Hal tersebut dapat diatasi menggunakan pemfokusan yang dilakukan oleh sistem optik pada detektor dalam *Infrared pyrometer*. (Taylor, 2008)



Gambar 2.4 Infrared Pyrometer

(Sumber : <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/>)

Pyrometer akan mengetahui berapa suhu suatu benda dengan cara memanfaatkan cahaya inframerah yang dipancarkan oleh benda. *Infrared Pyrometer* biasanya menggunakan lensa untuk memfokuskan cahaya inframerah yang didapat dari benda ke detektor atau *thermopile*.

Thermopile sendiri merupakan sebuah layer-layer atau membran silikon dan mengandung banyak termokopel sehingga cahaya inframerah yang berasal dari benda akan diserap dan diubah menjadi energi listrik. Selanjutnya energi listrik akan melewati rangkaian pengolah sinyal untuk kemudian akan diubah menjadi besaran suhu dan ditunjukkan atau ditampilkan oleh *display infrared pyrometer*.

2.2.3.2 Termografi

Termografi adalah alat pendeteksi permukaan benda dengan memanfaatkan energi panas. Saat ini termografi sudah dimanfaatkan di berbagai bidang diantaranya adalah bidang teknik, bidang kesehatan, bidang militer maupun bidang lingkungan.

pada bidang kesehatan Jayalatsumi dkk (2018) pernah melakukan penelitian tentang “A Low Cost Thermal Imaging

System for Medical Diagnostic Applications”. *Thermal Camera* yang saat ini dijual dipasaran dapat dibidang bukan barang yang murah. Untuk mengatasi itu jayalatsumi dkk membuat sebuah *thermal camera* berbasis sensor AMG8833 dan Raspberry Pi untuk melakukan pengolahan termal sebagai aplikasi diagnosis medis. Diharapkan kedepannya sistem ini dapat digunakan lebih luas dibidang kesehatan seperti deteksi kanker payudara, deteksi penyakit tiroid, diabetes, ortopedi dll. untuk pemantauan dini kanker payudara. (Jayalatsumi dkk , 2018)

Pada bidang teknik termografi dapat digunakan untuk mendeteksi *overheating* pada komponen - komponen motor, generator, kabel ataupun yang lainnya, dapat dilihat seperti pada gambar 2.5. Dalam bidang lingkungan termografi sudah dikenal dapat mendeteksi tingkat kualitas udara lingkungan. Selanjutnya dalam bidang militer, termografi sudah digunakan untuk proses pengintaian musuh dalam peperangan. Semua bidang tersebut memanfaatkan termografi dikarenakan semua benda yang mempunyai temperatur diatas nol akan memancarkan energi panas ke sekeliling dalam bentuk inframerah.



Gambar 2.5 Termografi Dalam Bidang Teknik

(Sumber : <https://www.indonetwork.co.id/product/jasa-infrared>)

2.2.4 Sensor AMG8833 IR Thermal Camera

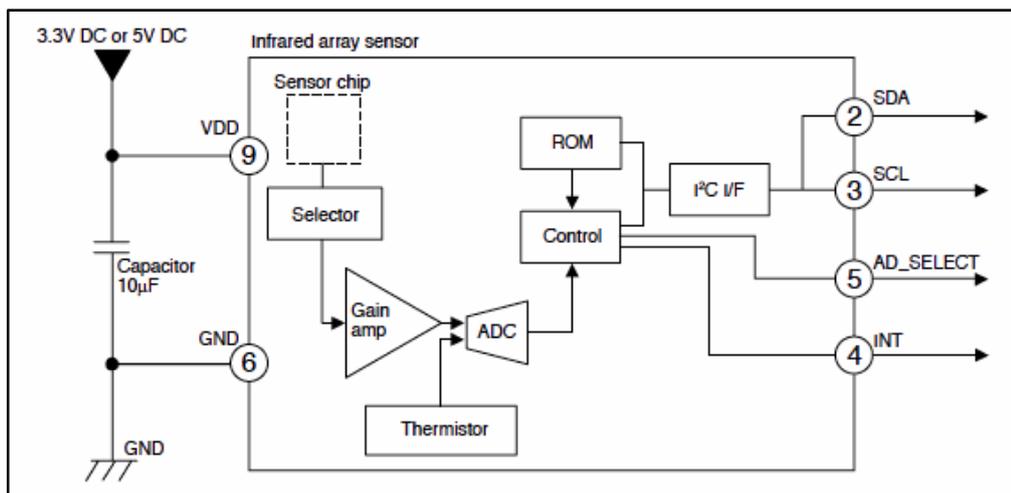
IR Thermal Camera merupakan perangkat sensor non-kontak yang dapat mendeteksi energi panas atau inframerah dan mengubahnya

menjadi energi listrik atau sinyal elektronik, yang kemudian dapat diproses sehingga menghasilkan gambar termal. Selain menghasilkan gambar termal, sinyal elektronik tersebut juga dapat digunakan untuk melakukan perhitungan atau pengukuran suhu.

