



TUGAS AKHIR - EE 184801

SISTEM KEAMANAN PERALATAN BERBASIS KAMERA TERMAL

Andhoko Gandung Hawali Triasto
NRP 0711154000074

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - EE 184801

**SISTEM KEAMANAN PERALATAN BERBASIS KAMERA
TERMAL**

Andhoko Gandung Hawali Triasto
NRP 0711154000074

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST.MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - EE 184801

THERMAL CAMERA BASED DEVICE SECURITY SYSTEM

Andhoko Gandung Hawali Triasto
NRP 0711154000074

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST. MT.

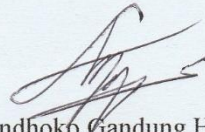
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 9 Juli 2019



Andhoko Gandung H. T.
NRP. 0711 15 4000 0074

**SISTEM KEAMANAN PERALATAN BERBASIS
KAMERA TERMAL**

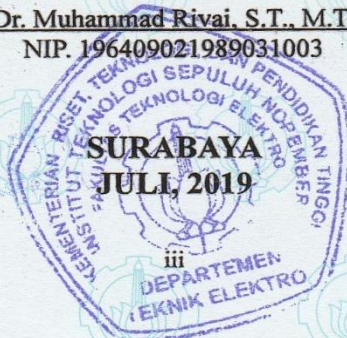
TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
NIP. 196409021989031003



SISTEM KEAMANAN PERALATAN BERBASIS KAMERA TERMAL

Nama : Andhoko Gandung Hawali Triasto
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRAK

Semakin majunya teknologi, semakin banyak mesin dan peralatan yang dapat bekerja secara otomatis, dimana agar tidak terjadi kesalahan atau koslet yang dapat menyebabkan kebakaran, maka dibutuhkan sistem keamanan. Dengan memberikan sebuah sistem keamanan pada peralatan tersebut, maka efisiensi dan tingkat keamanan peralatan beserta operator akan jauh meningkat. Jika masing-masing peralatan yang terletak dalam sebuah ruangan ingin diberikan sistem keamanannya sendiri-sendiri, akan menjadi tidak efisien. Maka diperlukan sebuah sistem keamanan yang secara efisien dapat memantau semua peralatan dalam satu ruang, hanya dengan menggunakan satu buah sensor berupa kamera termal. Dengan mendeteksi perubahan temperatur peralatan lewat gambar yang dihasilkan oleh kamera termal, tidak diperlukan lagi sensor temperatur sebagai sistem keamanan pada peralatan itu sendiri. Dalam tugas akhir ini, jenis kamera termal yang akan digunakan berupa AMG8833 IR *Thermal Camera* yang merupakan sensor termal dengan array 8x8, yang dapat menampilkan 64 piksel pembacaan temperatur inframerah. Dapat mengukur temperatur mulai dari 0°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 2,5^\circ\text{C}$ yang dapat mendeteksi hingga jarak 7 meter. Dengan kamera termal sebagai sensor tunggal untuk mendeteksi dan membedakan peralatan yang mengalami kelebihan temperatur, dan menggunakan relay dan triac MOC3021 sebagai aktuator yang terhubung dengan sistem deteksi lewat WiFi dengan NodeMCU ESP8266 sebagai sistem IoT. Sistem dapat mematikan peralatan ketika terdeteksi kelebihan temperatur, dan dapat mengatur kecepatan motor AC dengan mengontrol besarnya tegangan yang diberikan, sesuai kondisi temperatur motor. Sehingga dapat memonitor data temperatur lewat aplikasi Blynk dan mencegah terjadinya kerusakan alat dan kecelakaan lainnya seperti kebakaran pada alat atau kabel secara otomatis dengan Sistem Keamanan Berbasis Kamera Termal.

Kata Kunci : IoT, Kamera Termal, Sistem Keamanan Peralatan, *Thermal Image Processing*.

THERMAL CAMERA BASED DEVICE SECURITY SYSTEM

Name : Andhoko Gandung Hawali Triasto
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRACT

As technologies progress, more and more machinery and devices that can work automatically were invented, and to ensure the safety of the machinery and devices and as to not cause a fire from a short circuit, a safety or device security systems are needed. By installing a security or safety system on devices, the efficiency and safety rate of the devices and operators would rise. If we would like to install security systems for each one of the devices that are located in a single room, it would be inefficient. Therefore, a device security system that can efficiently monitor every single devices in a room with only a single sensor is needed, hence using a thermal camera. By detecting the fluctuations of temperature of the devices through thermal data produced by thermal camera, there's no need for a temperature sensor on each one of the monitored devices. In this Final Project, we're using AMG8833 Thermal Camera as our sensor, which is an 8x8 array pixel thermal sensor; that can measure temperature from 0°C up to 80°C with $\pm 2,5^\circ\text{C}$ accuracy, with a max range of 7 meters. By utilizing thermal camera as a singular sensor to detect and differentiate devices that are on the range of overheating, and using relays or MOC3021 triac as actuators that's connected to the detection system via WiFi with NodeMCU ESP8266 as IoT communication system. This security system is able turn off devices that are detected "overheating" and able to control the speed of AC Motor by controlling its voltage supply via dimmer module, depending on the motor's temperature condition. So that we can monitor the temperature data with Blynk application via IoT and preventing any damages and accident like a fire from short circuit on devices and cables automatically, without the need of direct human intervention by using a Thermal Camera Based Device Security System.

Keywords: Device Security System, IoT, Thermal Camera, Thermal Image Processing.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“SISTEM KEAMANAN PERALATAN BERBASIS KAMERA TERMAL”**, sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas gagasan topik tugas akhir serta bimbingan dan arahan untuk penulis selama mengerjakan tugas akhir.
2. Dr. Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ir. Harris Pirngadi, M.T., Fajar Budiman, S.T., M.Sc., dan Ir. Tasripan, M.T., selaku dosen penguji tugas akhir atas saran dan kritik yang diberikan.
3. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro ITS atas izin dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir ini.
4. Kedua orang tua penulis yang tidak pernah lelah dalam mendidik, mendukung, dan memberikan cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil.
5. Teman-teman bidang studi elektronika yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa masih banyak yang dapat dikembangkan pada tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 9 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	5
1.7. Relevansi	5
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sistem Keamanan	7
2.2. Radiasi Benda Hitam dan Spektrum Inframerah	7
2.3. Kamera Termal	10
2.4. Thermopile Array Sensor	12
2.5. Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG8833)	14
2.6. Arduino Nano	15
2.6.1. Sumber Daya	16
2.6.2. Input dan Output	17
2.6.3. Pin Komunikasi	18
2.6.4. Pemrograman	18
2.7. NodeMCU ESP8266	19
2.8. Relay	20
2.9. Thyristor	21
2.9.1. SCR (<i>Silicon Controlled Rectifier</i>)	22
2.9.2. TRIAC (<i>Triode from Alternating Current</i>)	23
2.10. Modul Dimmer AC	24
2.10.1. BTA16-600B	28
2.10.2. MOC3021	28
2.10.3. Optokopler 4N25	29

2.11.	Blynk	29
2.11.1.	Sumber Terbuka dan Hardware-agnostik	29
2.11.2.	Komponen Utama	30
PERANCANGAN SISTEM		31
3.1.	Diagram Blok Sistem.....	31
3.2.	Perancangan Perangkat Keras.....	33
3.2.1.	Pembacaan Kamera Termal AMG8833	34
3.2.2.	NodeMCU (<i>Server</i>) dengan Arduino Nano	35
3.2.3.	NodeMCU (<i>Server</i>) dengan NodeMCU (<i>Client</i>).....	35
3.2.4.	NodeMCU (<i>Client</i>) dengan Quad Relay	37
3.2.5.	Arduino Nano dengan Modul <i>Dimmer</i> AC	37
3.2.6.	Quad Relay	38
3.2.7.	Modul <i>Dimmer</i> AC.....	38
3.2.8.	Arduino Nano	38
3.3.	Perancangan Perangkat Lunak.....	39
3.3.1.	Pembacaan Kamera Termal AMG8833	39
3.3.2.	Sistem Deteksi.....	42
3.3.3.	Pembacaan Data dari NodeMCU (<i>Server</i>) oleh NodeMCU (<i>Client</i>)	44
3.3.4.	Pengaturan Kecepatan Motor AC dari Arduino Nano lewat Modul <i>Dimmer</i> AC	46
3.3.5.	Visualisasi Data Kamera Termal	47
3.3.6.	Tampilan Aplikasi Blynk pada <i>Smartphone</i>	48
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		55
4.1.	Pengujian Sistem Deteksi	57
4.1.1.	Pengujian Kamera Termal AMG8833	57
4.1.2.	Pengujian Deteksi Lokasi Peralatan	59
4.1.3.	Pengujian Deteksi Temperatur Peralatan.....	61
4.1.4.	Pengujian Deteksi Kelebihan Temperatur Peralatan dan Pengiriman Data ke Sistem Aktuator	64
4.2.	Pengujian Sistem Aktuator	64
4.2.1.	Pengujian Relay.....	64
4.2.2.	Pengujian Modul <i>Dimmer</i> AC pada Motor AC	65
4.3.	Pengujian Sistem Keseluruhan	68
4.3.1.	Pengujian Sistem Keamanan Solder.....	68
4.3.2.	Pengujian Sistem Keamanan <i>Water Heater</i>	69
4.3.3.	Pengujian Sistem Keamanan <i>Rice Cooker</i>	69
4.3.4.	Pengujian Sistem Keamanan Motor AC.....	70

4.3.4.	Pengujian Sistem Keamanan Peralatan Keseluruhan.....	71
4.4.	Pengujian Komunikasi Data Ke dan Dari Aplikasi Blynk pada Smartphone.....	76
4.5.	Analisa Keseluruhan Sistem	78
PENUTUP.....		81
5.1.	Kesimpulan	81
5.2.	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		83
LAMPIRAN A.....		87
LAMPIRAN B.....		101
LAMPIRAN C.....		105
LAMPIRAN D.....		107
LAMPIRAN E.....		111
BIODATA PENULIS		125

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva Radiasi Benda Hitam Temperatur Tinggi (a) dan Temperatur Rendah (b).....	8
Gambar 2.2. Kurva Radiasi Benda Hitam.....	9
Gambar 2.3. Spektrum Gelombang Inframerah.....	10
Gambar 2.4. Cara Kerja Kamera Termal.....	11
Gambar 2.5. Kamera Termal.....	12
Gambar 2.6. Thermocouple vs Thermopile.....	13
Gambar 2.7. Bagian Sensor Infrared.....	13
Gambar 2.8. Bagian Utama Sensor AMG8833.....	14
Gambar 2.9. Sensor AMG8833.....	15
Gambar 2.10. Rangkaian Internal Sensor AMG883.....	15
Gambar 2.11. Arduino Nano.....	16
Gambar 2.12. Diagram Pin Arduino Nano.....	17
Gambar 2.13. NodeMCU ESP8266.....	19
Gambar 2.14. Diagram Pin NodeMCU.....	19
Gambar 2.15. Relay Switch.....	21
Gambar 2.16. Rangkaian Mikrokontroler Relay Switch.....	21
Gambar 2.17. Kurva Karakteristik SCR dan Kontrol Fasa SCR.....	22
Gambar 2.18. Kurva Karakteristik TRIAC.....	24
Gambar 2.19. Modul Dimmer AC Tampak Atas.....	25
Gambar 2.20. Modul Dimmer AC Tampak Bawah.....	25
Gambar 2.21. Sinyal AC Input Modul Dimmer.....	26
Gambar 2.22. Sinyal Output Pin Z-C.....	27
Gambar 2.23. Sinyal Input Pin PWM.....	27
Gambar 2.24. Sinyal Tegangan AC Output Modul Dimmer.....	28
Gambar 2.25. Koneksi Blynk.....	30
Gambar 3.1. Skema Sistem Keseluruhan.....	31
Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem.....	32
Gambar 3.3. Skema Rangkaian Sistem Deteksi.....	34
Gambar 3.4. Antarmuka AMG8833 dengan NodeMCU ESP8266.....	35
Gambar 3.5. Antarmuka NodeMCU ESP8266 dengan Arduino Nano..	35
Gambar 3.6. Skema Rangkaian Sistem Aktuator.....	36
Gambar 3.7. Antarmuka NodeMCU (Client) dengan Quad Relay.....	37
Gambar 3.8. Antarmuka Arduino Nano dengan Modul Dimmer AC....	38
Gambar 3.9. Program Pembacaan Nilai Temperatur dari Kamera Termal.....	40
Gambar 3.10. Program Pencetakan Data Temperatur.....	41

Gambar 3.11. Hasil Pencetakan Data Temperatur	41
Gambar 3.12. Flowchart Pendeteksian Peralatan Overheat A	42
Gambar 3.13. Flowchart Pendeteksian Peralatan Overheat B	43
Gambar 3.14. Flowchart Pembacaan Data pada NodeMCU (Client)	45
Gambar 3.15. Program Dimming Tegangan dan Arus AC.....	46
Gambar 3.16. Program Dimming Tegangan dan Arus AC.....	47
Gambar 3.17. Visualisasi Data Temperatur dengan Processing	48
Gambar 3.18. Tampilan Antarmuka Blynk (a) dan (b)	49
Gambar 3.19. Tampilan Antarmuka Blynk (c) dan (d)	50
Gambar 3.20. Tampilan Antarmuka Blynk (e) dan (f)	51
Gambar 3.21. Tampilan Antarmuka Blynk (g), (h) dan (i)	52
Gambar 3.22. Program Pengaturan Widget Blynk.....	53
Gambar 3.23. Interface Sistem Keamanan Peralatan.....	54
Gambar 3.24. Notifikasi e-mail (a) dan Notifikasi Blynk (b)	54
Gambar 4.1. Gambar Realisasi Sistem Deteksi (Dalam)	55
Gambar 4.2. Gambar Realisasi Sistem Deteksi (Luar)	55
Gambar 4.3. Gambar Realisasi Sistem Aktuator (Dalam)	56
Gambar 4.4. Gambar Realisasi Sistem Aktuator (Luar)	56
Gambar 4.5. Nilai Temperatur 8x8 Piksel pada Serial Monitor	57
Gambar 4.6. Visualisasi Data Temperatur Kamera Termal	58
Gambar 4.7. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Normal	65
Gambar 4.8. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Relay yang Terhubung dengan Objek A Mati	65
Gambar 4.9. Posisi Piksel Objek A, B, C, D dan Laptop.....	71
Gambar 4.10. Kondisi Sistem Aktuator Kondisi Normal (Awal).....	73
Gambar 4.11. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Objek A Terdeteksi Melebihi Batas Temperatur yang Ditentukan	73
Gambar 4.12. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Temperatur Objek D diberi Stimulus	74
Gambar 4.13. Kondisi Sistem Aktuator Satu Detik Setelah Stimulus ...	74
Gambar 4.14. Grafik Temperatur Peralatan Uji Keseluruhan	75
Gambar 4.15. Grafik Kondisi Suplai Tegangan Solder A	75
Gambar 4.16. Grafik Kondisi Suplai Tegangan Rice Cooker	75
Gambar 4.17. Sistem Kondisi Normal (a) dan Sistem Ketika Mendeteksi Kelebihan Temperatur pada Objek A (b).....	76
Gambar 4.18. Sistem Ketika Objek D Terdeteksi Melebihi Batas Temperatur (a) dan Notifikasi Blynk dan email (b)	77
Gambar 4.19. Notifikasi email dari Blynk	77
Gambar 4.20. Proses Reset Sistem Keamanan Peralatan (a), (b), (c)	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Nano.....	16
Tabel 2.2. Spesifikasi NodeMCU.....	20
Tabel 2.3. Spesifikasi Modul <i>Dimmer AC</i>	26
Tabel 3.1. Pengurutan Nomor Piksel pada Aplikasi <i>Processing</i>	47
Tabel 4.1. Pengurutan Nomor Piksel pada Serial Monitor	57
Tabel 4.2. Pengurutan Nomor Piksel pada Aplikasi <i>Processing</i>	58
Tabel 4.3. Hasil Pendeteksian Solder	59
Tabel 4.4. Hasil Pendeteksian Lem Tembak	59
Tabel 4.5. Hasil Pendeteksian Objek (Solder dan Lem Tembak) dengan Jarak 5cm.....	60
Tabel 4.6. Hasil Pendeteksian Objek (Solder dan Lem Tembak) dengan Jarak 25cm.....	60
Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Temperatur Objek	61
Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Temperatur Objek (lanjutan).....	62
Tabel 4.8. Hasil Pengamatan Motor AC (Jarak 2m).....	63
Tabel 4.9. Penentuan Batas Temperatur Objek Pengamatan	64
Tabel 4.10. Hasil Pengamatan Kelebihan Temperatur	64
Tabel 4.11. Logika Relay pada Sistem Aktuator	64
Tabel 4.12. Hasil Pengaturan Kecepatan Motor AC.....	66
Tabel 4.13. Hasil Pengaturan Tegangan Motor AC	66
Tabel 4.13. Hasil Pengaturan Tegangan Motor AC (lanjutan).....	67
Tabel 4.14. Hasil Pengaturan Arus Motor AC	67
Tabel 4.15. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Solder	68
Tabel 4.16. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan <i>Water Heater</i>	69
Tabel 4.17. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan <i>Rice Cooker</i>	69
Tabel 4.18. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Motor AC	70
Tabel 4.19. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Keseluruhan	72

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB I

PENDAHULUAN

Tugas akhir merupakan suatu penelitian yang dilakukan sebagai persyaratan akademik untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Topik yang akan dibahas pada tugas akhir ini mengenai pemanfaatan kamera termal dan *Internet of Things* dalam sistem keamanan peralatan elektronik penghasil panas.

Pada bab ini membahas mengenai hal-hal yang mendahului pelaksanaan tugas akhir. Hal tersebut meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan manusia, sistem keamanan sudah menjadi kebutuhan pokok. Tidak hanya pada tempat tinggal, namun pada pabrik-pabrik, instansi, bangunan, mesin, komputer, internet, memiliki sistem keamanannya masing-masing [1]. Sistem keamanan tentunya mengutamakan pencegahan tindak kriminalitas, tapi tidak hanya itu, keamanan dari adanya kebocoran gas atau kebakaran dan kerusakan peralatan juga termasuk ke dalam sistem keamanan [2]. Kebakaran peralatan umumnya disebabkan oleh listrik, antara terjadinya disebabkan oleh hubungan pendek listrik atau korsleting sehingga menyebabkan terjadinya kelebihan temperatur pada peralatan maupun koneksi kabel atau stop kontak. Kebakaran pada peralatan dapat terjadi karena kondisi peralatan yang sudah mengalami kelebihan temperatur tetap terus dialiri arus listrik, sehingga dapat menyebabkan pembungkus kabel atau stop kontak meleleh dan terbakar, dan yang terutama membuat peralatan itu sendiri korslet dan terbakar [3].