AMG8833 adalah salah satu jenis sensor *IR thermal camera* yang memiliki *pixel* 8x8 array sensor *thermal* buatan panasonic. AMG8833 hanya mendukung I2C, dan memiliki pin interupsi yang dapat dikonfigurasi dan dapat diaktifkan ketika setiap *pixel* berjalan di atas atau di bawah ambang batas yang diinginkan. (Jayalatsumi dkk , 2018)

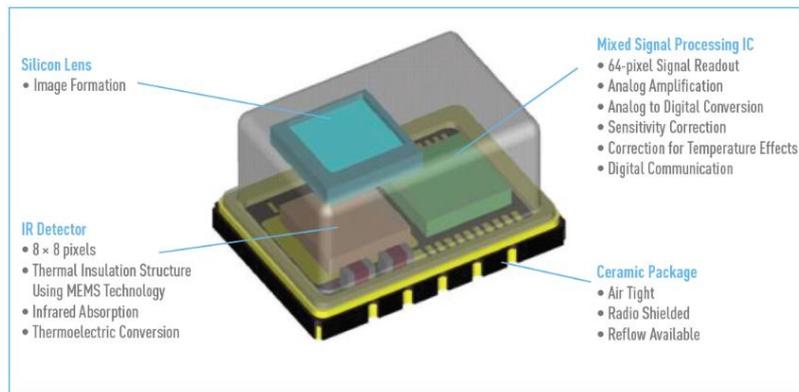
2.2.4.1 Cara Kerja Sensor

Sensor AMG8833 *IR Thermal Camera* mempunyai prinsip kerja seperti *infrared pyrometer* atau termometer inframerah yang mengukur suhu suatu benda secara non-kontak dengan cara mendeteksi energi inframerah atau energi termal yang dipancarkan benda tersebut. Gambar 2.6 dan gambar 2.7 merupakan gambar *internal circuit* sensor AMG8833 dan gambar visualisasi dari komponen penyusun sensor AMG8833.



Gambar 2.6 *Internal Circuit* Sensor AMG8833

(**Sumber** : *DataSheet Specifications For Infrared Array Sensor*)



Gambar 2.7 Visualisasi Komponen Penyusun Sensor AMG8833

Sumber : (<https://www.adandp.media/articles/>)

Berdasarkan gambar 2.6 dan gambar 2.7 untuk mengetahui suhu suatu benda, sensor AMG8833 menyerap energi inframerah yang dipancarkan benda tersebut. Untuk memudahkan penyerapan energi inframerah, sensor AMG8833 menggunakan sebuah lensa silikon. Lensa silikon ini bertugas untuk memfokuskan pancaran inframerah supaya mudah diserap oleh *IR Detector*.

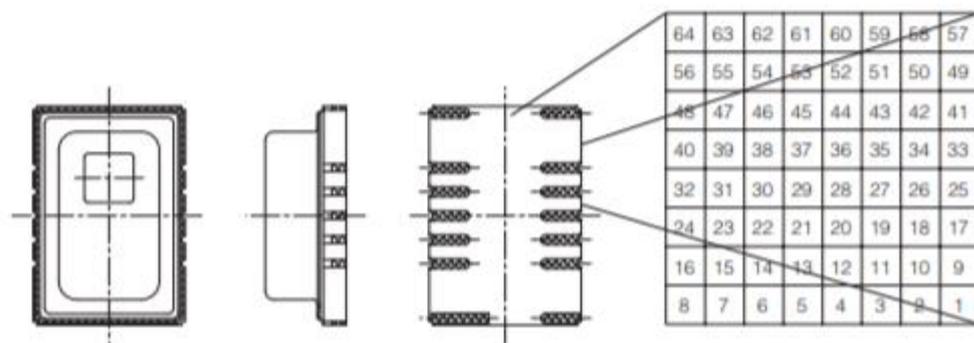
Detektor pada AMG8833 ini disusun dari sebuah sensor *thermopile* dengan menggunakan teknologi MEMS (*Micro Electro Mechanical System*) yang disusun secara *array 8x8 pixel*. *Thermopile* merupakan sensor suhu yang tersusun dari layer – layer atau membran silikon dan mengandung banyak termokopel sehingga energi inframerah yang dipancarkan dari benda akan diserap (absorpsi) dan diubah menjadi energi listrik. Setelah menjadi energi listrik maka kemudian dilakukan pengolahan sinyal.

Pada proses pengolahan sinyal pertama – tama energi listrik atau sinyal listrik yang telah didapat dikuatkan untuk kemudian dikonversi ke dalam bentuk sinyal digital menggunakan *Analog to Digital Converter (ADC)*. selanjutnya sinyal digital tersebut masuk ke dalam sistem kontrol untuk

dilakukan penghitungan, perbandingan dan koreksi sehingga menghasilkan output sudah dalam bentuk suhu dengan satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Selain *thermopile* di dalam AMG8833 ini juga terdapat *thermistor* yang berfungsi untuk mengetahui suhu ruangan atau suhu disekitar sensor AMG8833.

2.2.4.2 Spesifikasi AMG8833

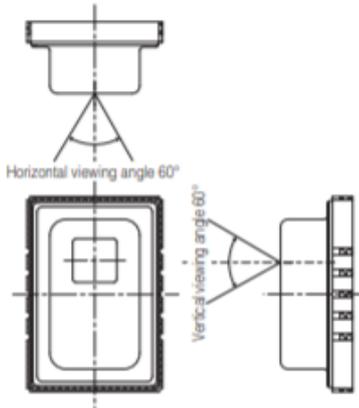
AMG8833 *IR Thermal camera* merupakan salah satu jenis sensor non-kontak pendeteksi suhu dengan prinsip memanfaatkan pancaran inframerah dari suatu benda. AMG8833 memiliki 8×8 *array* sensor inframerah, ketika dihubungkan ke mikrokontroler atau Raspberry Pi akan menampilkan *array* 64 *pixel* pembacaan suhu inframerah individu per-*pixel* . Tampilan pemetaan *pixel* AMG8833 dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pemetaan *Pixel Array* AMG8833

(**Sumber** : *DataSheet Specifications For Infrared Array Sensor*)

AMG8833 mempunyai bidang atau sudut penglihatan sensor untuk pembacaan inframerah yang cukup lebar. Dapat dilihat pada gambar 2.9 AMG8833 mempunyai 60° lebar bidang penglihatan pada sisi horizontal maupun disisi vertical.



Gambar 2.9 Bidang Penglihatan AMG8833

(**Sumber :** *DataSheet Specifications For Infrared Array Sensor*)

AMG8833 Ini merupakan sensor *IR thermal camera* yang cukup sederhana, dapat diintegrasikan dengan mudah dan *output* datanya dapat diakses melalui komunikasi I2C dengan alamat 0x69. AMG8833 ini mempunyai kemampuan untuk mengukur suhu mulai dari 0 ° C hingga 80 ° C (32 ° F hingga 176 ° F) dengan akurasi ± 2.5 ° C (4.5 ° F). Sensor Ini juga mampu mendeteksi manusia hingga jarak 7 meter atau 23 kaki dengan frame rate maksimum 10Hz. (Joyalatsumi dkk , 2018)