Semakin majunya teknologi, semakin banyak jenis mesin atau peralatan otomatis, yang pada hakikatnya membutuhkan pemantauan. Dengan memberikan sistem keamanan pada peralatan tersebut maka dengan aman dapat beroperasi dan dipantau, sehingga menjadi otomatis dan dapat mencegah terjadinya kebakaran. Sudah banyak mesin atau peralatan yang memiliki sistem keamanannya sendiri, seperti sensor temperatur, gas, kelembaban, dan lainnya [1]. Namun masih banyak juga peralatan yang belum memiliki sistem keamanannya sendiri, sehingga jika ingin membuat sistem keamanan untuk masing-masing peralatan

tersebut, akan menjadi tidak efektif. Maka diperlukan sistem keamanan yang dengan efektif dapat memantau semua peralatan yang ada, dengan hanya menggunakan sebuah sensor.

Dikarenakan hampir semua peralatan yang menggunakan listrik menghasilkan panas, maka dengan menggunakan sebuah kamera termal, akan dapat memantau kondisi temperatur dari semua peralatan yang tertangkap oleh kamera. Sehingga ketika terjadi malfungsi atau kenaikan temperatur melebihi batas dari sebuah mesin atau peralatan, maka akan dapat mendeteksi alat atau mesin mana yang harus dimatikan, diubah tegangan suplainya, atau yang bisa dibiarkan beroperasi seperti biasa. Penggunaan pencitraan termal atau monitoring alat menggunakan kamera termal jauh lebih mudah daripada metode monitoring konvensional [4].

Dengan kamera termal, pemilik alat atau operator dapat memelihara dan memonitor peralatan atau mesin tanpa perlu berada di lokasi, karena sistem sudah akan menanggapi kelebihan suhu peralatan secara otomatis, sehingga tidak terjadi kebakaran akibat terjadinya hubungan singkat kabel atau stop kontak dan terutama kerusakan atau koslet pada peralatan itu sendiri. Kamera termal dapat meningkatkan keamanan secara signifikan, karena tingginya temperatur peralatan tidak dapat dilihat melalui mata, tetapi dapat terlihat oleh kamera termal, sehingga dapat mengurangi terjadinya kerusakan alat dan kebakaran.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara mendeteksi posisi peralatan yang bermasalah?
2. Bagaimana cara membedakan peralatan yang bermasalah akibat terjadinya kelebihan temperatur?
3. Bagaimana cara mengontrol aktuator agar dapat mematikan atau mengatur tegangan suplai peralatan sehingga tidak terjadi kerusakan?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Sistem keamanan dapat mendeteksi posisi peralatan menggunakan kamera termal.
2. Penggunaan analisa histogram data citra yang dihasilkan kamera termal
3. Sistem keamanan dapat mengontrol aktuator berupa relay dan triac MOC3021 sehingga dapat mematikan atau mengatur tegangan suplai

peralatan yang mengalami kelebihan temperatur.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kamera termal yang digunakan memiliki batas deteksi sejauh 7 meter.
2. Area terbatas pada ruangan tertutup karena menggunakan satu buah kamera termal.
3. Peralatan yang diamati merupakan peralatan elektronik atau mesin yang menghasilkan panas.
4. Jumlah peralatan dibatasi besar area yang dapat ditangkap oleh kamera termal.
5. Aktuator yang digunakan berupa *relay switch on/off* dan modul *dimmer* AC yang menggunakan triac MOC3021.

1.5. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur Kamera Termal, Radiasi Inframerah pada Temperatur, dan Relay serta MOC3021 sebagai Aktuator

Studi literatur akan berisi pengumpulan dan pengkajian teori, data dan penelitian yang dianggap relevan dan terpercaya untuk mendukung keabsahan tugas akhir ini. Literatur yang digunakan akan memiliki batasan-batasan tertentu. Yaitu, literatur yang digunakan harus bersumber dari paper, jurnal, buku, maupun artikel tentang kamera termal, hubungan radiasi inframerah dengan temperatur, dan hal-hal lain yang berhubungan dengan judul tugas akhir ini.

2. Perancangan Sistem Deteksi Menggunakan Kamera Termal AMG8833 IR

Kamera termal AMG8833 digunakan sebagai detektor temperatur dengan output berupa nilai temperatur dari 64 piksel, sehingga dapat digunakan sebagai indikator perubahan temperatur dan lokasi peralatan dalam sistem keamanan. Yang selanjutnya akan dilakukan pemrograman lewat komputer menggunakan Mikrokontroler Arduino dan NodeMCU sebagai IoT. Dengan kamera termal ini, kita akan dapat membuat sebuah sistem kamanan peralatan, dimana sistem akan memantau perubahan tingkat temperatur dari setiap peralatan yang sudah diketahui dan diprogram terlebih dahulu posisinya, pada pixel mana peralatan tersebut tertangkap kamera termal. Sehingga ketika temperatur peralatan tersebut

melebihi batas temperatur yang diberikan, sistem keamanan dapat mengetahui peralatan mana yang harus ditanggapi dengan mengaktifkan relay yang dapat mematikan alat tersebut.

3. Pengujian Sistem Deteksi

Tahap pengujian sistem deteksi menggunakan kamera termal AMG8833, dimana dilakukan pengujian dan pengambilan data terhadap ketepatan deteksi peralatan yang mengalami kelebihan temperatur dan posisi atau label peralatan tersebut.

4. Perancangan Sistem Aktuator Relay dan Modul *Dimmer AC* MOC3021

Setelah pemrograman untuk mendeteksi perubahan temperatur dan lokasi peralatan yang bermasalah selesai, diperlukan sebuah sistem yang dapat mengontrol aktuator berupa relay untuk dapat mematikan peralatan dan modul dimmer AC yang dapat mengatur tegangan suplai yang masuk ke peralatan yang bermasalah. Data yang dikirimkan oleh NodeMCU pada sistem deteksi akan diterima oleh NodeMCU *Client* yang terhubung dengan sistem aktuator relay.

5. Pengujian Sistem Relay

Merupakan tahap pengujian sistem relay untuk mematikan peralatan, apabila masih terdapat kesalahan pada sistem sehingga sistem tidak dapat berjalan dengan baik dan perlu revisi pada desain rangkaian atau program. Juga menguji ketepatan relay dan peralatan yang perlu dimatikan sehingga tidak terjadi kekeliruan peralatan yang dimatikan.

6. Pengujian Sistem *Dimmer AC* MOC3021

Merupakan tahap pengujian sistem *dimmer AC* MOC3021 untuk mengatur tegangan sumber peralatan, apabila masih terdapat kesalahan pada sistem sehingga sistem tidak dapat berjalan dengan baik dan perlu revisi pada desain rangkaian atau program. Juga menguji ketepatan *dimmer AC* MOC3021 dan peralatan yang perlu diatur tegangan sumbernya sehingga tidak terjadi kekeliruan peralatan yang dimatikan.

7. Analisa dan Pengujian Keseluruhan

Analisa dilakukan terhadap hasil pengujian sehingga karakteristik *software* dan *hardware* dapat diketahui. Apabila karakteristik sistem tersebut belum sesuai, maka perlu dilakukan evaluasi pada sistem untuk dirancang dan diuji kembali.

8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan akan dilakukan seiring dengan tahap-tahap lainnya. Isinya berkaitan dengan tugas akhir yang dikerjakan, meliputi pendahuluan, studi literatur, perancangan dan pembuatan sistem,

pengujian dan analisa serta penutup.

9. Penulisan POMITS

Penulisan Jurnal POMITS akan dilakukan setelah penyusunan Tugas Akhir selesai.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I : Pendahuluan**
Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- **BAB II : Tinjauan Pustaka**
Pada bab ini berisi mengenai teori yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum khususnya yang berhubungan komponen yang akan digunakan.
- **BAB III : Perancangan Sistem**
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk pembuatan alat ini.
- **BAB IV : Pengujian dan Analisis**
Pada bab ini menguraikan tentang pengujian alat pada pesawat dan analisa hasil pengujian.
- **BAB V : Penutup**
Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal ini merupakan sebuah inovasi untuk membantu mempermudah pengawasan dan pengendalian peralatan-peralatan elektronik dan mesin terutama dalam bidang industri di pabrik-pabrik besar. Tidak hanya dalam skala besar, untuk sistem keamanan peralatan dalam rumah juga dapat digunakan. Dimana dengan menggunakan sensor termal kamera yang tidak terpengaruh secara langsung dengan temperatur yang diawasi, maka sistem tidak mudah rusak. Dengan menggunakan IoT sebagai basis pengiriman data juga lebih mempermudah akses dan pengawasan peralatan, mengurangi pemakaian sensor yang berlebihan, dan

mengurangi kerusakan pada sensor karena tidak ada kontak langsung dengan sumber panas. Sehingga mempermudah pengguna sistem dalam memonitoring kondisi peralatan dan mesin, dan dapat mencegah terjadinya kebakaran atau malfungsi peralatan dengan mengubungkan sistem deteksi kamera termal dengan aktuator yang dapat mematikan peralatan atau mesin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Suatu penelitian memerlukan teori-teori yang sudah ada sebelumnya untuk dikaji lebih dalam memperkuat argumen penulis. Teori tersebut digunakan untuk membantu penulis dan sebagai dasar dalam membuat suatu penelitian.

Pada bab ini terdapat teori dasar yang menjadi landasan untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Pada bagian ini terdapat tinjauan pustaka tentang komponen yang akan digunakan untuk membuat alat pada penelitian ini.

2.1. Sistem Keamanan

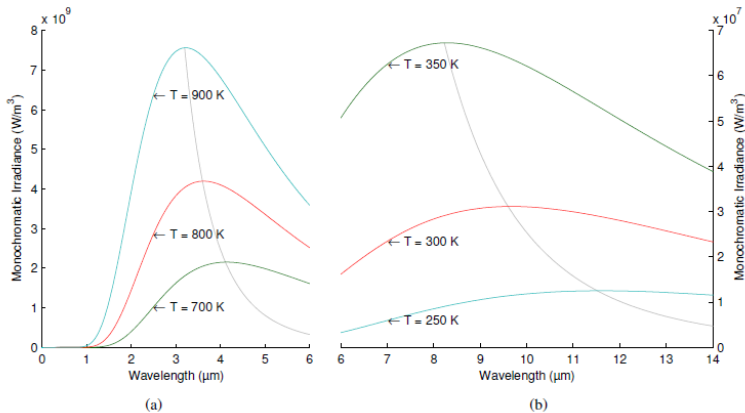
Sistem Keamanan merupakan sarana atau metode yang digunakan untuk mengamankan sesuatu berupa objek maupun area, melalui sebuah sistem komponen dan perangkat yang saling terhubung. Keamanan dari pencurian, sabotase, kebocoran gas, api, atau malfungsi peralatan merupakan hal utama yang diinginkan dari sebuah sistem keamanan [2]. Sistem keamanan peralatan merupakan metode yang digunakan untuk mengamankan peralatan tersebut baik dari bahaya eksternal maupun internal, sehingga kondisi peralatan tetap optimal dan tidak terjadi kerusakan. Dan apabila terjadi malfungsi, maka dapat menanggulangi hal tersebut.

2.2. Radiasi Benda Hitam dan Spektrum Inframerah

Benda hitam (black-body) merupakan benda yang dapat menyerap radiasi termal dan memancarkannya kembali dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Radiasi benda hitam (black-body) merupakan radiasi elektromagnetik termal yang terjadi di dalam atau area sekitar benda tersebut dalam kondisi kesetimbangan termodinamika dengan lingkungannya, yang dipancarkan secara spontan oleh semua benda atau objek pada umumnya. Ciri utama dari benda hitam merupakan permukaan benda yang buram dan tidak reflektif. Benda hitam dengan temperatur kamar, akan terlihat hitam, hal ini dikarenakan semua energi yang dipancarkan atau diradiasikan berupa gelombang inframerah sehingga tidak dapat dilihat oleh mata manusia, seperti cahaya tampak. Radiasi benda hitam memiliki karakteristik frekuensi kontinu yang dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur benda, dimana frekuensi yang

dipancarkan akan meningkat ketika terjadinya kenaikan temperatur pada benda, dan sebaliknya. Dan pada temperatur kamar sebagian besar emisi radiasi benda hitam berada pada range gelombang inframerah pada spektrum elektromagnetik [5]. Radiasi benda hitam merupakan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda ketika benda tersebut berada pada kesetimbangan termal pada temperatur yang konstan dan seragam [6].

Pada gambar berikut menunjukan distribusi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda hitam pada temperatur yang berbeda. Kurva tersebut menunjukan seberapa besar energi yang dipancarkan pada tiap panjang gelombang. Dapat dilihat bahwa puncak dari kurva dengan objek yang lebih panas terlihat lebih tinggi. Pada kurva tersebut dapat juga kita lihat bahwa ada hubungan terbalik antara temperatur dengan panjang gelombang. Ketika temperatur naik, maka panjang gelombangnya akan lebih pendek. Secara teori, semua benda dengan temperatur diatas 0°K atau -273°C akan memancarkan radiasi elektromagnetik berupa radiasi inframerah [7].



Gambar 2.1. Kurva Radiasi Benda Hitam Temperatur Tinggi (a) dan Temperatur Rendah (b)

Objek dengan temperatur tinggi memancarkan sebagian besar radiasi pada *Mid-Wavelength Infrared* (MWIR), sedangkan objek dengan temperatur rendah memancarkan sebagian besar radiasi pada *Long-Wavelength Infrared* (LWIR) [8].

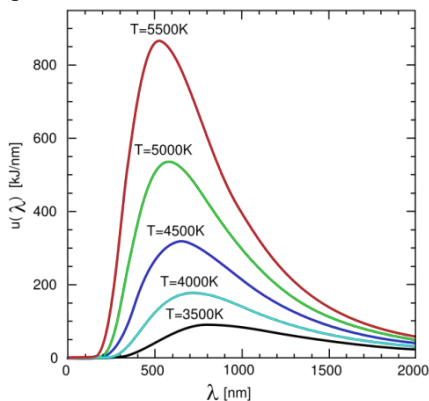
Radiasi benda hitam mengacu pada objek atau sistem yang menyerap

semua insiden radiasi di atasnya dan memancarkan kembali energi yang merupakan karakteristik dari system radiasi ini saja, tidak tergantung pada jenis radiasi yang terjadi di atasnya. Energi yang terpancar dapat dianggap dihasilkan oleh gelombang berdiri atau mode resonansi dari rongga yang memancar [24]. Temperatur menentukan distribusi Panjang gelombang radiasi elektromagnetik. Misalnya cat berwarna putih sangat reflektif terhadap cahaya tampak, dan tampak putih pada mata manusia karena memantulkan sinar matahari, yang memiliki Panjang gelombang puncak sekitar 0.5 mikrometer. Namun, emisivitasnya pada temperatur sekitar -5°C (23°F), Panjang gelombang puncak sekitar 12 mikrometer, adalah 0.95. jadi untuk radiasi termal tampak hitam [25].

Benda hitam, yang merupakan emitor “ideal” atau “sempurna” (yang berarti sifat emisinya tidak bervariasi berdasarkan lokasi atau komposisi objek), memancarkan spektrum cahaya dengan sifat sebagai berikut:

Pertama, semakin panas benda hitam, semakin banyak cahaya yang dikeluarkan di semua panjang gelombang. Jika kita membandingkan dua benda hitam, terlepas dari berapa panjang gelombang cahaya yang kita amati, benda hitam yang lebih panas akan mengeluarkan lebih banyak cahaya daripada yang lebih dingin.

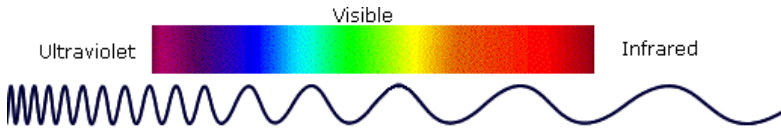
Kedua, spektrum dari sebuah benda hitam adalah kontinu, yaitu memancarkan cahaya pada semua panjang gelombang dan memiliki puncak pada panjang gelombang tertentu. Puncak kurva benda hitam dalam spektrum bergerak ke panjang gelombang yang lebih pendek untuk objek yang lebih panas.



Gambar 2.2. Kurva Radiasi Benda Hitam

Gelombang inframerah, atau cahaya inframerah, adalah bagian dari spektrum elektromagnetik. Gelombang ini biasa ditemui di kehidupan sehari-hari; mata manusia tidak dapat melihatnya, tetapi manusia dapat mendeteksinya sebagai panas [26]. Gelombang inframerah dapat dibagi menjadi beberapa wilayah spektrum, atau band, berdasarkan panjang gelombang; Namun tidak ada definisi yang seragam dari batas-batas yang tepat setiap band [27].

Gelombang inframerah lebih panjang daripada cahaya tampak, tepat di luar ujung merah spektrum yang terlihat. Inframerah berada di kisaran spektrum elektromagnetik antara gelombang mikro dan cahaya tampak. Inframerah memiliki frekuensi dari sekitar 3GHz hingga sekitar 400 THz dan panjang gelombang sekitar 30 sentimeter (12 inci) hingga 740 nanometer (0.00003 inci), meskipun nilai-nilai ini tidak pasti.



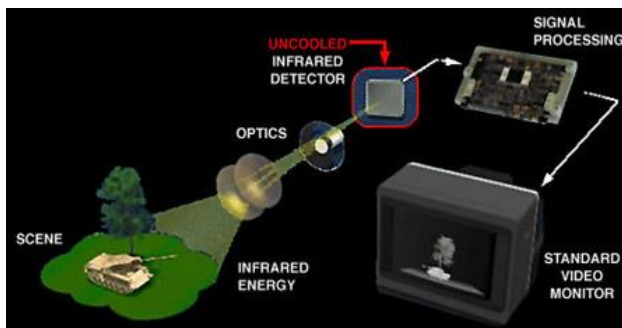
Gambar 2.3. Spektrum Gelombang Inframerah

2.3. Kamera Termal

Kamera termal atau yang biasa disebut kamera termografik (kamera inframerah atau *thermal imaging camera*) merupakan kamera yang dapat membentuk gambaran dari zona panas dengan memanfaatkan radiasi inframerah, mirip seperti kamera biasa yang menggunakan gambaran dari cahaya tampak [13], [14]. Kamera termal beroperasi pada panjang gelombang 14.000 nm, jauh lebih besar dibandingkan kamera biasa yang beroperasi pada panjang gelombang sekitar 400-700 nm. Energi inframerah hanyalah satu bagian dari spektrum elektromagnetik yang meliputi sinar gamma, cahaya tampak, inframerah, dan lainnya, yang semuanya terkait dan dibedakan berdasarkan panjang gelombangnya masing-masing. Semua benda memancarkan sejumlah radiasi benda hitam sebagai fungsi dari temperatur mereka, dimana semakin tinggi temperatur suatu objek, semakin banyak radiasi inframerah yang dipancarkan sebagai radiasi benda hitam. Kamera termal dapat mendeteksi radiasi ini dengan cara yang mirip dengan cara kamera biasa mendeteksi cahaya tampak, dan dapat bekerja dalam kegelapan total karena tidak dipengaruhi oleh intensitas cahaya [15].