Tabel 2.3 Spesifikasi AMG8833

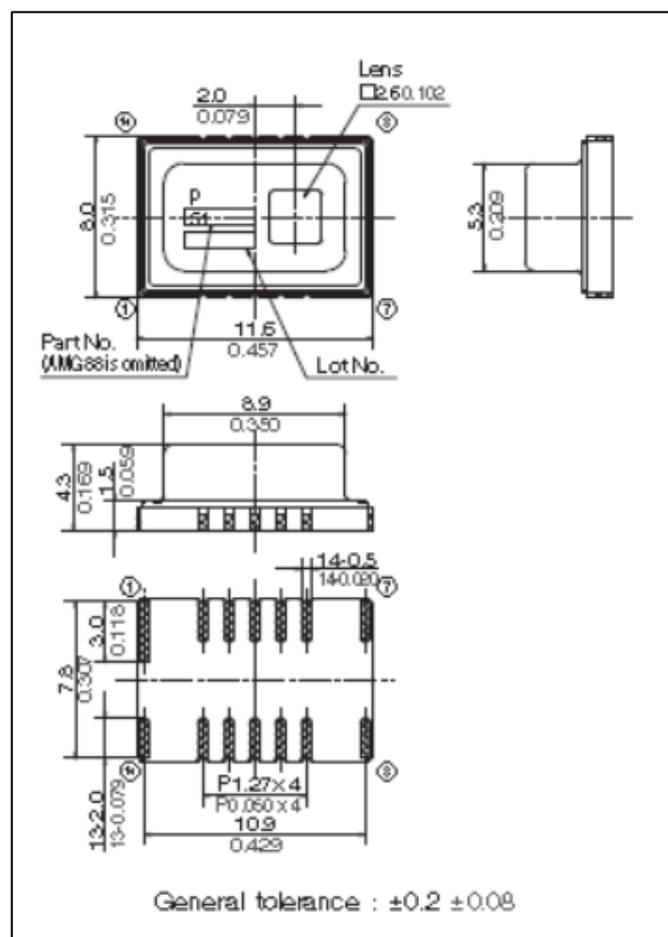
Item	Value
Pixel number	64 (8×8 Matrix)
External Interface	I ² C (fast mode)
Frame rate	Typ.10 frames/sec or Typ.1 frame/sec
Operating Mode	Normal Sleep Stand-by (10sec or 60sec intermittence)
Output Mode	Temperature Output
Calculate Mode	No moving average or Twice moving average
Temperature Output Resolution	0.25°C
Number of Sensor Addresses	2 (I ² C Slave Address)
Thermistor Output Temperature Range	-20°C~80°C
Thermistor Output Resolution	0.0625°C

2.2.4.3 Dimensi dan Struktur Pin AMG8833

Tabel 2.4 Struktur pin AMG8833

Number	Terminal Name	Number	Terminal Name
①	NC	⑧	NC
②	SDA	⑨	VDD
③	SCL	⑩	AVDD-PC
④	INT	⑪	NC
⑤	AD_SELECT	⑫	DVDD-PC
⑥	GND	⑬	VPP
⑦	NC	⑭	NC

Note : Leave terminal "NC (No.①,⑦,⑧,⑪ and ⑭)" unconnected.
Make electrical potential of terminals ⑨ and ⑫ the same.



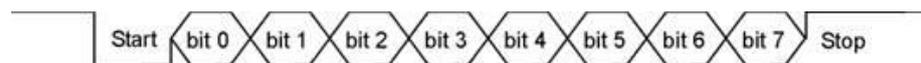
Gambar 2.10 Dimensi AMG8833

(Sumber : DataSheet Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG88))

2.2.5 UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

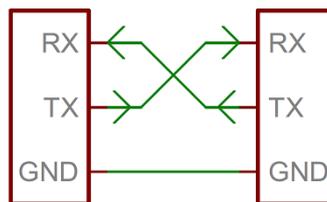
Komunikasi data merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam bidang elektronika. perangkat elektronika akan saling berhubungan dan berkomunikasi satu sama lain untuk bertukar informasi. Komunikasi data dapat dilakukan antara sebuah sensor dengan mikrokontroler maupun antar mikrokontroler sekalipun.

UART merupakan protokol komunikasi data dengan pengiriman data secara serial, yaitu pengiriman data yang diawali dengan start bit, kemudian per satu bit data dikirim, setelah 8 bit data dikirim maka diakhiri dengan stop bit sebagai tanda bahwa 1 byte data telah dikirim. Untuk format data pengiriman komunikasi UART dapat dilihat digambar berikut:



Gambar 2.11 Format Data Komunikasi UART

UART merupakan komunikasi *full duplex* tetapi mempunyai sifat *peer to peer*, sehingga hanya dapat berkomunikasi dengan satu perangkat lain dalam satu bus. UART membutuhkan 2 untuk melakukan komunikasi yaitu Tx (*transmitter*) dan Rx (*receiver*). Penghubungan jalur antar perangkat yang akan menggunakan komunikasi UART dihubungkan secara menyilang, yaitu dengan Tx perangkat 1 terhubung dengan Rx perangkat 2 begitu pula sebaliknya. Sehingga kedua perangkat dapat saling berkomunikasi atau saling mengirim serta menerima data. Pada gambar 2.12 berikut merupakan contoh pemasangan jalur komunikasi UART.

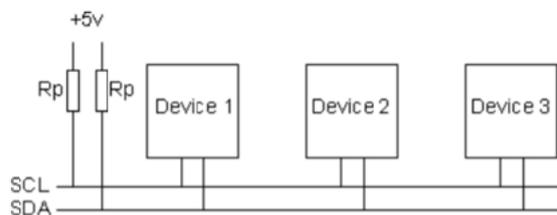


Gambar 2.12 Format Data Komunikasi UART

(Sumber : <https://kelaselektronika.blogspot.com>)

2.2.6 I2C (*Inter – Integrated Circuit*)

I2C adalah protocol komunikasi serial dua arah yang diciptakan oleh Philips. Komunikasi I2C menggunakan 2 bus jalur yaitu jalur SDA (*serial data line*) dan SCL (*serial clock line*). Pada bus jalur I2C dibutuhkan resistor *pull-up* ke tegangan +5v untuk mendapatkan data *high*. Resistor yang digunakan biasanya bernilai 1K8, 4K7 dan 10K. Pemasangan resistor pull-up pada jalur I2C dapat dilihat pada gambar 2.13.



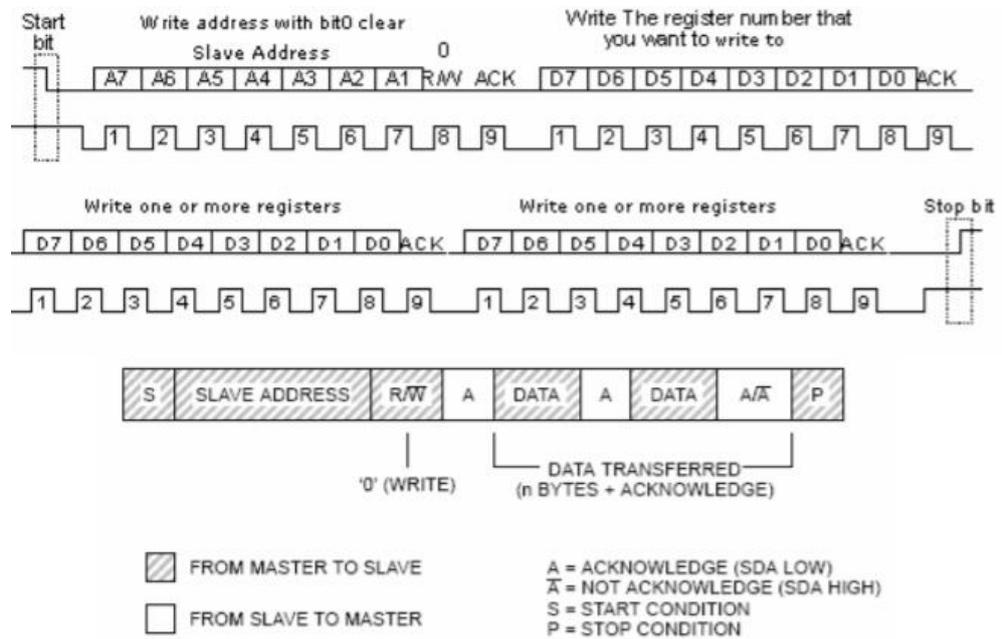
Gambar 2.13 Resistor Pull-up Pada Jalur I2C
(**Sumber** : Frans, 2007)

Dalam komunikasi I²C juga terdapat istilah *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima). Komunikasi data menggunakan I2C mempunyai 2 buah metode pengoperasian transfer data, yaitu :

- a. *Master* sebagai transmitter dan *slave* sebagai receiver

Untuk melakukan transfer data dengan metode *master* sebagai transmitter dan *slave* sebagai receiver, format datanya dapat dilihat pada gambar 2.14 Dan untuk langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Dimulai dengan master mengirimkan *start sequence* .
2. *Master* mengirimkan alamat perangkat *slave* dengan bit R/W *LOW* (*write*).
3. *Master* mengirimkan (*write*) *command register* yang diinginkan.
4. *Master* mengirimkan (*write*) data byte ke slave.
5. *Slave* akan mengirimkan sinyal *ACK* (*acknowledge*) ke *master* setiap menerima 1 *byte*.
6. *Master* mengirimkan *stop sequence*.