Kamera termal pada umumnya dibagi menjadi dua tipe, yaitu kamera termal dengan detektor inframerah yang didinginkan dan tidak didinginkan. Kamera termal dengan detektor yang didinginkan (*cooled infrared detector*) biasanya dibungkus oleh sebuah kotak vakum yang didinginkan secara kriogenik, untuk pengoperasian komponen semikonduktor yang digunakan. Dimana jika tidak didinginkan, maka sensor semikonduktor tidak akan bekerja secara optimal dan akan terbanjiri oleh radiasi mereka sendiri. Kamera termal tipe ini memiliki kepekaan dan kualitas gambar yang jauh lebih bagus daripada kamera termal *uncooled*, namun dengan harga yang mahal dan ukuran pendingin yang relative besar, serta energi dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan atau *coolingdown*. Kamera termal dengan detektor inframerah tipe ini sebagian besar didasarkan pada penggunaan *thermopile* [15], [16].

Sedangkan pada kamera termal dengan detektor inframerah yang tidak didinginkan (*uncooled infrared detector*) menggunakan sensor yang beroperasi pada temperatur ambien atau stabil, dengan memanfaatkan perubahan resistansi, tegangan, atau arus ketika dipanaskan oleh radiasi inframerah. Sensor kamera termal tipe ini dapat distabilkan ke temperatur operasional untuk mengurangi *noise* pada gambar. Karena tidak menggunakan pendingin, kamera termal tipe ini jauh lebih kecil, murah dan tidak boros energi, tetapi resolusi dan kualitas gambar jauh lebih rendah daripada tipe yang didinginkan. Kamera termal dengan detektor tipe ini sebagian besar didasarkan pada bahan piroelektrik dan feroelektrik [15].



Gambar 2.4. Cara Kerja Kamera Termal

Cara kerja kamera termal kurang lebih sebagai berikut :

- Sebuah lensa khusus akan memfokuskan radiasi panas yang dipancarkan semua objek.
- Sebuah *infrared array* detektor akan membentuk pola dari pancaran radiasi panas secara detail yang disebut *thermogram*. Hanya dibutuhkan sekitar 0.03 detik untuk membuat sebuah *thermogram*. Sebuah *thermogram* didapatkan dari beberapa ribu *array* detektor.
- *Thermogram* yang terbentuk akan diterjemahkan kedalam sinyal listrik untuk diproses pada bagian *signal Processing*.
- Setiap intensitas panas akan diterjemahkan kedalam cahaya tampak untuk ditampilkan di layar.

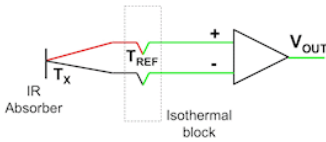


Gambar 2.5. Kamera Termal

2.4. Thermopile Array Sensor

Thermopile merupakan gabungan dari beberapa *thermocouple* baik yang disusun secara seri atau paralel. Hal tersebut terjadi karena tegangan yang terukur sangat kecil apabila hanya menggunakan sebuah *thermocouple*. Sehingga dibutuhkan beberapa *thermocouple* yang disusun seri yang kemudian disebut *thermopile*. Prinsip kerja *thermoelectric sensor* dan *thermocouple* berdasarkan prinsip *Seebeck Effect*. Jadi prinsip kerja *thermopile* sama dengan *thermocouple* hanya konfigurasi saja yang berbeda dengan disusun seri atau paralel. Kelebihan dari sensor *thermopile* adalah bahwa sensor dapat mendeteksi benda diam ataupun bergerak. Selain itu sensor yang bertipe *array* dapat digunakan untuk mendeteksi posisi pada bidang dua dimensi termasuk posisi dan keberadaan manusia [17]. Berikut ini perbedaan antara

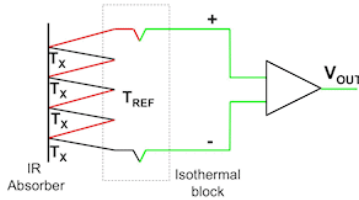
thermopile dan thermocouple.
Thermocouple



$$V_{OUT} = S \cdot (T_x - T_{REF})$$

S: Seebeck coefficient

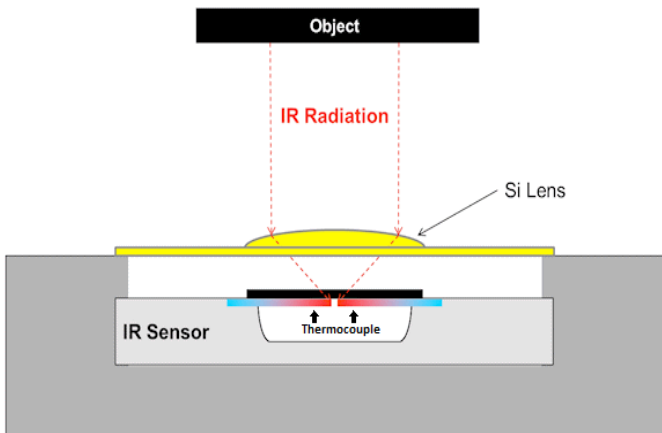
Thermopile



$$V_{OUT} = N \cdot S \cdot (T_x - T_{REF})$$

S: Seebeck coefficient
 N: Number of thermocouples

Gambar 2.6. Thermocouple vs Thermopile



Gambar 2.7. Bagian Sensor Infrared

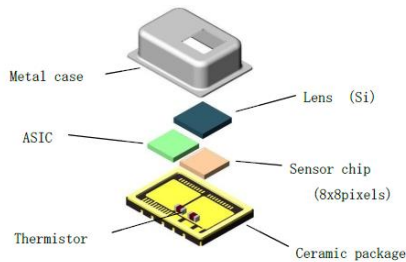
Berikut prinsip kerja utama dari sebuah *thermopile sensor*.

1. *Thermopile infrared sensor* memiliki beberapa *thermocouple* yang terhubung seri dimana *hot junction* pada *thermocouple* menempel pada *infrared absorber* yang biasanya terbuat dari silikon.
2. Temperatur dari *absorber* akan naik atau turun karena perbedaan temperatur *absorber* dan objek tergantung radiasi yang diterima.
3. Untuk mengukur temperatur objek, harus dipastikan bahwa objek masuk dalam sudut pandang / *field of view* sensor.

4. Lensa silikon digunakan untuk menahan cahaya tampak karena silikon akan melewatkan cahaya dengan panjang gelombang lebih dari $2\mu\text{m}$.
5. Radiasi yang diterima sensor inframerah akan membuat *thermocouple* menghasilkan tegangan.

2.5. *Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG8833)*

Sensor AMG8833 merupakan sebuah *thermopile infrared array sensor* dengan menggunakan teknologi MEMS (*Micro Electro Mechanical System*) buatan Panasonic. Sensor tersebut dikemas dalam *SMD package* sehingga berukuran kecil. AMG88 memiliki beberapa jenis tipe sensor yaitu tergantung dua huruf terakhir dari namanya misalnya AMG8833, angka 88 berarti sensor memiliki piksel sebanyak 8×8 . Sedangkan angka 3 pertama menunjukkan tegangan operasi pada 3,3V dan angka 3 kedua menunjukkan *high gain amplification factor*.

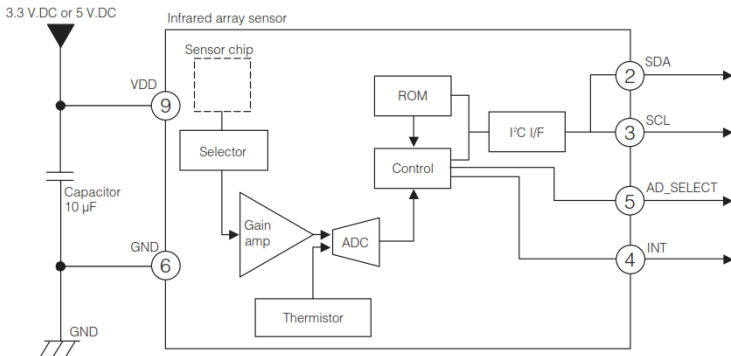


Gambar 2.8. Bagian Utama Sensor AMG8833

AMG8833 IR *Thermal Camera* merupakan sensor inframerah atau termal dengan presisi tinggi yang dapat mendeteksi temperatur dalam area dua dimensional dengan luas array 8×8 (64 piksel), yang dapat menampilkan 64 pembacaan temperatur inframerah. Sensor ini akan mengukur temperatur mulai dari 0°C hingga 80°C (32°F hingga 176°F) dengan akurasi $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ (4.5°F), dapat mendeteksi manusia hingga jarak 7 meter, dengan *frame rate* maksimum 10Hz. AMG8833 beroperasi dengan tegangan 3-5 V_{DC} , dan memiliki gain faktor amplifikasi yang tinggi [18].



Gambar 2.9. Sensor AMG8833



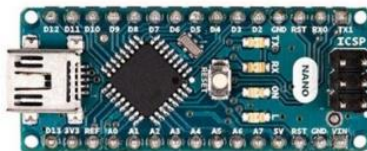
Gambar 2.10. Rangkaian Internal Sensor AMG883

2.6. Arduino Nano

Arduino Nano merupakan salah satu mikrokontroler berbasis Atmega328P (Arduino Nano 3.x) yang berukuran kecil. Mikrokontroler ini memiliki fungsi yang kurang lebih sama seperti Arduino Duemilanove, tetapi dikemas dalam paket yang berbeda. Perbedaan Arduino Nano hanya tidak memiliki *power jack* DC, dan bekerja atau dapat disuplai dengan kabel USB Mini-B, berbeda dengan yang standar [19].

Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5V
Tegangan <i>input</i> (rekomendasi)	7 – 12V
Tegangan <i>input</i> (limit)	6 – 20V
Pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Pin <i>input</i> analog	8
Arus DC per pin I/O	40 mA
<i>Flash memory</i>	32 KB, 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz



Gambar 2.11. Arduino Nano

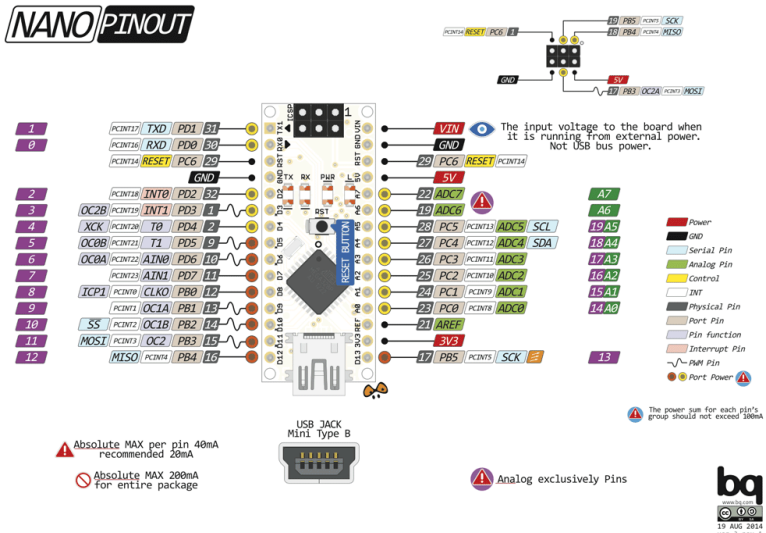
2.6.1. Sumber Daya

Arduino Nano dapat diaktifkan dengan memberikan suplai tegangan melalui koneksi USB Mini-B, catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt dengan menghubungkannya ke pin 30, atau tegangan teregulasi 5 Volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis terpilih dari sumber tegangan tertinggi. Chip FTDI FT232L pada Arduino Nano akan aktif jika memperoleh daya melalui USB, tetapi jika sumber daya berupa eksternal (non-USB) maka chip tersebut tidak akan aktif dan pin 3.3V tidak akan mengeluarkan tegangan. Sedangkan LED TX dan RX akan berkedip jika pin digital 0 dan 1 bernilai HIGH [20].

- V_{IN} merupakan pin tegangan masukan Arduino jika tegangan eksternal digunakan. Selain melalui pin ini, tegangan eksternal dapat diberikan melalui *power jack*.
- 5V merupakan *pin output* dari tegangan berasal dari pin VIN, DC *power jack*, atau USB yang dikonversi menjadi 5V oleh *voltage regulator*. Pin 5V juga bisa menjadi pin input dengan tegangan 5 Volt

yang tereregulasi.

- 3V3 merupakan pin yang memiliki fungsi sama dengan pin 5V namun keluaran tegangan yang dihasilkan yaitu 3,3 V.
- GND merupakan pin *ground*



Gambar 2.12. Diagram Pin Arduino Nano

2.6.2. Input dan Output

Pada Arduino Nano, terdapat total 14 pin digital dan 8 pin analog, dimana pin digital dapat digunakan sebagai pin input maupun output, dengan menggunakan fungsi perintah sederhana seperti pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead() sehingga kondisi dan fungsi pin dapat diatur. Tiap pin digital memiliki tegangan operasi sebesar 0V dan 5V untuk kondisi LOW dan HIGH. Tiap pin dapat menyediakan maupun menerima arus maksimum 40 mA, dan memiliki resistor *pull-up* sebesar 20-50 kOhms yang tidak terhubung pada kondisi normal. Pin analog dapat digunakan untuk mengukur tegangan dari 0-5V dengan menggunakan fungsi sederhana seperti analogRead() [21]. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi special:

- Pin Serial 0(RX) dan 1(TX) digunakan sebagai komunikasi serial dimana pin 0 digunakan untuk menerima data serial TTL sedangkan

pin 1 digunakan untuk mengirimkan data serial TTL.

- Pin 2 dan 3 digunakan sebagai *external interrupt*. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk men-*trigger interrupt* ketika nilai rendah, *rising edge* atau *falling edge*, atau ketika terdapat perubahan nilai.
- Pin 3, 5, 6, 10 dan 11 menyediakan 8-bit keluaran PWM dengan menggunakan fungsi `analogWrite ()`.
- Pin 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), dan 13(SCK) digunakan untuk komunikasi SPI.
- Pin 13 terhubung dengan LED yang tertanam pada Arduino Uno.
- Pin Reset jika diberi nilai LOW akan mereset mikrokontroler.

Arduino Nano juga memiliki 8 pin analog yang berfungsi sebagai masukan analog. Nilai tegangan keluaran dari pin analog bernilai mulai dari 0 - 5 V dan menyediakan resolusi 10 bit. Pin A4 dan A5 membantu komunikasi TWI dalam Arduino Nano dimana A4 sebagai SDA dan A5 sebagai SCL. Selain itu terdapat pin AREF yang berfungsi sebagai tegangan referensi untuk masukan analog dan pin RESET digunakan untuk menambah tombol reset [22].

2.6.3. Pin Komunikasi

Arduino Nano menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial dengan menggunakan pin *digital* 0 dan pin 1 agar dapat berkomunikasi dengan sebuah komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. Pada papan Arduino Nano terdapat ATmega16U2 yang menghubungkan komunikasi serial melalui USB dan tampil sebagai *virtual COM port* pada Arduino *software* dalam komputer. Arduino *software* memiliki serial monitor yang memungkinkan data teks sederhana ke atau dari Arduino. LED TX dan RX akan menyala ketika data dikirimkan ke komputer. Selain komunikasi serial, ATmega328 juga mampu melakukan komunikasi I2C dan SPI [23].

2.6.4. Pemrograman

Arduino Nano dapat di program dengan Arduino Software. Sebelum meng-upload program ke Arduino Nano, terlebih dahulu pilih Arduino Nano pada menu Tool > Board. ATmega328 pada Arduino Nano telah dilengkapi dengan bootloader yang memungkinkan peng-upload-an program baru ke Arduino Nano tanpa menggunakan pemrograman external hardware.

Setelah membuat rangkaian yang diinginkan baik di breadboard maupun yang telah disolder, program harus diunggah (dikenal sebagai sketsa) ke Arduino. Sketsa adalah seperangkat instruksi yang memberi tahu kepada Arduino apa fungsi yang harus dilakukan. Arduino hanya

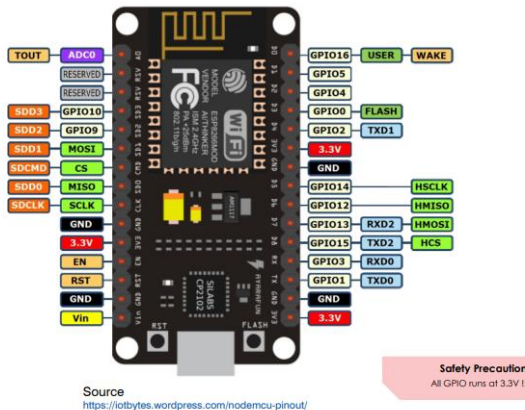
dapat menahan dan melakukan satu sketsa pada suatu waktu. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa Arduino disebut IDE yang merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment* [24].

2.7. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan *platform* IoT yang bersifat terbuka (*open source*). NodeMCU juga memiliki perangkat *firmware* yang bekerja menggunakan ESP8266 Wi-Fi SoC dari Espressif Systems, dan perangkat keras yang berbasis modul ESP-12. Nama “NodeMCU” secara standar mengacu pada *firmware* bukan DevKit. *Firmware* NodeMCU menggunakan Bahasa pemrograman Lua, dan banyak menggunakan proyek-proyek *open source* seperti lua-cjson dan *spiffs* [25].



Gambar 2.13. NodeMCU ESP8266



Gambar 2.14. Diagram Pin NodeMCU

NodeMCU memiliki tegangan operasi sebesar 3,3 Volt dan dapat di suplai daya dengan kabel USB. Dilengkapi dengan kemampuan koneksi tanpa kabel (*wireless*) dan antenna PCB di chip ESP-12E. NodeMCU mampu melakukan komunikasi PWM, I2C, SPI, UART dan hanya memiliki satu buah pin analog. NodeMCU menggunakan modul USB CP2102 sebagai tatap muka komunikasi serial I, dan dapat diprogram melalui Arduino IDE dengan tambahan *library* sendiri, didukung bahasa pemrograman Arduino C.