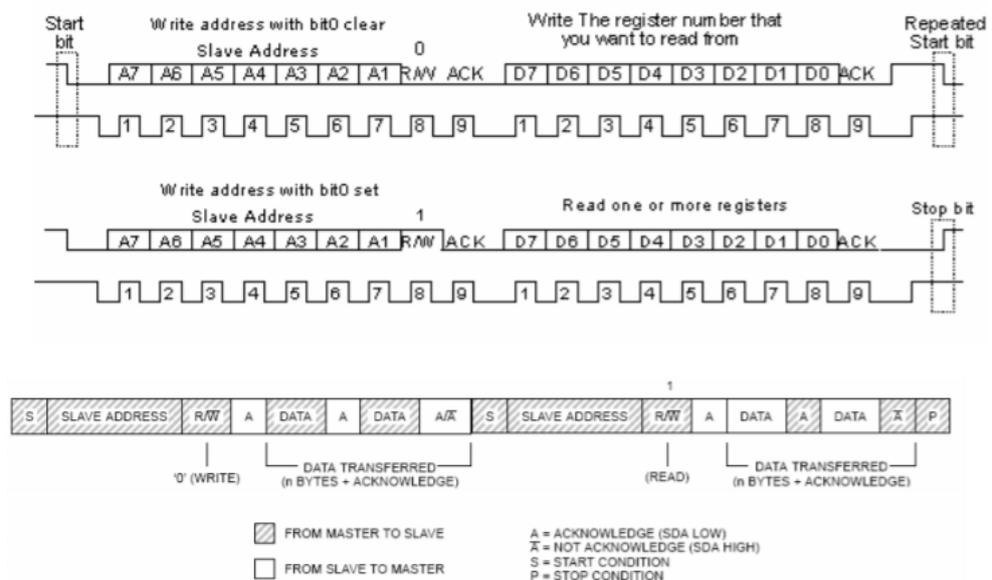
Gambar 2.14 Format Data *Master* Sebagai *Transmitter*
(Sumber : Frans, 2007)

b. *Master* sebagai receiver dan *slave* sebagai transmitter

Untuk melakukan transfer data dengan metode *master* sebagai *receiver* dan *slave* sebagai *transmitter*, pertama kali sebenarnya dilakukan dengan *master* melakukan *write* terlebih dahulu ke perangkat *slave* yang ingin diterima datanya. Untuk format datanya dapat dilihat pada gambar 2.15 Dan untuk langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Dimulai dengan *master* mengirimkan *start sequence*.
2. *Master* mengirimkan alamat perangkat *slave* dengan bit R/W *LOW* (*write*).
3. *Master* mengirimkan (*write*) *command register* yang diinginkan.
4. *Master* mengirimkan *start sequence* kembali
5. *Master* mengirimkan alamat perangkat *slave* dengan bit R/W *HIGH* (*read*).
6. *Slave* mengirimkan sinyal *ACK* (*acknowledge*) dan sejumlah *byte* data menuju *master*.

7. *Master* membaca (*read*) data byte dari *slave*.
8. *Master* akan mengirimkan sinyal ACK ke *slave* setiap menerima 1 *byte*, kecuali *byte* terakhir.
9. Pada *byte* terakhir *master* mengirimkan sinyal *not-ACK* ke *slave*.
10. *Master* mengirimkan *stop sequence*.

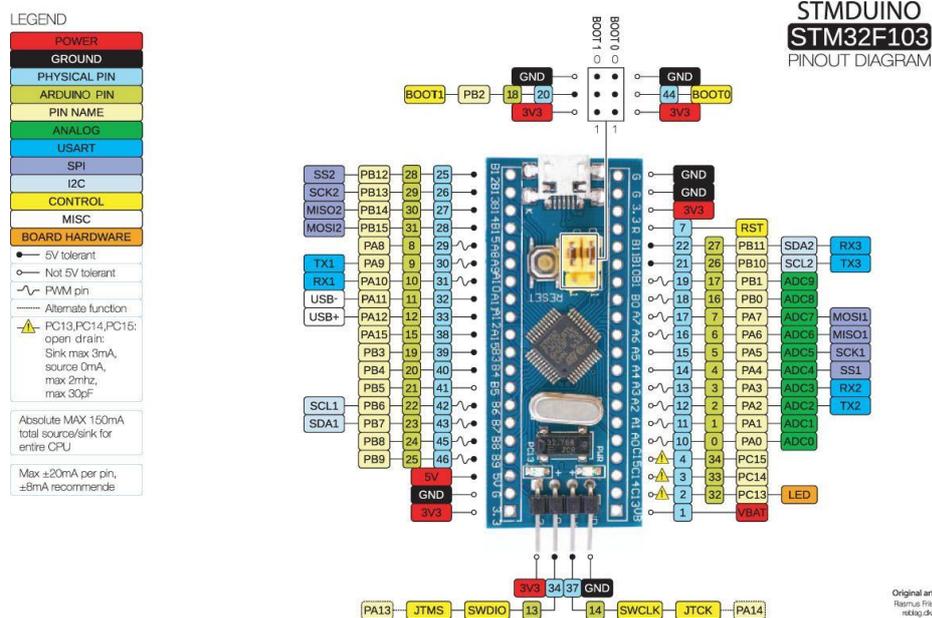


Gambar 2.15 Format Data *Master* Sebagai *Receiver*

(Sumber : Frans, 2007)

2.2.7 STM32 F103C8T6 Board

STM32F103C8T6 *board* adalah mikrokontroler yang mempunyai arsitektur ARM Cortex-M3 32-bit RISC. STM32103C8T6 juga bisa disebut sebagai *development board* yang berguna dalam mengembangkan perangkat elektronik atau rangkaian mikrokontroler sebelum menjadikannya sebuah rangkaian utuh. STM32 sangat terkenal pada saat ini dikarenakan sifatnya yang fleksibel (bisa digunakan oleh berbagai sistem operasi), bahasa pemrograman yang lebih disederhanakan dan *open-source* baik pada *hardware* maupun *software*.



Gambar 2.16 STM32F103C8T6 board

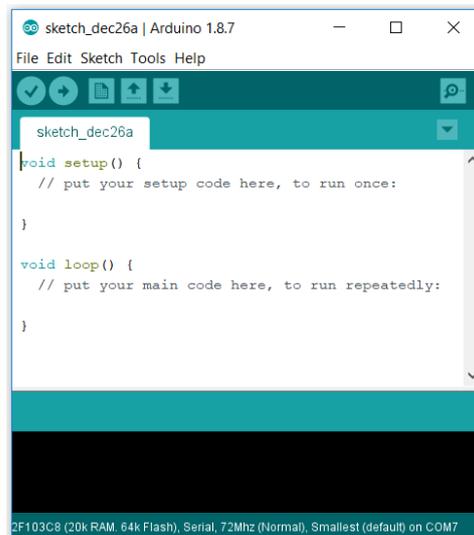
(sumber : https://wiki.stm32duino.com/index.php?title=Blue_Pill)

Dapat dilihat pada gambar 2.16 Diatas merupakan salah satu *development board* dari STM32. Seperti mikrokontroler pada umumnya STM32F103C8T6 board ini juga mempunyai pin digital, pin analog, pin sumber tegangan, antarmuka USART, SPI, I2C, pin *interrupt*, tombol reset, serta konektor *micro USB* untuk menghubungkan ke komputer. Untuk Spesifikasi STM32F103C8T6 board lainnya dapat dilihat sebagai berikut:

- a. ARM Cortex M3
- b. 72 MHz *Clock Speed*
- c. 64 KB/128 KB *Flash*
- d. 20 KB RAM
- e. LED on PIN PC13
- f. 32 kHz *Real time clock crystal*
- g. *Jump links on Boot0 and Boot1*
- h. Micro USB
- i. *ST-Link header on the top of the board*

2.2.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Intergrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan keperluan *programmer* untuk menulis sebuah program. Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh arduino sebagai fasilitas pemrograman Arduino *board* seperti untuk menulis sketch, memeriksa kesalahan pada penulisan sketch dan meng-*upload* program atau *sketch* kedalam Arduino.



Gambar 2.17 Tampilan Arduino IDE

Bahasa pemrograman pada Arduino IDE ini menggunakan bahasa C. terdapat tiga bagian utama dalam pemrograman arduino yaitu struktur program, variable dan fungsi. Dalam struktur program terdapat kerangka program, sintaks program, kontrol aliran program dan operator.

- a. Kerangka program terdiri dari dua bagian yaitu:
 - 1) Bagian pertama adalah void setup() : berisi kode program yang merupakan inialisasi program.
 - 2) Bagian kedua adalah void loop() : berisi kode program yang merupakan program utama dan dijalankan terus menerus.
- b. Sintaks program terdiri dari :
 - 1) kurung kurawal ({}): tanda awal dan akhir program.
 - 2) titik koma (;) : tanda akhir baris kode.
 - 3) komentar (//, /**/): untuk memberikan komentar.