Tabel 2.2. Spesifikasi NodeMCU

Standar <i>Wireless</i>	IEEE 802.11 b/g/n
Jangkauan Frekuensi	2.412 - 2.484 GHz
Kekuatan Transmisi	802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
Sensitivitas Penerimaan	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Kemampuan I/O	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Tegangan Operasi	3,3 V
Arus pin <i>Output GPIO</i>	15 mA
Arus Operasi	12 - 200 mA
Arus Cadangan	< 200 uA
Temperatur Operasi	-40 °C - 125 °C
Transmisi Serial	110 - 921600 bps, TCP <i>Client 5</i>
Tipe Jaringan <i>Wireless</i>	STA / AP / STA + AP
Tipe Keamanan	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Tipe Enkripsi	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
<i>Upgrade Firmware</i>	<i>Local Serial Port, OTA Remote Upgrade</i>
Protokol Jaringan	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP

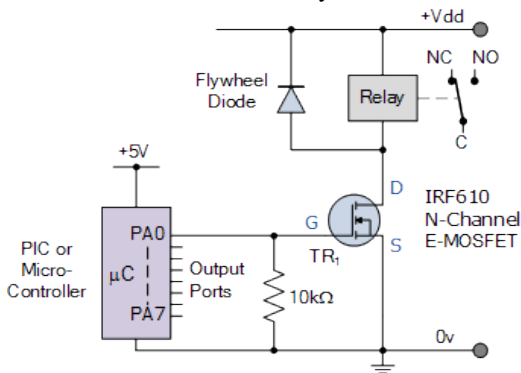
2.8. Relay

Relay merupakan komponen elektromekanik yang memanfaatkan prinsip gaya elektromagnetik untuk dapat menggerakkan kontak dari posisi terbuka menjadi posisi tertutup dan sebaliknya. Relay hanya membutuhkan daya yang relatif kecil untuk dapat dioperasikan, menimbulkan gaya elektromagnetik pada kumparannya. Relay sendiri dapat digunakan untuk mengontrol motor, pemanas, lampu, sirkuit AC, dan lainnya yang mana dapat mengonsumsi daya yang lebih besar. Relay merupakan komponen output (aktuator), dimana bisa digunakan untuk

memungkinkan rangkaian elektronik ataupun sirkuit tipe komputer dengan daya rendah, agar dapat mengatur rangkaian bertegangan atau berarus tinggi menjadi “ON” atau “OFF”. Namun membutuhkan beberapa bentuk rangkaian saklar relay untuk dapat mengendalikannya. Dari banyak jenis rangkaian *switching* relay yang ada, banyak proyek elektronik kecil yang dapat menggunakan transistor dan MOSFET, sehingga dapat mengontrol *switching* DC secara cepat [26]–[28]. Dari banyak tipe rangkaian switch relay, diantaranya adalah: NPN, NPN Darlington, *Emitter Follower*, *Emitter Darlington*, PNP, PNP *Collector*, N-channel MOSFET, P-channel MOSFET, *Logic Controlled*, dan *Micro-controller Relay Switch*.



Gambar 2.15. Relay Switch



Gambar 2.16. Rangkaian Mikrokontroler Relay Switch

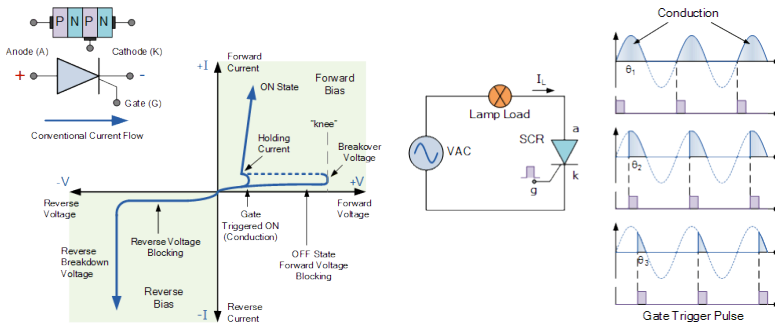
2.9. Thyristor

Thyristor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar yang terbuat dari bahan semikonduktor. Dimana akan menggunakan arus atau tegangan rendah yang diberikan pada kaki

terminalnya untuk mengendalikan aliran arus atau tegangan tinggi yang melewati terminal input dan output utamanya. Umumnya berkaki tiga, tetapi untuk thyristor berkaki dua, fungsi saklar akan diaktifkan jika tegangan pada kedua terminalnya mencapai nilai *Breakdown Voltage* tertentu, dimana jika nilai tegangan dibawah nilai *Breakdown Voltage* nya, maka kedua kaki terminal akan mengalirkan arus atau menjadi posisi “OFF”. Thyristor dapat digunakan pada rangkaian-rangkaian pengendali daya, peredam cahaya, control kecepatan motor, peredam cahaya, dan lainnya. Thyristor terdiri dari beberapa jenis, diantaranya adalah SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), SCS (*Silicon Controlled Switch*), TRIAC (*Triode from Alternating Current*), dan DIAC (*Diode Alternating Current*) [29].

2.9.1. SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)

SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) merupakan thyristor dengan tiga kaki terminal, Gate, Anoda, dan Katoda. Terdiri dari empat lapis semikonduktor PNPN dengan terminal pengendali pada lapisan P nya. Ketika SCR berada pada kondisi “ON” dan melewati arus listrik secara forward, maka sinyal Gate akan kehilangan kendali karena adanya latching regenerative dari dua buah transistor internal. Perubahan pada nilai sinyal Gate tidak akan berpengaruh karena SCR telah konduksi dan “ON” sepenuhnya. Untuk dapat mematikan (OFF) SCR, harus dilakukan penghilangan tegangan suplai atau dengan mengurangi tegangan atau arus yang mengalir dengan pembukaan saklar, sehingga nilai arus menjadi kurang dari nilai *minimum holding current*.



Gambar 2.17. Kurva Karakteristik SCR dan Kontrol Fasa SCR

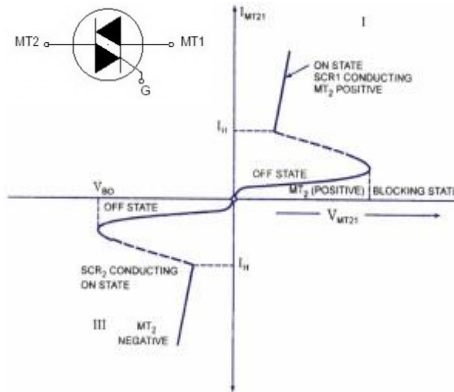
Karena SCR dapat menjadi “OFF” setiap kali nilai arus Anoda kurang dari nilai minimum holding current, maka jika menggunakan suplai AC sinusoidal, SCR akan secara otomatis menjadi “OFF” setiap mencapai lebih dari setengah siklus sinus, dan akan tetap “OFF” sampai terpicu sinyal dari terminal Gate. Karena gelombang sinusoidal AC terus menerus berubah polaritas dari positif ke negatif setiap setengah siklus, memungkinkan SCR untuk menjadi “OFF” pada titik nol 180° dari siklus positif. Dan karena SCR bersifat forward bias, maka sinyal atau pulsa Gate hanya dapat mengaktifkan thyristor ketika gelombang sinus AC bersiklus positif, dan tidak berpengaruh apa-apa ketika siklus negatif. Sehingga dengan menerapkan sinyal Gate pada siklus AC positif, thyristor dapat dipicu menjadi konduksi hingga akhir siklus positif. Dengan demikian, kontrol fase dapat digunakan untuk mengontrol trigger thyristor selama gelombang AC berada pada siklus positif [30], [31].

2.9.2. TRIAC (*Triode from Alternating Current*)

TRIAC merupakan perangkat semikonduktor yang memiliki tiga buah terminal, merupakan thyristor yang dapat digunakan sebagai pengendali arus listrik atau *switching*. Berbeda dengan SCR yang hanya dapat mengalirkan arus listrik secara satu arah, TRIAC dapat mengalirkan arus listrik ke dua arah (*bidirectional*) ketika dipicu. Rangkaian triac dapat tersusun dari dua buah SCR yang disambung secara paralel dengan arah berlawanan. Terminal *Gate* triac hanya membutuhkan arus rendah untuk dapat mengendalikan arus AC yang tinggi dari kedua terminalnya. Triac terdiri dari 4 lapisan semikonduktor, yang memiliki tiga buah terminal, *Main Terminal 1* (MT1), MT2, dan *Gate* [32].

Triac akan tersambung (on) ketika berada di kuadran I yaitu saat arus positif kecil melewati terminal gate ke MT1, dan polaritas MT2 lebih tinggi dari MT1, saat triac terhubung dan rangkaian gate tidak memegang kendali, maka triac tetap tersambung selama polaritas MT2 tetap lebih tinggi dari MT1 dan arus yang mengalir lebih besar dari arus genggamnya (holding current/ I_h), dan triac juga akan tersambung saat arus negatif melewati terminal gate ke MT1, dan polaritas MT1 lebih tinggi dari MT2, dan triac akan tetap terhubung walaupun rangkaian gate tidak memegang kendali selama polaritas MT1 lebih tinggi dari MT2. Selain dengan cara memberi pemicuan melalui terminal gate, triac juga dapat dibuat tersambung (on) dengan cara memberikan tegangan yang tinggi sehingga melampaui tegangan breakover-nya terhadap terminal MT1 dan MT2, namun cara ini tidak diizinkan karena dapat menyebabkan

triac akan rusak. Pada saat triac tersambung (on) maka tegangan jatuh maju antara terminal MT1 dan MT2 sangatlah kecil yaitu berkisar antara 0,5 sampai dengan 2 volt [33], [34].



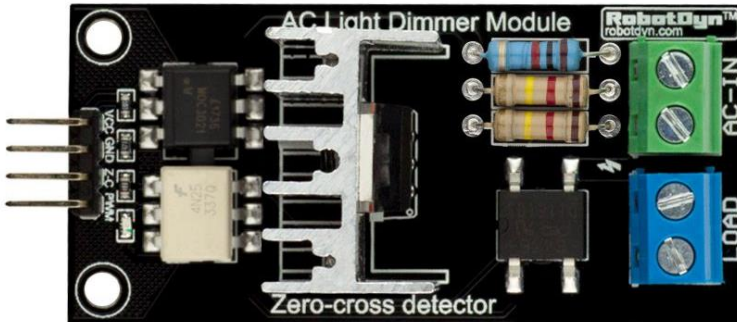
Gambar 2.18. Kurva Karakteristik TRIAC

Kelebihan dari triac merupakan kemampuannya untuk dapat mengalirkan arus listrik dalam dua arah, dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan AC, dan dapat digunakan sebagai antarmuka antara sistem kendali digital dengan tegangan kerja AC. Triac sangat cocok digunakan sebagai saklar AC dikarenakan kemampuannya untuk menerima dan mengalirkan arus bolak-balik AC. Triac sering digunakan sebagai pengatur intensitas lampu, kecepatan kipas angin atau motor AC kecil, dan pengatur peralatan AC lain [35].

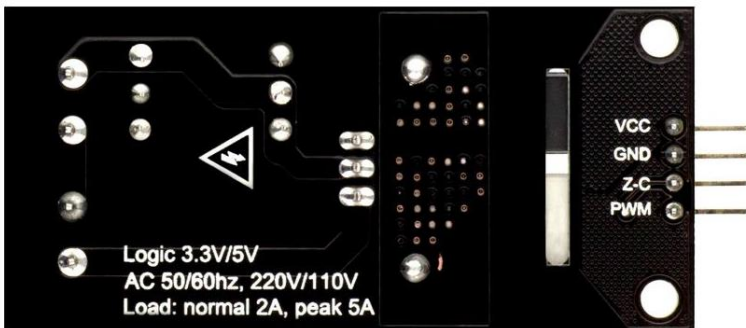
2.10. Modul Dimmer AC

Dimmer AC dirancang untuk dapat mengendalikan tegangan arus bolak-balik, dimana dapat mengalirkan arus hingga 600V/16A, *dimmer* dapat digunakan untuk mematikan dan menyalakan lampu atau peralatan penghasil panas, kipas angin, pompa, dan motor AC lainnya. *Dimmer* juga dapat digunakan untuk secara perlahan mengubah intensitas cahaya lampu. Bagian sumber daya *dimmer* terpisah dari bagian kontrol sehingga tidak dapat mengganggu mikrokontroler dengan gangguan arus tinggi. Modul *dimmer* dapat mentoleransi tegangan logika 3,3Volt dan 5Volt, sehingga dapat dihubungkan dengan mikrokontroler bertegangan logika yang sama. Modul *dimmer* AC memiliki empat pin kontrol yang terdiri

dari VCC, GND, Z-C, dan PWM. *Dimmer* terhubung ke mikrokontroler lewat dua pin digital. Dimana pin Z-C (*Zero Crossing*) digunakan untuk mendeteksi fase nol AC untuk digunakan sebagai sinyal *interrupt* pada mikrokontroler, dan pin PWM sebagai pin kontrol arus AC [36].



Gambar 2.19. Modul *Dimmer* AC Tampak Atas



Gambar 2.20. Modul *Dimmer* AC Tampak Bawah

Dimming atau peredupan dapat dicapai menggunakan *Pulse Skip Modulation*. Metode pertama dapat dilakukan dengan cara mentransfer satu atau lebih siklus (gelombang sinus) ke beban, dengan siklus lainnya diblokir. Metode kedua menggunakan pemindahan sebagian dari setiap gelombang sinus ke beban. Metode ketiga dengan menghasilkan sinyal sinus penuh termodulasi dengan frekuensi berbeda beberapa ratus hertz, metode ini membutuhkan generator AC kuat khusus dengan modulasi yang berbeda. Metode pertama dan kedua merupakan metode termudah

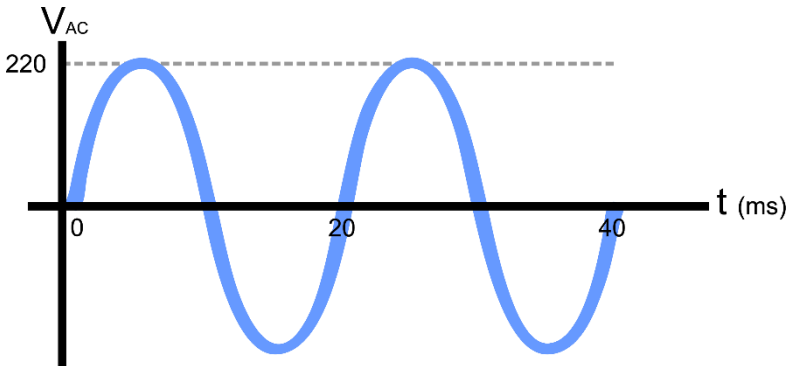
untuk dilakukan dengan memanfaatkan deteksi *zero-crossing* untuk mengendalikan triac [36].

Tabel 2.3. Spesifikasi Modul *Dimmer AC*

Daya	600V - 16A (9600 Watt)
Frekuensi AC	50/60 Hz
TRIAC	BTA16 – 600B
Isolasi	Optokopler
Tegangan Logika	3,3V/5V
Titik Nol <i>Zero-Cross</i>	Tegangan Logika
Modulasi (DIM/PSM)	Tegangan Logika On/Off TRIAC
Arus Sinyal	>10 mA
Arus Operasi	2 mA, puncak 5 mA
Lokasi Penggunaan	Dalam Ruangan dan Luar Ruangan
Temperatur Operasi	-20 °C - 80 °C
Kelembaban Operasi	Kering

Berdasarkan Gambar 2.20. didapatkan arus beban pada kondisi normal sebesar 2A dan arus beban puncak 5A. Maka jika diasumsikan tegangan AC yang digunakan sebesar 220V sesuai dengan jaringan tegangan AC stop kontak, maka daya maksimum dari modul *dimmer AC* dengan sumber AC 220V sebesar ± 1100 Watt.

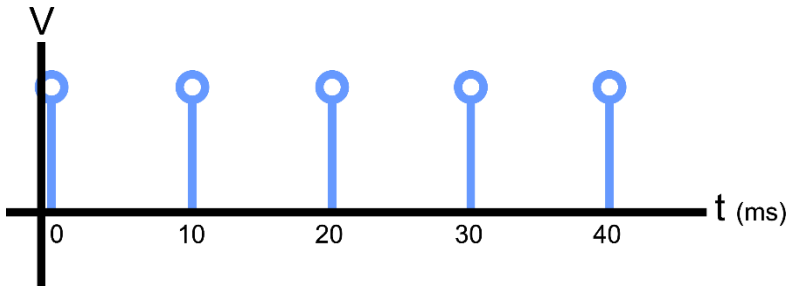
Berikut merupakan ilustrasi cara kerja modul *dimmer AC*.



Gambar 2.21. Sinyal AC Input Modul *Dimmer*

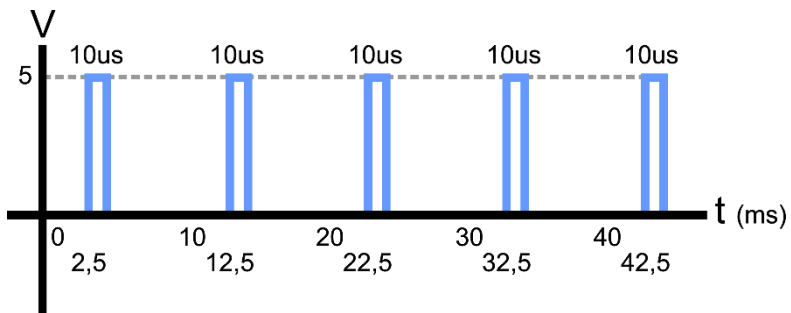
Sinyal sinusoidal AC menjadi input dari modul *dimmer* dimana terlebih dahulu dipecah menjadi dua aliran, yang masuk ke triac untuk menunggu sinyal *trigger*, dan yang masuk ke resistor untuk dikecilkan

nilai tegangan dan arusnya agar tidak merusak komponen lain pada modul. Kemudian sinyal AC akan masuk ke *rectifier* untuk disearahkan agar dapat terbaca oleh IC optokopler 4N25. Setiap kali sinyal AC bernilai nol, maka IC 4N25 akan mengeluarkan sinyal impuls hasil dari deteksi *zero-crossing*. Sinyal impuls tersebut akan menjadi output dari pin Z-C dan nantinya digunakan sebagai sinyal *interrupt* pada mikrokontroler yang digunakan.