- c. Kontrol aliran program meliputi:
 - 1) percabangan (if, if-else, switch-case, break, continue, return, goto)
 - 2) instruksi perulangan (for-loop, while-loop, do-whileloop).
- d. Bagian Fungsi

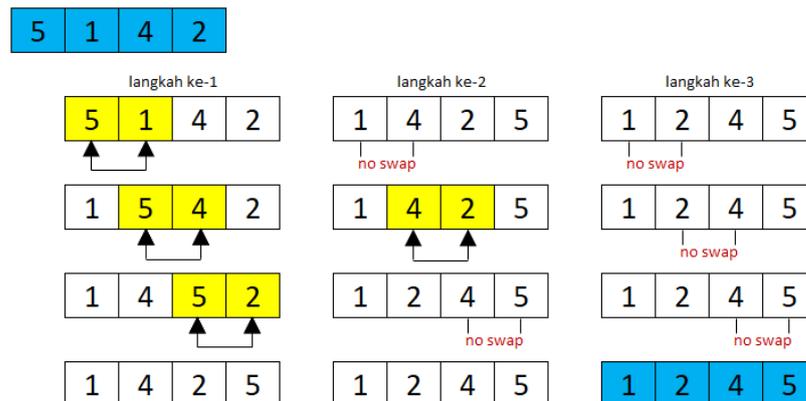
Pada bagian fungsi antara lain terdiri dari input output analog dan digital, fungsi waktu dan fungsi komunikasi. Ada tiga fungsi yang digunakan dalam input output digital yaitu `digitalRead()`, `digitalWrite()` dan `pinMode()`. Input output analog meliputi dua instruksi yaitu `analogWrite()` dan `analogRead()`. Untuk fungsi waktu, `millis()`, `micros()`, `delay()`, `delayMicroseconds()`. Fungsi komunikasi digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer atau perangkat lain melalui port serial. Pin Arduino yang digunakan untuk fungsi ini adalah Pin D0(RX) dan Pin D1(TX). Beberapa instruksi yang digunakan adalah `parseInt()`, `begin()`, `available()`, `read()`, `print()`, `println()` dan `write()`.

2.2.9 Bubble Sort

Pengurutan merupakan proses dasar yang ada dalam algoritma dan struktur data. Terdapat banyak algoritma pengurutan yang sering digunakan, salah satunya algoritma *bubble sort*. Algoritma ini merupakan algoritma pengurutan sederhana.

Bubble Sort ini merupakan proses pengurutan yang secara berangsur-angsur berpindah ke posisi yang tepat karena itulah dinamakan Bubble yang artinya gelembung. Algoritma ini akan mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil (*ascending*) atau sebaliknya (*descending*).

Secara sederhana, bisa didefinisikan algoritma atau metode *bubble sort* adalah pengurutan dengan cara pertukaran data dengan data disebelahnya secara terus menerus sampai dalam satu iterasi tertentu tidak ada lagi perubahan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat ilustrasi metode *bubble sort* pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Ilustrasi Metode *Bubble Sort*

Pada ilustrasi metode *bubble sort* gambar 2.18 dapat dilihat bahwa data input yang besar nilainya tidak terurut (berwarna biru pojok kiri atas). Dengan *bubble sort* data input dilewatkan pada sebuah operator pembandingan yang membandingkan data satu demi satu dan akan menukar posisi data apabila data sebelah kiri lebih besar dari data sebelah kanan (data yang berwarna kuning). Proses membandingkan data dilakukan sampai beberapa kali langkah perulangan, Sehingga didapatkan output data yang sudah terurut (data berwarna biru pojok kanan bawah).

Metode *bubble sort* ini mempunyai kelebihan dan kekurangan, untuk kelebihan metode ini merupakan metode paling sederhana untuk mengurutkan data. Selain sederhana, Metode *bubble sort* mudah dipahami. Sementara itu, kekurangannya terletak pada efisiensi.

Metode *bubble sort* ini merupakan metode pengurutan yang tidak efisien karena ketika mengurutkan data yang sangat besar akan sangat lambat prosesnya. Selain itu, jumlah pengulangan akan tetap sama jumlahnya meskipun data sudah cukup terurut.

2.2.10 *Weighted Average*

Weighted Average merupakan sebuah metode Pembobotan data, dengan teknik pemberian bobot nilai 1 di data pertama, bobot nilai 2 di

data kedua, bobot nilai 3 di data ketiga, dst. Untuk rumus perhitungan *weighted average* dapat di cari menggunakan rumus berikut:

$$WA = \frac{\sum(\mathit{data} \times \mathit{bobot})}{\sum \mathit{data}}$$

Nilai WA merupakan nilai hasil dari perhitungan dengan metode merupakan *weighted average*. Nilai WA berupa nilai rata – rata hasil data dan bobot sesuai persamaan diatas. Besar kecilnya nilai WA sangat dipengaruhi oleh besar setiap data. Sehingga nilai rata – rata WA akan cenderung ke arah nilai data yang paling besar.