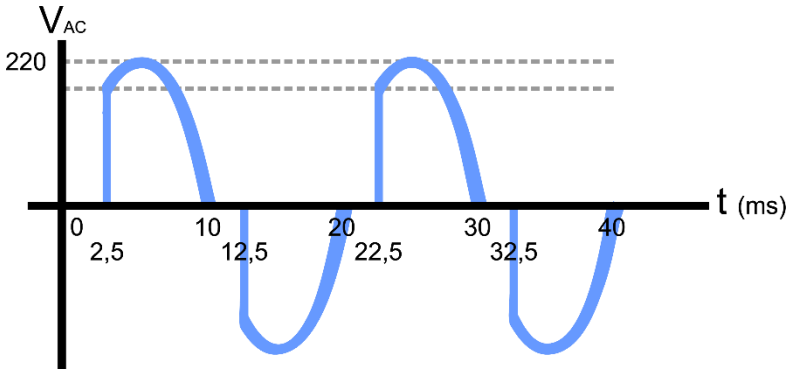
Gambar 2.22. Sinyal Output Pin Z-C

Sinyal yang masuk ke pin PWM merupakan sinyal yang digunakan untuk mengaktifkan (*trigger*) triac yang sebelumnya dimasukkan ke IC MOC3021 terlebih dahulu, dimana sinyal input pin PWM dalam hal ini merupakan tegangan logika dari mikrokontroler. Sinyal yang masuk ke pin PWM dapat diatur lama penundaannya setelah terinterupsi sinyal impuls dari pin Z-C pada mikrokontroler. Pada Gambar 2.23. berikut, sinyal AC diberi penundaan sebesar 2,5 ms oleh pin mikrokontroler, pulsa aktif selama 10us dengan interval setiap sinyal AC bernilai nol.



Gambar 2.23. Sinyal Input Pin PWM

Sehingga ketika sinyal pin PWM sampai pada triac, mengaktifkan Gate triac, maka sinyal sinusoidal AC yang menunggu terbukanya Gate triac akan diteruskan menjadi tegangan AC output modul *dimmer* dengan kondisi terpotong seperti ilustrasi pada Gambar 2.24. sehingga V_{RMS} AC turun sesuai lamanya penundaan sinyal pin PWM.



Gambar 2.24. Sinyal Tegangan AC Output Modul *Dimmer*

Modul *dimmer* AC menggunakan empat buah komponen IC berupa triac BTA16-600B, triac MOC3021, optokopler 4N25, dan penyearah (*rectifier*).

2.10.1. BTA16-600B

BTA16-600B merupakan seri triac yang biasa digunakan untuk mengontrol saklar AC dan dapat digunakan sebagai fungsi *on/off* pada relay statis, pengendalian pemanasan, sirkuit *start* motor induksi, atau kontrol fase operasi pada peredupan cahaya dan pengendalian kecepatan motor. Seri BTA merupakan triac yang tidak memiliki rangkaian snubber sehingga secara khusus direkomendasikan untuk digunakan pada beban induktif, dikarenakan kinerja komutasi yang tinggi. Dengan bantalan keramik internal, seri BTA menyediakan tab berinsulasi senilai 2500Volt sesuai standar UL [37].

2.10.2. MOC3021

Series MOC302X merupakan komponen *driver* triac yang terisolasi secara optik. Komponen ini tersusun dari dioda pemancar inframerah GaAs dan saklar silikon bilateral dengan aktivasi cahaya, yang berfungsi

seperti triac. Komponen ini di rancang sebagai antarmuka antara kontrol elektronika dan triac daya untuk dapat mengendalikan beban resistif dan induktif untuk operasi 240VAC. Memiliki kelebihan stabilitas arus dan degradasi dioda pemancar inframerah yang rendah, serta tegangan isolasi yang tinggi dengan minimum tegangan puncak 7500VAC. Biasa diaplikasikan sebagai *driver* triac, kontrol industri, lampu lalu lintas, kontrol motor, *solid state relay*, dan lainnya [38].

2.10.3. Optokopler 4N25

Series 4N2X terdiri dari 4N25, 4N26, 4N27, dan 4N28. Dimana seri 4N25 merupakan *coupler* fototransistor dengan saluran tunggal berstandar industri. Setiap optokopler terdiri dari LED GaAs inframerah dan fototransistor silicon NPN. Optokopler 4N25 memiliki tegangan isolasi sebesar 5000 Vrms, kapasitansi *input* dan *output* sebesar $< 0,5$ pF sebanyak enam pin. 4N25 dapat diaplikasikan pada sistem deteksi AC, saklar mode sumber tegangan, deteksi dering telepon, logika isolasi *gorund*, dan lainnya [39].

2.11. Blynk

Blynk merupakan platform IoT hardware-agnostik yang dilengkapi dengan aplikasi seluler yang dapat disesuaikan, cloud pribadi, manajemen perangkat, analitik, dan pembelajaran mesin (*machine learning*). Aplikasi Blynk dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat ke cloud, merancang aplikasi untuk mengontrol perangkat, menganalisis data telemetri, dan mengelola produk yang digunakan dalam skala [40].

Selain itu, dengan menggunakan Blynk, akan dapat menghemat biaya integrasi IoT, membuat produk yang lebih baik dengan membuat keputusan berdasarkan data dalam iterasi cepat, mudah digunakan oleh pengembang dengan menyederhanakan teknologi yang kompleks dan membuatnya dapat diakses oleh siapa saja, mencapai pasar lebih cepat, dan siap digunakan dalam skala perusahaan.

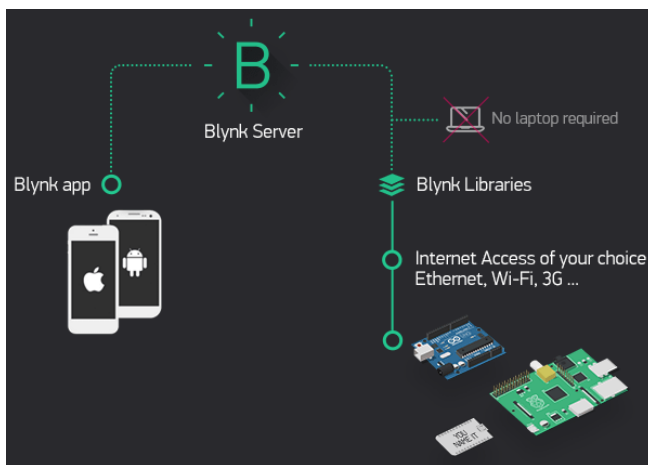
2.11.1. Sumber Terbuka dan Hardware-agnostik

Blynk dapat menghubungkan perangkat untuk membuka dan mengamankan cloud, dengan memilih dari 400 model perangkat keras yang sesuai dan kompatibel dengan Blynk Cloud yang cepat dan bersifat *open-source*. Dapat dengan mudah menghubungkan perangkat melalui WiFi, LTE, 2G-4G, atau ethernet dengan *library* Blynk. Blynk memiliki

pilihan API perangkat keras-*cloud*-aplikasi yang luas, dan dapat memilih dari C++, JS, Python, atau HTTP. Blynk merupakan aplikasi *open-source* yang dapat bekerja dalam skala lokal, *Server* bisnis pribadi, ataupun di host mesin anda. *Server* Blynk langsung dapat digunakan dalam beberapa menit, bersifat *real-time* dan siap untuk mengelola miliaran permintaan dari perangkat tepi.

2.11.2. Komponen Utama

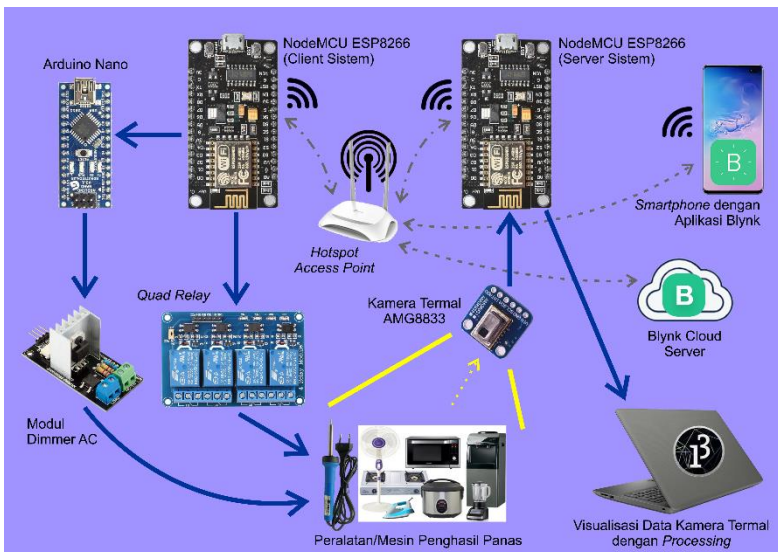
Blynk didesain untuk IoT, dimana Blynk dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, menampilkan data dari sensor, menyimpan data, dan memvisualisasikan data dan lainnya. Terdapat tiga komponen utama pada Blynk, yaitu Aplikasi, *Server*, dan *Library*. Aplikasi Blynk membolehkan pengguna untuk mendesain antarmuka proyek menggunakan bermacam fitur atau *widget* yang disediakan. *Server* Blynk bertanggungjawab atas semua komunikasi antara *smartphone* dengan perangkat keras, dan dapat menggunakan Cloud Blynk sendiri atau membuat server Blynk pribadi dengan Raspberry Pi. *Library* Blynk menyediakan perintah program untuk banyak perangkat keras dan memungkinkan komunikasi dengan server dan memproses semua perintah yang masuk dan keluar. Setiap kali tombol virtual Blynk pada *smartphone* ditekan, maka perintah terkirim ke Cloud Blynk, kemudian langsung diteruskan ke perangkat keras, begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.25. Koneksi Blynk

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini dijelaskan perancangan sistem secara keseluruhan. Alat yang dirancang bertujuan untuk membuat sebuah sistem keamanan peralatan dengan menggunakan kamera termal AMG8833 sehingga dapat memonitor peralatan elektronik atau mesin yang menghasilkan panas dan dapat memutuskan suplai daya pada peralatan yang mengalami kelebihan temperatur (*overheat*). Menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama pembacaan data kamera termal dan pendeteksian peralatan yang *overheating*, NodeMCU juga digunakan sebagai komunikasi IoT antara sistem deteksi dan sistem aktuator (NodeMCU client dan *Relay*), serta pengiriman data dan notifikasi lewat NodeMCU (*Server*) pada sistem deteksi.

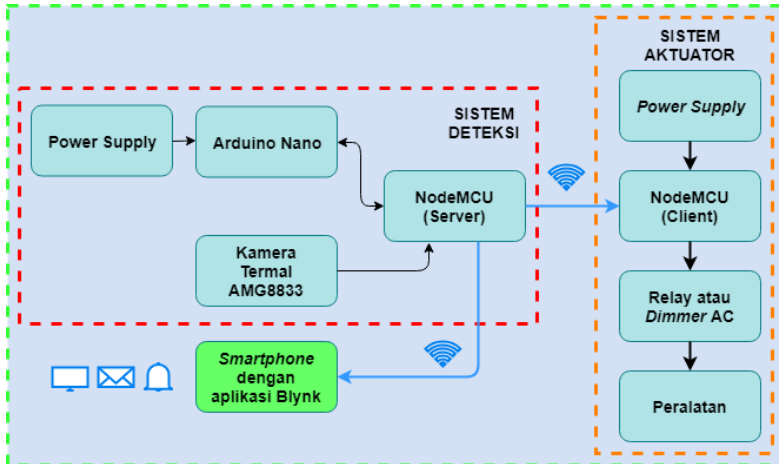


Gambar 3.1. Skema Sistem Keseluruhan

3.1. Diagram Blok Sistem

Sistem ini terdiri dari dua buah subsistem yang terhubung secara *wireless* menggunakan NodeMCU sebagai *Server* dan *Client*. Pada subsistem Deteksi terdiri dari Arduino Nano, Kamera Termal AMG8833,

dan NodeMCU (*Server*). Sedangkan pada subsistem aktuator, terdiri dari NodeMCU (*Client*), Relay, dan Modul *Dimmer AC*. *Hotspot* Wi-Fi yang digunakan di dalam sistem sebagai koneksi pada kedua NodeMCU ESP8266 dan Smartphone merupakan *Hotspot* yang dihasilkan oleh *Smartphone* dengan aplikasi Blynk yang digunakan. Diagram blok dari sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem

Bagian-bagian pada blok diagram terdiri dari:

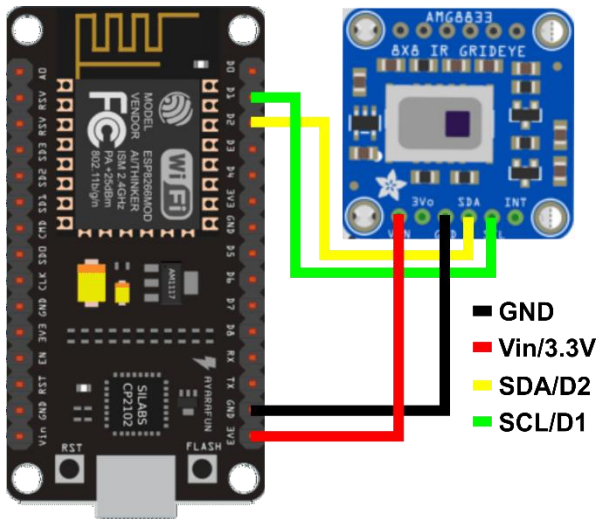
- *Power Supply*
Daya yang dibutuhkan sistem dihasilkan oleh adaptor $5V_{DC}$ untuk Arduino Nano, dan $3,3V_{DC}$ untuk NodeMCU.
- Arduino Nano
Arduino Nano berperan sebagai perangkat keras yang menerima input dari NodeMCU ESP8266 (client) yang berfungsi untuk mengendalikan tegangan yang dihasilkan oleh modul dimmer AC, dan menerima data dari koneksi serial Tx/Rx dengan NodeMCU ESP8266 (server), dan meneruskannya ke aplikasi *Processing* pada laptop lewat kabel USB, untuk memvisualisasikan data dari kamera termal.
- Sensor Kamera Termal AMG8833
Sensor AMG8833 berfungsi sebagai pendeteksi temperatur peralatan yang mengalami kelebihan temperatur (*overheat*), dan temperatur lainnya yang tertangkap kamera termal.

- NodeMCU ESP8266
Berfungsi sebagai mikrokontroler utama dan komunikasi IoT antara sistem deteksi dengan sistem aktuator, dimana data temperatur yang didapat dari kamera termal diproses dalam NodeMCU dan dikirim ke Arduino Nano dan NodeMCU lain, yang kemudian dikirim via WiFi dalam bentuk string ke NodeMCU (*Client*). Data perintah yang diterima oleh NodeMCU (*Client*) kemudian dieksekusi dengan mengirimkan sinyal ke relay yang terhubung dengan peralatan yang harus dimatikan. NodeMCU (*Server*), yang terhubung langsung ke kamera termal, juga akan mengirimkan data yang telah diproses, ke *smartphone* via WiFi melalui aplikasi Blynk pada *smartphone*.
- Relay
Digunakan sebagai aktuator untuk mematikan peralatan yang mengalami kelebihan temperatur sesuai perintah sinyal dari NodeMCU (*Client*).
- *Dimmer* AC MOC3021
Digunakan sebagai aktuator untuk mengendalikan tegangan dan arus AC yang masuk ke peralatan seperti motor AC yang mengalami kelebihan temperatur sesuai perintah sinyal dari NodeMCU (*Client*).
- Aplikasi Blynk pada *Smartphone*
Data yang diterima oleh *smartphone* akan di tampilkan pada fitur terminal Blynk, dimana terminal pada *smartphone* bertindak sebagai *interface*. Data yang dikirimkan oleh NodeMCU (*Server*) juga mengandung notifikasi lewat aplikasi Blynk itu sendiri dan juga notifikasi lewat *e-mail* secara instan, tergantung dari koneksi internet.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras pada tugas akhir meliputi koneksi Arduino, termal kamera AMG8833, 2 buah NodeMCU ESP8266, relay, dan modul *dimmer* AC. Koneksi antara Kamera Termal AMG8833 dan NodeMCU ESP8266 (server) merupakan Sistem Deteksi yang berfungsi untuk mendeteksi temperatur peralatan dan mengirimkan perintah ke NodeMCU (client) sesuai dengan hasil pengolahan data kamera termal, ditambah dengan Arduino Nano yang terhubung dengan NodeMCU (server) untuk meneruskan data kamera termal ke *Processing*. Sedangkan koneksi antara NodeMCU (client), Arduino Nano, Quad Relay, dan Modul *Dimmer* AC merupakan Sistem Aktuator yang berfungsi untuk menjalankan perintah dari NodeMCU(server).

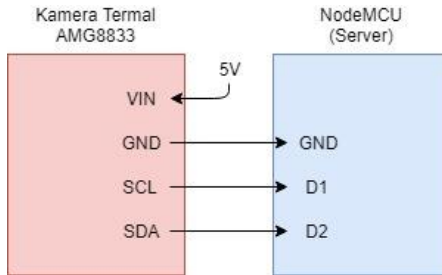
Gambar skema rangkaian Sistem Deteksi dapat dilihat pada Gambar 3.3. dan untuk gambar rangkaian Sistem Aktuator pada Gambar 3.6.



Gambar 3.3. Skema Rangkaian Sistem Deteksi

3.2.1. Pembacaan Kamera Termal AMG8833

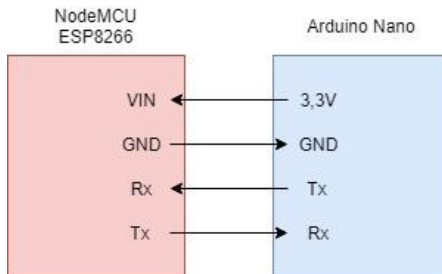
Kamera termal AMG8833 memiliki *library* khusus pada platform Arduino, dimana nilai temperatur tiap piksel sejumlah 64 piksel telah terkalibrasi di dalam *library* “Adafruit_AMG88xx.h”, sehingga untuk membaca dan menampilkan nilai kamera termal hanya cukup dengan memanggil nilai piksel nya (0-63). Kecepatan pembacaan data temperature tiap piksel AMG8833 dapat diatur dengan jangkauan 1 FPS – 10 FPS. Dimana jika menggunakan 10FPS maka nilai yang terbaca akan sangat fluktuatif dan terus berubah-ubah. Sedangkan dengan 1 FPS, nilai temperatur yang terbaca jauh lebih stabil, sehingga digunakanlah kecepatan 1 FPS agar mempermudah pembacaan dan pengiriman nilai temperatur tiap piksel. Kamera termal AMG8833 digunakan sebagai sensor temperatur dengan area 8x8 piksel, dimana masing-masing piksel dapat digunakan secara terpisah untuk menjadi lokasi tertentu pengukuran temperatur. Kamera Termal terhubung langsung dengan NodeMCU ESP8266 lewat pin SCL dan SDA, sehingga data yang didapat oleh kamera termal dapat langsung diproses.



Gambar 3.4. Antarmuka AMG8833 dengan NodeMCU ESP8266

3.2.2. NodeMCU (*Server*) dengan Arduino Nano

NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang memproses data temperatur yang didapat oleh kamera termal, yang kemudian dikirim ke Arduino Nano via pin Rx dan Tx untuk selanjutnya dapat di proses oleh Aplikasi *Processing* pada laptop. Arduino Juga digunakan sebagai power supply untuk NodeMCU dan Kamera Termal, karena langsung terhubung dengan laptop lewat kabel USB yang memungkinkan pengiriman data yang diperoleh Arduino dari NodeMCU ke *Processing*, untuk memvisualisasikan data temperatur yang didapat oleh kamera termal.



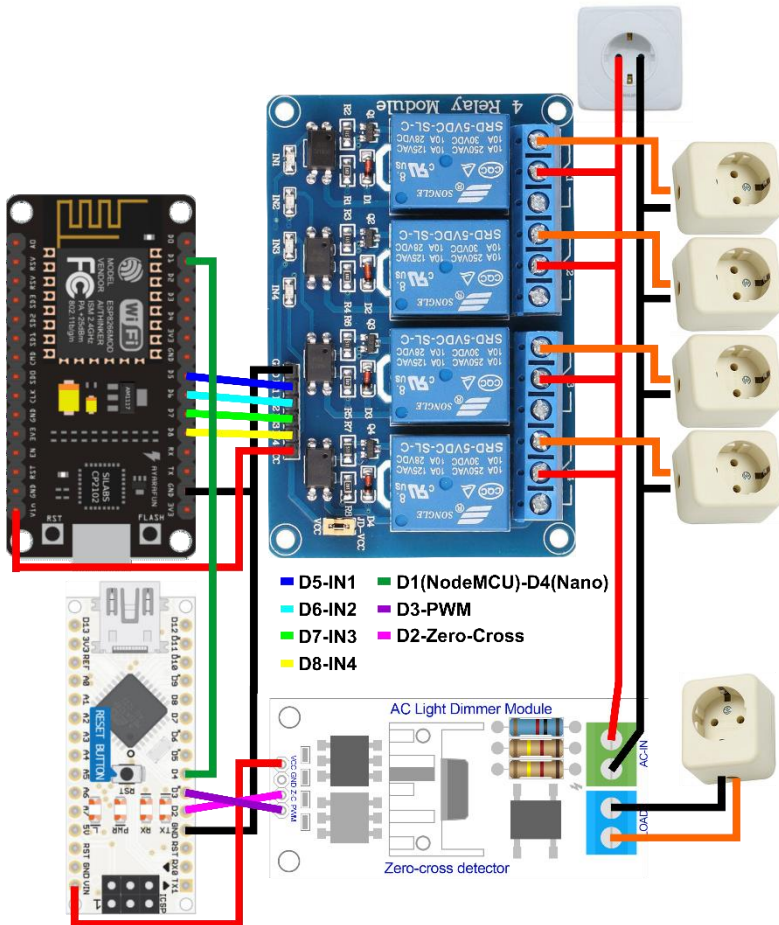
Gambar 3.5. Antarmuka NodeMCU ESP8266 dengan Arduino Nano

3.2.3. NodeMCU (*Server*) dengan NodeMCU (*Client*)

Dikarenakan komunikasi antara sistem deteksi dan sistem aktuator dibutuhkan secara *wireless*, maka NodeMCU yang terhubung langsung dengan kamera termal AMG8833 dijadikan sebagai *Server* pada koneksi WiFi antara kedua NodeMCU yang dipakai. Data kondisi hasil proses kamera termal dikirim oleh NodeMCU (*Server*) ke NodeMCU (*Client*)

untuk nantinya proses.

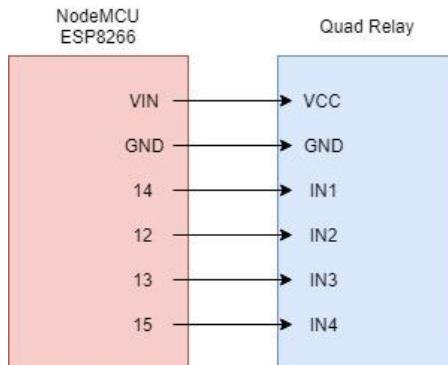
Berikut merupakan ilustrasi skema rangkaian Sistem Aktuator yang terdiri dari NodeMCU (client), Arduino Nano, Quad Relay, dan Modul Dimmer AC, pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Skema Rangkaian Sistem Aktuator

3.2.4. NodeMCU (*Client*) dengan Quad Relay

NodeMCU (*Client*) digunakan sebagai penerima data dari NodeMCU (*Server*) yang terhubung dengan Arduino Nano. NodeMCU (*Client*) berfungsi untuk menjalankan perintah yang dikirimkan oleh Arduino nano lewat koneksi WiFi antar NodeMCU, dimana perintah berbentuk kondisi atau kode, sehingga NodeMCU (*Client*) juga berperan memproses perintah sistem deteksi untuk memilih relay yang tepat dan yang terhubung dengan peralatan yang terdeteksi mengalami kelebihan temperatur. Quad Relay yang terhubung dengan NodeMCU (*Client*) memiliki empat buah relay terpisah yang masing-masing dapat dikontrol oleh pin output NodeMCU (*Client*). Pin output NodeMCU yang terhubung dengan relay memiliki nilai 3,3Volt yang cukup untuk menjalankan switch pada relay.

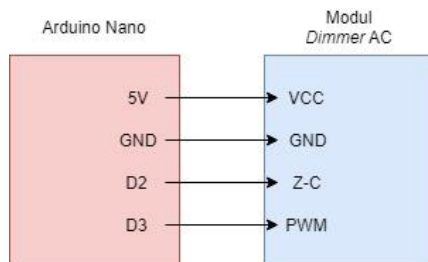


Gambar 3.7. Antarmuka NodeMCU (*Client*) dengan Quad Relay

3.2.5. Arduino Nano dengan Modul *Dimmer* AC

NodeMCU (*Client*) juga digunakan sebagai pengirim perintah kepada Arduino Nano yang terhubung dengan Modul *Dimmer* AC. Arduino terhubung dengan NodeMCU (*Client*) lewat pin digital D4. Arduino Nano berfungsi ini berfungsi sebagai mikrokontroler utama untuk mengendalikan modul *dimmer* AC. Dimana input *interrupt* dari pin *zero-cross dimmer* digunakan sebagai penanda deteksi titik nol gelombang AC, sehingga pada Arduino dapat deprogram nilai *delay* yang diperlukan untuk mengatur PWM dari arus sinus AC yang akan diteruskan ke peralatan. Dimana modul *dimmer* menggunakan triac sehingga tegangan dan arus beban hanya akan berubah ketika terdeteksi

interrupt pada Arduino dan diberikannya output perubahan *delay* PWM pada pin PWM modul.



Gambar 3.8. Antarmuka Arduino Nano dengan Modul *Dimmer* AC

3.2.6. Quad Relay

Papan Quad Relay terdiri dari empat buah relay yang masing-masing dapat dikontrol secara terpisah sesuai pin input IN1 sampai IN4. Papan Quad Relay juga dilengkapi LED indicator untuk setiap Relay, dimana LED akan menyala jika input IN bernilai LOW, dan mati jika input bernilai HIGH.

Rangkaian kabel konektor yang menghubungkan relay dengan peralatan dihubungkan secara *normally closed*, dimana semua peralatan yang terhubung dengan kontak akan menyala, dimana merupakan keadaan normal rangkaian tersebut. Sehingga jika relay diaktifkan, maka switch pada relay akan terputus sehingga peralatan yang terhubung dengan kontak akan mati.

3.2.7. Modul *Dimmer* AC

Modul *dimmer* AC digunakan sebagai aktuator kedua pada sistem yang berfungsi untuk mengendalikan tegangan dan arus yang diteruskan ke peralatan berupa motor AC. Pengendalian tegangan dan arus dilakukan dengan cara menggunakan deteksi *zero-cross* pada tiap titik nol sinyal AC, sehingga dapat digunakan sebagai *interrupt* pada Arduino Nano untuk menandakan berapa lama delay yang dibutuhkan untuk menentukan nilai PWM yang dihasilkan oleh modul *dimmer*, sehingga dapat mengatur besar tegangan dan arus yang diteruskan ke peralatan.

3.2.8. Arduino Nano

Arduino Nano hanya digunakan sebagai buffer untuk proses

visualisasi data kamera termal dimana data diterima dari NodeMCU (*Server*) lewat serial. Data temperatur yang didapat oleh Arduino kemudian dikirimkan ke laptop untuk selanjutnya di proses oleh aplikasi *Processing* sehingga dapat memvisualisasikan 64 data temperatur menjadi gambar piksel 8x8. Dikarenakan Arduino Nano terhubung ke laptop via kabel USB, maka Nano juga digunakan sebagai sumber daya bagi NodeMCU (*Server*) dan Kamera Termal AMG8833, karena AMG8833 membutuhkan Vin sebesar 5 Volt, sedangkan daya yang disediakan oleh pin output NodeMCU hanya sebesar 3,3 Volt. Pin 3,3 Volt pada Arduino Nano dijadikan sumber daya bagi NodeMCU (*Server*).

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada tugas akhir ini meliputi pembacaan kamera termal AMG8833, pendeteksian temperatur peralatan berlebih, pengiriman dan pembacaan data dari NodeMCU, proses data pada NodeMCU, pengaturan NodeMCU sebagai *Server* dan *Client*, pengiriman dan pembacaan data antar NodeMCU lewat WiFi, pernyataan kondisi pin output NodeMCU yang terhubung dengan Quad Relay, pengaturan koneksi NodeMCU(*Client*) dengan aplikasi smartphone “Blynk”, dan proses pengiriman notifikasi, email, dan data ke fitur terminal aplikasi Blynk.

3.3.1. Pembacaan Kamera Termal AMG8833

Pembacaan Kamera termal dipermudah dengan adanya *library* khusus Kamera Termal Adafruit AMG8833 pada Arduino IDE. Dimana data mentah sebanyak 64 nilai temperatur berukuran 8x8 piksel yang didapatkan dari thermistor pada kamera termal di proses terlebih dahulu oleh *library* AMG8833, dimana nilai yang didapatkan dikalibrasi dan disimpan dalam array sehingga mempermudah pengambilan nilai temperatur dari ke 64 jumlah nilai temperatur dalam array tersebut. Untuk dapat mengakses temperatur yang didapat oleh kamera termal AMG8833 cukup memasukan *library* AMG8833 dan mengaktifkannya. Pada Gambar 3.7 dapat dilihat program pembacaan temperatur yang didapat oleh AMG8833.

```

#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_AMG88xx.h>

Adafruit_AMG88xx amg;
float pixels[AMG88xx_PIXEL_ARRAY_SIZE];
void cetakdata();
void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  if (!amg.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid AMG88xx sensor");
    while (1);
  }
}

void loop() {
  amg.readPixels(pixels);
  delay(500);
  cetakdata();
}

```

Gambar 3.9. Program Pembacaan Nilai Temperatur dari Kamera Termal

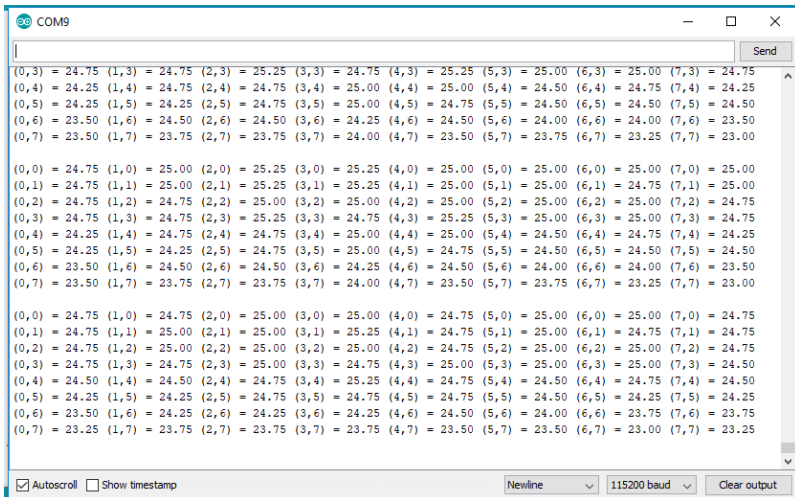
Untuk mempermudah pembacaan nilai temperatur dari 64 piksel yang tersedia, data temperatur di cetak ke serial monitor pada Arduino IDE dengan bentuk array 8x8 seperti pada Gambar 3.9. dengan program seperti pada Gambar 3.8.


```

void cetakdata(){
    int count = 0;
    Serial.println();
    for(int i=0; i<8; i++){
        for(int j=0; j<8; j++){
            Serial.print("(");
            Serial.print(j);
            Serial.print(",");
            Serial.print(i);
            Serial.print(") = ");
            Serial.print(pixels[count]);
            Serial.print(" ");
            count++;
        }
        Serial.println();
    }
    Serial.println();
}

```

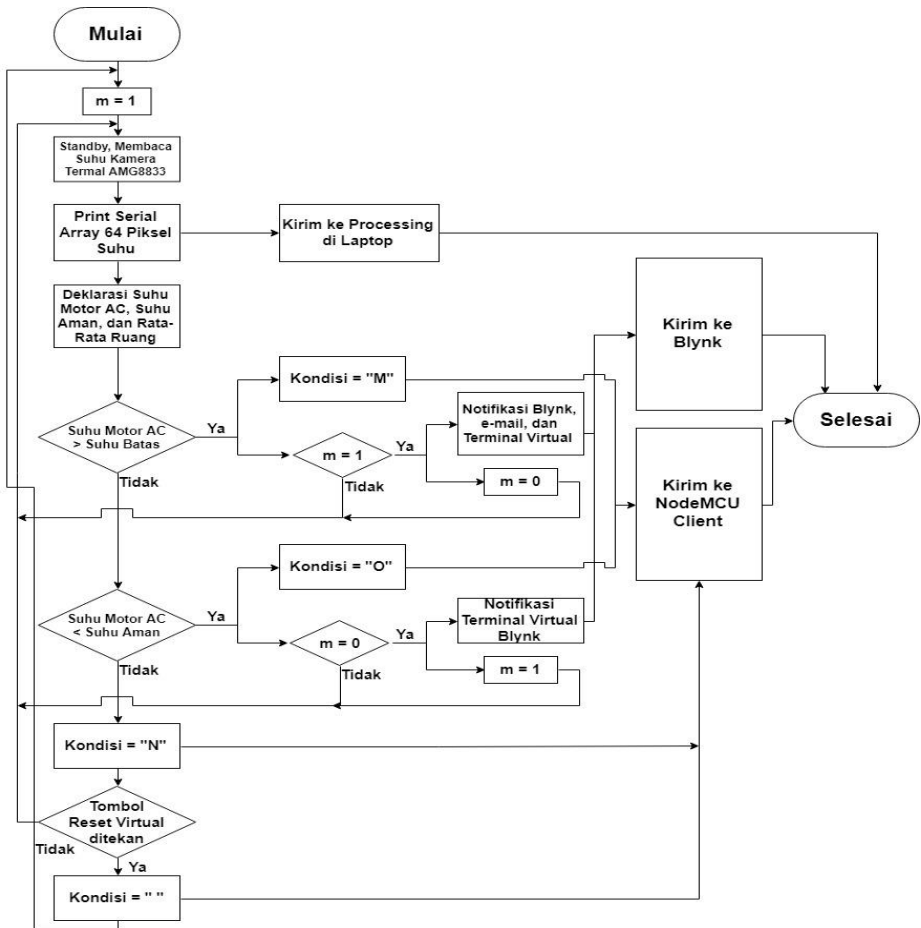
Gambar 3.10. Program Pencetakan Data Temperatur



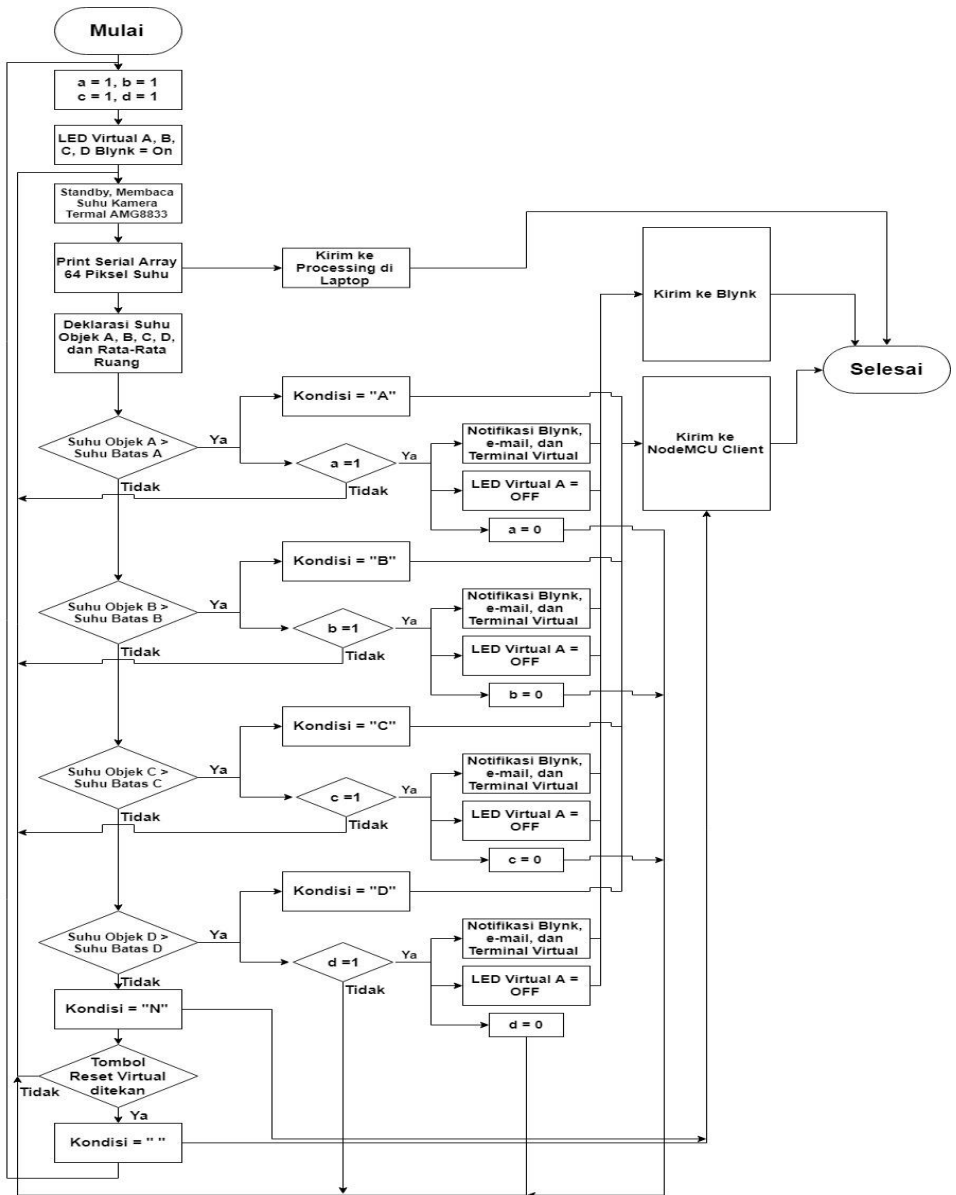
Gambar 3.11. Hasil Pencetakan Data Temperatur

3.3.2. Sistem Deteksi

Data temperatur yang didapatkan oleh kamera termal diproses oleh NodeMCU ESP8266. Dimana nantinya dipilih nilai-nilai piksel yang menandakan lokasi peralatan yang diawasi oleh sistem keamanan, beserta batasan temperatur yang ditoleransi. Sehingga hasil dari pengamatan data dapat diubah menjadi perintah dan dapat dikirim ke sistem aktuator lewat koneksi WiFi antara dua NodeMCU.



Gambar 3.12. Flowchart Pendeteksian Peralatan Overheat A



Gambar 3.13. Flowchart Pendeteksian Peralatan Overheat B

Pada Gambar 3.10. digunakan aktuator berupa *dimmer* AC dan sistem dirancang untuk dapat menurunkan kecepatan motor ketika motor AC mengalami kelebihan temperatur, dan akan meningkatkan kembali kecepatan motor bila terdeteksi temperatur motor telah menurun kurang dari batas yang ditentukan. Sedangkan pada Gambar 3.11. digunakan aktuator berupa relay sehingga hanya cukup mendeteksi kelebihan temperatur pada peralatan untuk dapat mematikan dan memutuskan sumber tegangan peralatan tersebut.

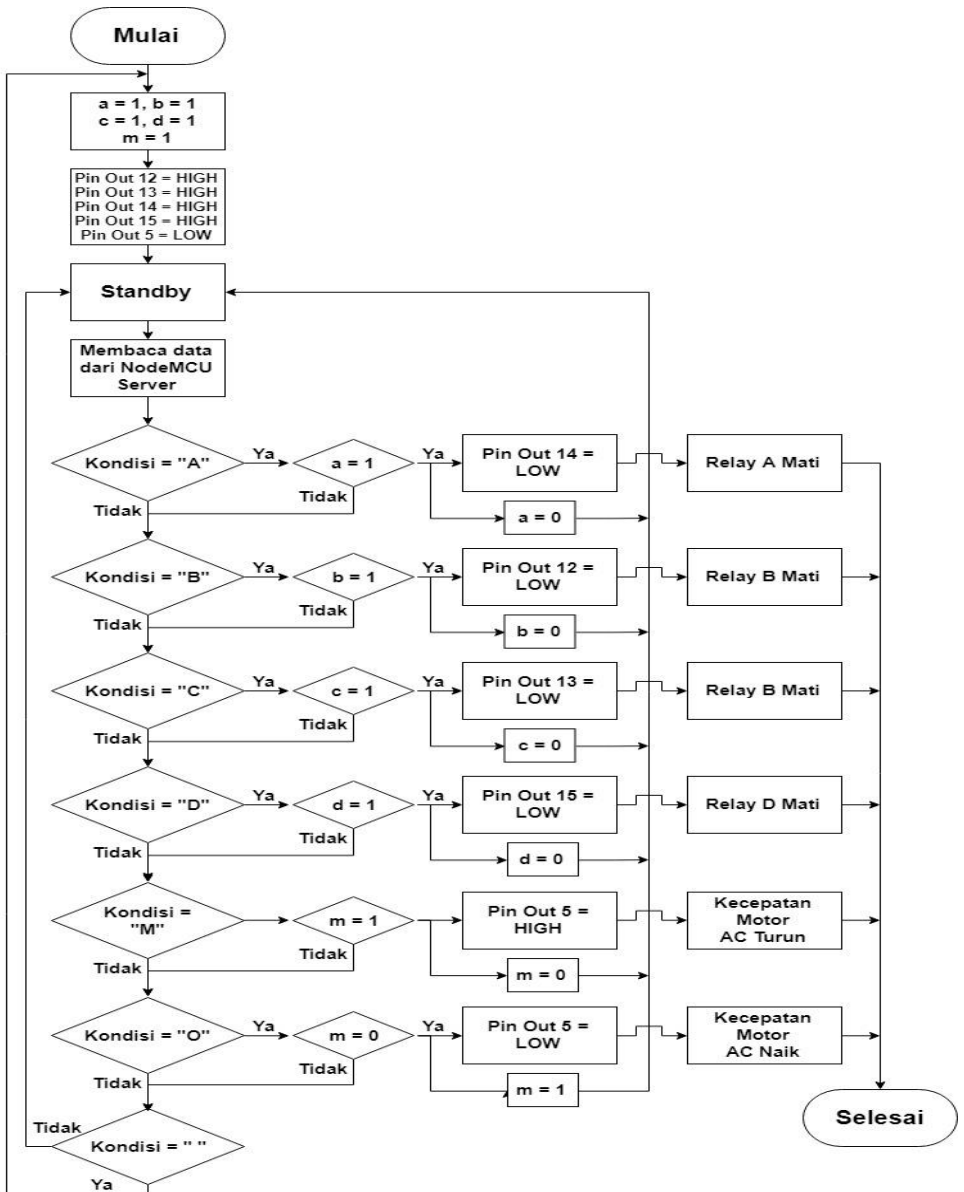
3.3.3. Pembacaan Data dari NodeMCU (*Server*) oleh NodeMCU (*Client*)

NodeMCU (*Client*) membaca data yang dikirim via WiFi oleh NodeMCU (*Server*), dimana data yang didapat berupa kondisi, yang nantinya diproses untuk menentukan relay mana yang harus dimatikan untuk dapat mengatasi kelebihan temperature pada alat yang terdeteksi sistem deteksi.

Berikut adalah Kondisi yang proses oleh NodeMCU (*Server*) untuk menentukan peralatan yang harus dimatikan:

- “N” : Kondisi normal, tidak ada alat yang perlu dimatikan.
- “A” : Objek A mengalami kelebihan temperatur dan harus dimatikan.
- “B” : Objek B mengalami kelebihan temperatur dan harus dimatikan.
- “C” : Objek C mengalami kelebihan temperatur dan harus dimatikan.
- “D” : Objek D mengalami kelebihan temperatur dan harus dimatikan.
- “M” : Motor AC mengalami kelebihan temperatur dan harus diturunkan kecepatannya.
- “O” : Temperatur Motor AC sudah lebih rendah dari batas aman, maka kecepatan motor kembali dinaikkan.
- “” : Status *Server* sedang restart, maka sistem *Client* juga restart.

Detail algoritma program sistem aktuator dapat dilihat pada Gambar 3.12. berikut.



Gambar 3.14. Flowchart Pembacaan Data pada NodeMCU (Client)

3.3.4. Pengaturan Kecepatan Motor AC dari Arduino Nano Lewat Modul *Dimmer* AC

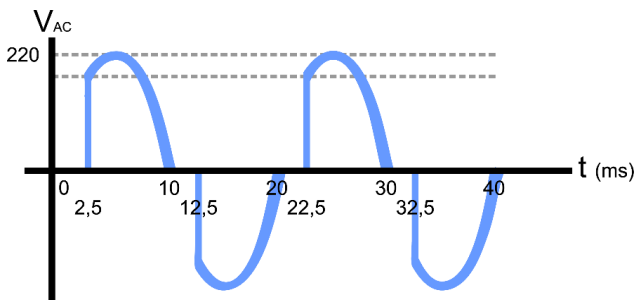
Deteksi *zero-cross* digunakan pada modul *dimmer* AC untuk mendeteksi titik nol sinyal AC dan dikirimkan sebagai sinyal *interrupt* ke Arduino Nano, sehingga dapat dengan cepat dan tepat menentukan besarnya penundaan untuk mengaktifkan triac, yang dibutuhkan untuk mengatur tegangan dan arus yang diteruskan ke peralatan. Dimana pada modul *dimmer* AC, sinyal AC yang digunakan memiliki frekuensi sebesar 50Hz, sehingga didapatkan periode setengah siklus AC sebesar 10ms atau 10.000us. Untuk mempermudah penentuan lamanya penundaan yang dibutuhkan, dibuat terlebih dahulu integer jangkauan (*range*) dari 0-128. $(10000us - 10us)$

$$\frac{10000us - 10us}{128} \cong 75 \tag{3.1}$$

Agar nilai integer yang digunakan aman dan tidak melebihi periode siklus, terlebih dahulu mengurangi periode dan kemudian dibagi dengan skala jangkauan yang diinginkan, sehingga didapatkan nilai yang dibulatkan menjadi 75 agar lebih mudah untuk perhitungan. Sehingga didapatkan nilai maksimum integer sebesar 133, dari 10000us/75. Sehingga didapatkan rumus lamanya delay sebesar :

$$dimtime = (75 \times (133 - (range))) \tag{3.2}$$

Sehingga ketika menggunakan nilai jangkauan terbesar yaitu 128, masih terdapat sisa 5 integer dan tidak melebihi total periode setengah siklus AC. Dan semakin kecil nilai integer jangkauan yang digunakan, maka semakin lama penundaan pengaktifan *Gate* triac, sehingga semakin kecil V_{RMS} AC yang dihasilkan oleh modul *dimmer*. Program penentuan integer *range* dan lamanya penundaan yang dibutuhkan untuk pengaturan tegangan keluaran dari modul *dimmer* AC dapat dilihat pada Gambar 3.13. berikut.



Gambar 3.15. Program *Dimming* Tegangan dan Arus AC

```

void zero_crosss_int()
{
    int dimtime = (75*(133-dimming));
    delayMicroseconds(dimtime);
    digitalWrite(pwmPin, HIGH);
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(pwmPin, LOW);
}

void loop() {
    if((digitalRead(nodeMCUpin)==HIGH) && (m==1)) {
        dimming = 40;
        m = 0;
    }
    if((digitalRead(nodeMCUpin)==LOW) && (m==0)) {
        dimming = 100;
        m = 1;
    }
}

```

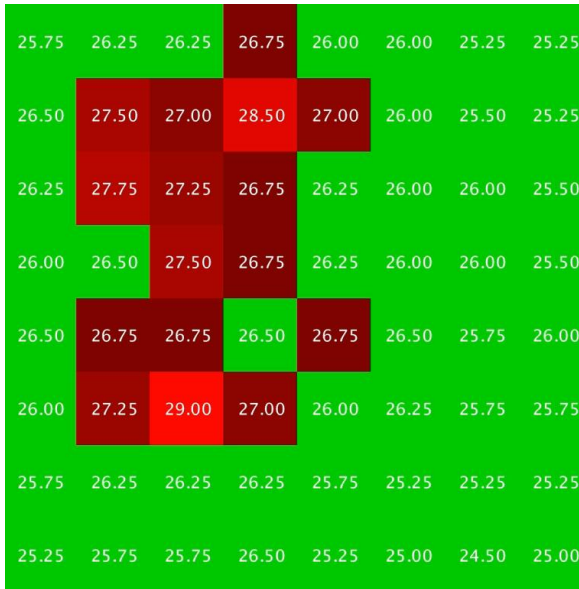
Gambar 3.16. Program *Dimming* Tegangan dan Arus AC

3.3.5. Visualisasi Data Kamera Termal

Setelah data temperatur dari kamera termal diproses oleh NodeMCU (*Server*), untuk lebih memperjelas kondisi peralatan dan secara mudah menjelaskan apa yang terjadi di secara visual, maka data temperatur 64 array dikirim oleh NodeMCU ke Arduino Nano, untuk selanjutnya dikirim ke aplikasi *Processing* pada laptop lewat kabel USB. Data yang didapat dicetak pada *processing* dengan urutan array piksel seperti tabel berikut.

Tabel 3.1. Pengurutan Nomor Piksel pada Aplikasi *Processing*

7	15	23	31	39	47	55	63
6	14	22	30	38	46	54	62
5	13	21	29	37	45	53	61
4	12	20	28	36	44	52	60
3	11	19	27	35	43	51	59
2	10	18	26	34	42	50	58
1	9	17	25	33	41	49	57
0	8	16	24	32	40	48	56



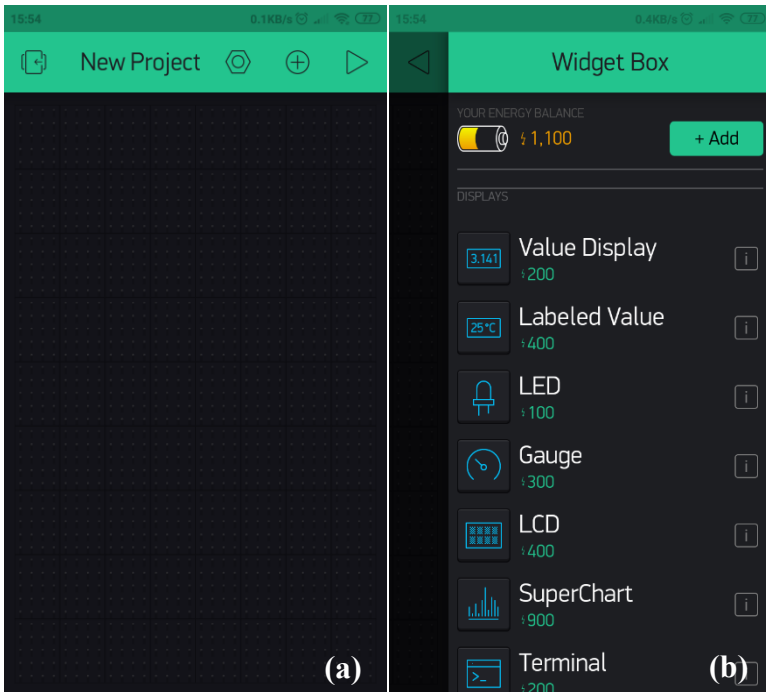
Gambar 3.17. Visualisasi Data Temperatur dengan *Processing*

3.3.6. Tampilan Aplikasi Blynk pada *Smartphone*

Tampilan Blynk merupakan *interface* dari sistem keamanan peralatan yang terdapat pada *smartphone*, dimana dengan menggunakan aplikasi Blynk, dapat memonitor kondisi temperatur peralatan, dan mampu mendapatkan notifikasi dari sistem baik secara notifikasi aplikasi, *e-mail*, ataupun data serial dari terminal virtual Blynk. Di dalam Arduino IDE sudah tersedia *library* khusus dari Blynk, dimana untuk bisa mengkoneksikan alat dengan Blynk diperlukan ID dan Password WiFi beserta kode otoritas yang disediakan untuk tiap pengguna dari Blynk, sehingga dapat menghubungkan program dengan aplikasi Blynk di *smartphone*. Kode otoritas juga digunakan sebagai pembeda projek yang terhubung dengan Blynk. Untuk menggunakan fitur yang tersedia pada aplikasi Blynk, cukup memencet tombol informasi pada halaman fitur dimana tersedia kode pemrograman untuk tiap fitur.

Ketika pertama membuka Blynk, harus terlebih dahulu membuat akun yang terhubung dengan email. Ketika membuat projek baru, maka akan muncul pilihan mikrokontroler yang digunakan pada projek, dan

setelah dipilih akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.18.(a), dan akan muncul notifikasi dari Blynk dimana akan dikirimkan kode otentifikasi proyek untuk digunakan sebagai alamat proyek yang dimasukkan pada program. Untuk menambahkan *widget* atau fitur baru dapat menekan symbol *plus* (+) di kanan atas, sehingga menampilkan antarmuka seperti Gambar 3.18.(b). Terdapat berbagai macam pilihan *widget* mulai dari tombol, *display*, virtual serial monitor, notifikasi, dan lainnya. Pada awal penggunaan Blynk, pengguna disediakan beberapa ribu poin energi, yang digunakan untuk menambah *widget*. Jika poin energi tidak mencukupi maka dapat membeli poin energi dengan menekan tombol +Add dengan harga bermacam-macam.

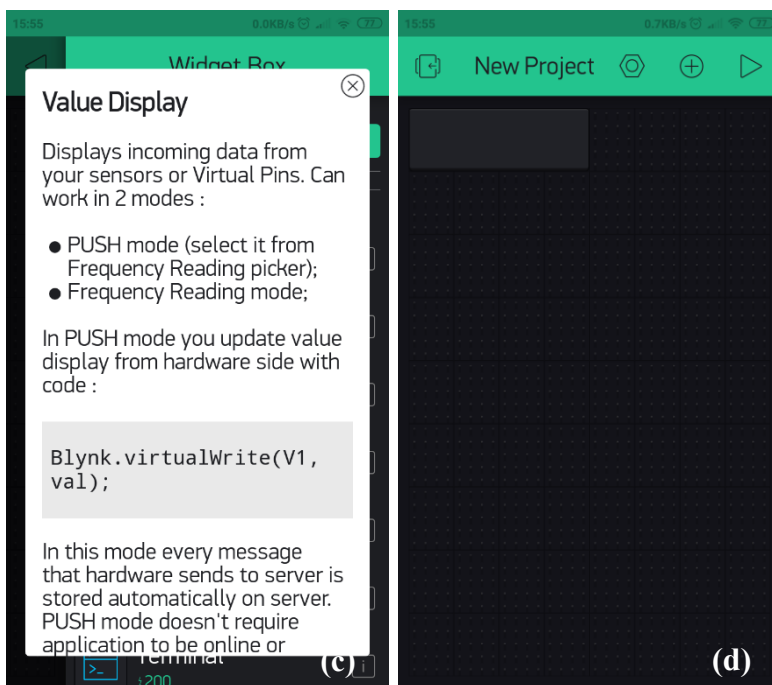


Gambar 3.18. Tampilan Antarmuka Blynk (a) dan (b)

Untuk mengetahui fungsi dari tiap *widget*, dapat menekan tombol kotak dengan huruf [i] di samping kanan tiap *widget*. Ketika ditekan, Blynk akan menampilkan informasi mengenai *widget* tersebut beserta

program Arduino IDE yang dapat digunakan untuk dapat mengakses dan menalakan *widget* tersebut, seperti pada Gambar 3.19.(c). Setelah memilih *widget*, maka *widget* yang dipilih akan muncul pada antarmuka Blynk seperti Gambar 3.19.(d) dan poin energi akan berkurang sesuai harga energi *widget*.

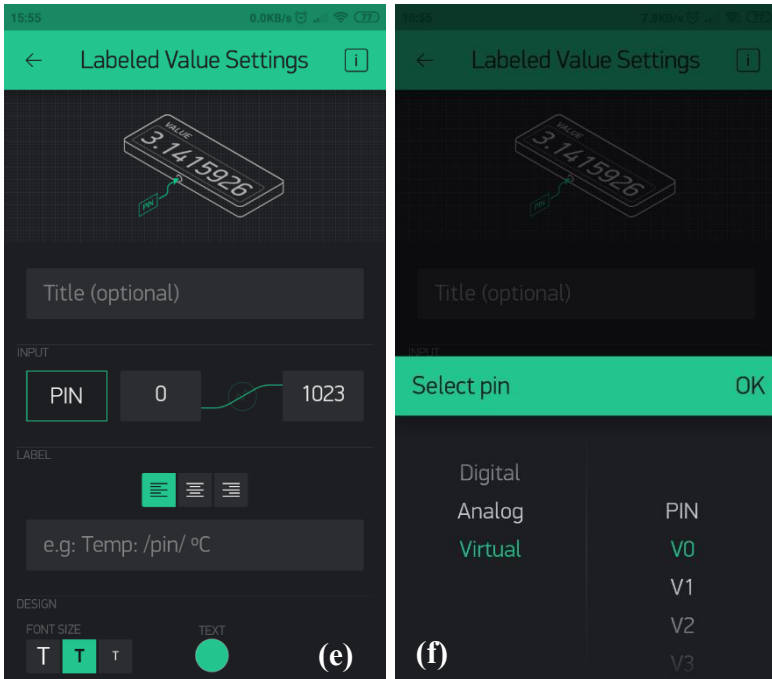
Widget yang penulis gunakan untuk demonstrasi merupakan *widget* “*Labeled Value*” dimana fitur tersebut dapat menampilkan data dari Arduino IDE dengan satuan yang dapat kita atur. Untuk mengatur *widget* agar dapat bekerja, dapat dilakukan dengan menekan *widget* sekali, yang kemudian akan memunculkan tampilan seperti Gambar 3.20.(e). Dapat mengatur nama *widget*, pin, *range* atau jangkauan integer, ukuran teks, warna, dan satuan dari *widget*.



Gambar 3.19. Tampilan Antarmuka Blynk (c) dan (d)

Untuk dapat menghubungkan *widget* dengan program sehingga dapat menerima data, terlebih dahulu mengatur pin yang digunakan oleh *widget*,

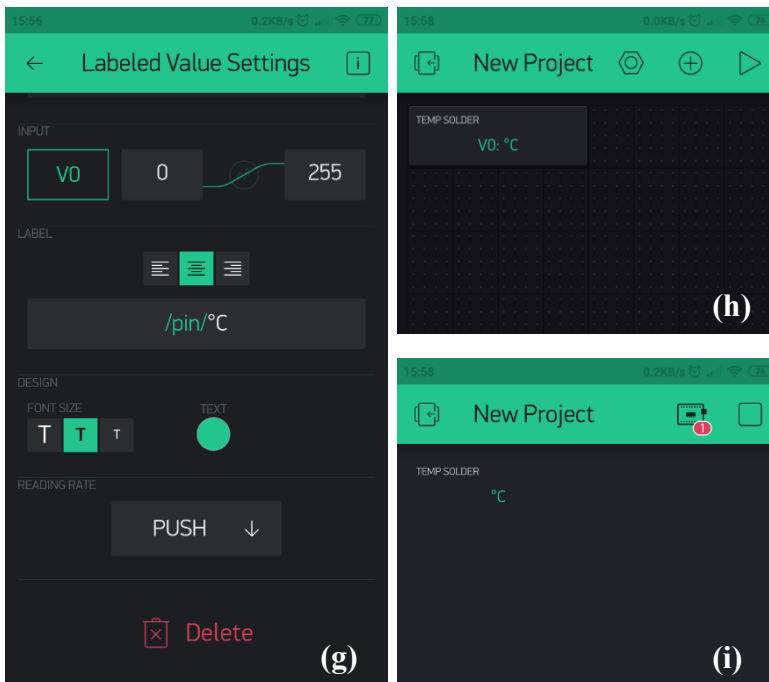
dimana digunakan pin virtual. Terdapat banyak pin virtual, dan usahakan masing-masing *widget* terhubung dengan pin virtual yang berbeda, seperti pada Gambar 3.20.(f). Blynk menyediakan jangkauan integer yang dapat diatur nilainya mulai dari 0 hingga 9999.



Gambar 3.20. Tampilan Antarmuka Blynk (e) dan (f)

Untuk dapat menampilkan label yang diinginkan, dapat menulis label dengan format seperti Gambar 3.21.(g). Setelah selesai mengatur *widget*, dapat menekan tombol kembali di pojok kiri atas, dan Blynk akan menampilkan antarmuka seperti pada Gambar 3.21.(h).

Jika program sudah siap, dan Blynk telah terhubung dengan mikrokontroler yang digunakan, maka aplikasi Blynk dapat dinyalakan dengan menekan tombol *play* di pojok kanan atas sehingga menampilkan antarmuka seperti Gambar 3.21.(i), dan untuk menghentikan aplikasi Blynk dapat menekan tombol *stop*.



Gambar 3.21. Tampilan Antarmuka Blynk (g), (h) dan (i)

Jika proyek Blynk sudah dinyalakan tetapi terdapat tanda merah seperti pada Gambar 3.21.(i) berikut, maka menandakan Blynk belum terhubung dengan mikrokontroler. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi mikrokontroler yang belum menyala, program otentifikasi Blynk yang belum benar, ataupun koneksi sinyal internet yang digunakan oleh *smartphone*.

Berikut merupakan contoh program untuk menghubungkan Blynk ke program Arduino, dan bagaimana menjalankan *widget* yang digunakan (“*Labeled Value*”) pada Gambar 3.22. di halaman berikut.

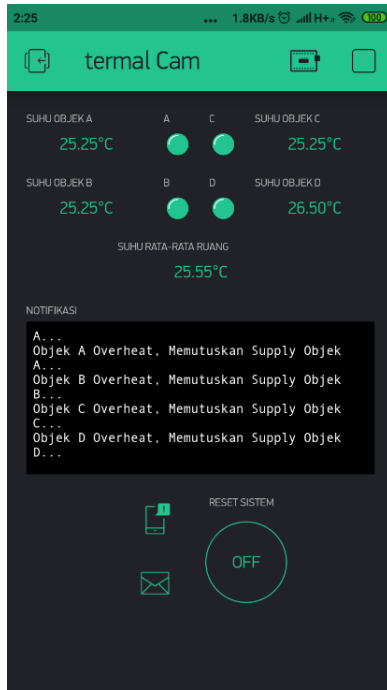
```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
byte ledPin = 2;
char ssid[] = "AlphaGB"; // SSID of your home WiFi
char pass[] = "123456789"; // password of your home WiFi
char auth[] = "f699ee5bee744blca3cd3203d4b88e9d"; // kode otentifikasi Blynk
WiFiServer server(80);
IPAddress ip(192, 168, 43, 161); // IP address of the server
IPAddress gateway(192,168,43,1); // gateway of your network
IPAddress subnet(255,255,255,0); // subnet mask of your network
void setup() {
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet); // forces to use the fix IP
  WiFi.begin(ssid, pass); // connects to the WiFi router
  server.begin();
}
void loop() {
  Blynk.run();
  avg();
  suhuBlynk();
}
void suhuBlynk(){
  Blynk.virtualWrite(V1, ObjekA);
  Blynk.virtualWrite(V2, ObjekB);
  Blynk.virtualWrite(V3, ObjekC);
  Blynk.virtualWrite(V4, ObjekD);
  Blynk.virtualWrite(V9, avgbaru);
}

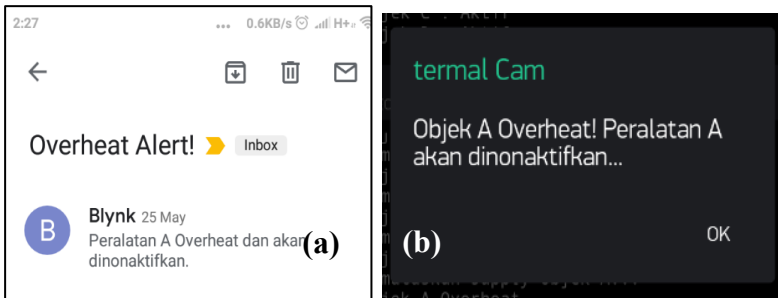
```

Gambar 3.22. Program Pengaturan *Widget* Blynk

Pada antarmuka Blynk yang digunakan, tersedia lima buah data temperatur yang selalu *update*, untuk memonitor nilai temperatur dari empat objek, dan temperatur rata-rata ruang pengawasan. Juga terdapat serial monitor virtual yang dapat menerima kiriman teks dari mikrokontroler dan satu buah tombol *reset* untuk dapat me-*restart* sistem keamanan peralatan. Digunakan empat buah LED virtual untuk masing-masing objek sebagai penanda kondisi *on/off* obek, dan fitur notifikasi berupa pemberitahuan lewat aplikasi Blynk secara langsung dan notifikasi lewat *email*. Antarmuka Blynk dan notifikasi *email* dapat dilihat pada Gambar 3.20. dan Gambar 3.21. pada halaman berikut.



Gambar 3.23. *Interface* Sistem Keamanan Peralatan

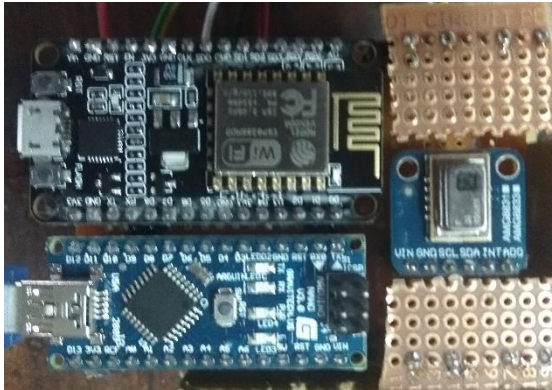


Gambar 3.24. Notifikasi *e-mail* (a) dan Notifikasi Blynk (b)

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

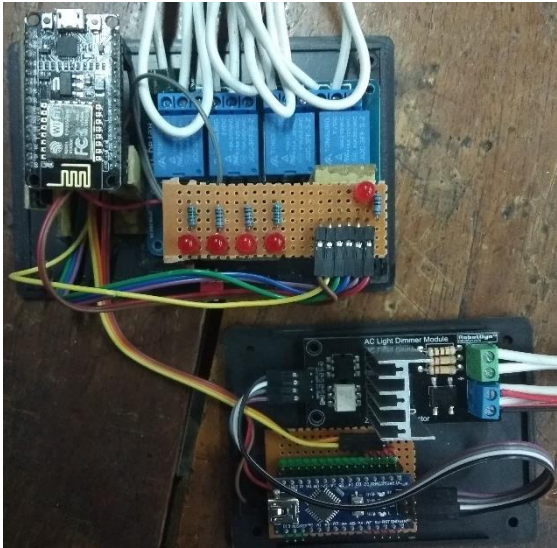
Bab ini akan membahas tentang pengujian dari sistem yang di rancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data analisa pada masing-masing pengujian. Pengujian dilakukan per bagian komponen alat hingga sistem keseluruhan meliputi pengujian kamera termal, visualisasi data temperatur, deteksi kelebihan temperatur, serta pengiriman data. Pengujian ini di lakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, B202, Departemen Teknik Elektro ITS. Gambar dari alat yang berhasil direalisasikan ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1. Gambar Realisasi Sistem Deteksi (Dalam)



Gambar 4.2. Gambar Realisasi Sistem Deteksi (Luar)



Gambar 4.3. Gambar Realisasi Sistem Aktuator (Dalam)



Gambar 4.4. Gambar Realisasi Sistem Aktuator (Luar)

4.1. Pengujian Sistem Deteksi

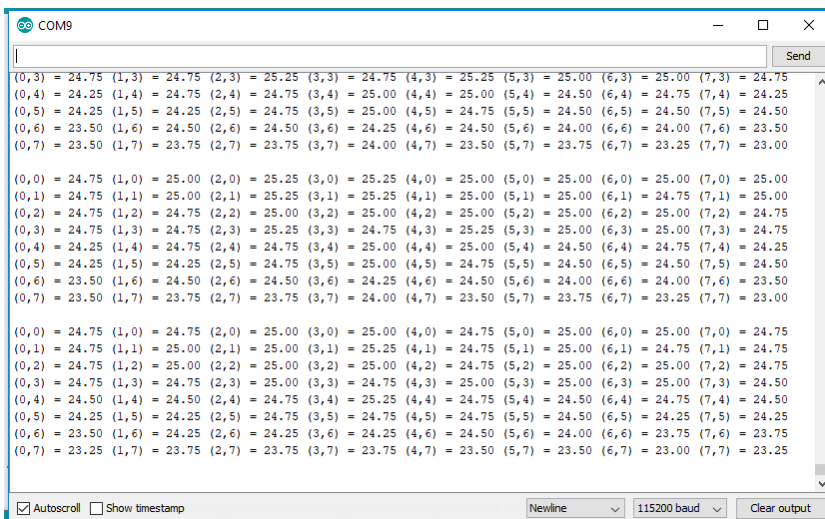
Pengujian Sistem Deteksi dilakukan dengan menguji data yang didapat oleh kamera termal AMG8833, dengan memonitor perubahan temperatur peralatan dan memvisualisasikannya di *Processing*.

4.1.1. Pengujian Kamera Termal AMG8833

Data temperatur dari kamera termal terlebih dahulu diproses oleh *library* AMG8833, kemudian array 64 temperatur hasil dari proses *library* di cetak pada serial monitor Arduino IDE dengan susunan nomor piksel seperti berikut.

Tabel 4.1. Pengurutan Nomor Piksel pada Serial Monitor

0	1	2	3	3	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63



Gambar 4.5. Nilai Temperatur 8x8 Piksel pada Serial Monitor

Untuk lebih memperjelas data temperatur yang didapat, dilakukan pemrosesan data temperatur pada aplikasi *Processing* sehingga didapatkan visualisasi data temperatur dari kamera termal berupa gambar dengan array 8x8 piksel. Dikarenakan penentuan ukuran, warna dan posisi kotak, pemosisian piksel data temperatur jadi berubah dengan urutan nomor piksel seperti berikut.

Tabel 4.2. Pengurutan Nomor Piksel pada Aplikasi *Processing*

7	15	23	31	39	47	55	63
6	14	22	30	38	46	54	62
5	13	21	29	37	45	53	61
4	12	20	28	36	44	52	60
3	11	19	27	35	43	51	59
2	10	18	26	34	42	50	58
1	9	17	25	33	41	49	57
0	8	16	24	32	40	48	56



Gambar 4.6. Visualisasi Data Temperatur Kamera Termal

4.1.2. Pengujian Deteksi Lokasi Peralatan

Pada pengujian ini, dilakukan pengamatan pada dua buah objek yaitu solder dan lem tembak. Dengan temperatur ruang saat itu sebesar $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3. Hasil Pendeteksian Solder

Tinggi (cm)	Temp. Tertinggi ($^{\circ}\text{C}$)	Jumlah Pikel	Temp. Area ($^{\circ}\text{C}$)
20	113,75	64	40-45
30	87,5	64	27-30
40	52,25	58	24,5-27
50	54,5	16	Ruang*
60	42,75	8	Ruang*
70	39,75	4	Ruang*
80	34,25	3	Ruang*
90	33,5	3	Ruang*
100	27,5	3	Ruang*

Tabel 4.4. Hasil Pendeteksian Lem Tembak

Tinggi (cm)	Temp. Tertinggi ($^{\circ}\text{C}$)	Jumlah Pikel	Temp. Area ($^{\circ}\text{C}$)
20	64,25	64	26-30
30	50,25	46	24-27
40	40	11	Ruang*
50	36	4	Ruang*
60	33,75	4	Ruang*
70	29,5	4	Ruang*
80	27,25	3	Ruang*
90	26,5	2	Ruang*
100	27,75	1	Ruang*

Dilakukan pula pengamatan pada kedua objek secara bersamaan yang diposisikan sekitar 5 cm dari satu sama lain, sehingga di dapatkan jumlah piksel yang terdeteksi dari kedua buah objek tersebut terlihat menyatu. Pada pengujian kedua, agar tidak terjadi penumpukan lokasi

piksel pada Solder dan Lem Tembak, dilakukan pengamatan kedua dengan jarak antara objek berkisar 25 cm.

Tabel 4.5. Hasil Pendeteksian Objek (Solder dan Lem Tembak) dengan Jarak 5cm

Tinggi (cm)	Temp. Tertinggi (°C)		Jumlah Piksel		Temperatur Area (°C)
	Solder	Lem Tembak	Solder	Lem Tembak	
20	112,5	46,75	64		33-38
30	87	48,75	64		29-35
40	56,25	47,25	64		26-29
50	51,75	36,5	63		25-27
60	42	35,5	22		Ruang*
70	36	35,25	10		Ruang*
80	32	34,25	8		Ruang*
90	32,25		5		Ruang*
100	29,25		3		Ruang*

Tabel 4.6. Hasil Pendeteksian Objek (Solder dan Lem Tembak) dengan Jarak 25cm

Tinggi (cm)	Temp. Tertinggi (°C)		Jumlah Pixel		Temperatur Area (°C)
	Solder	Lem Tembak	Solder	Lem Tembak	
50	38,75	34,75	8	11	Ruang*
60	31,5	34	8	9	Ruang*
70	31,25	35,75	4	4	Ruang*
80	30	34	2	2	Ruang*
90	27	31,5	4	3	Ruang*
100	27,25	30,5	3	1	Ruang*

Dari pengamatan didapatkan hasil bahwa jarak antar objek atau peralatan yang nantinya akan diamati harus minimal 25 cm. Dimana dapat terjadi penumpukan posisi piksel jika terlalu berdekatan. Data temperatur

termal kamera juga terpengaruh pada penyebaran temperatur peralatan, sehingga jika objek berdekatan dapat terjadi penambahan nilai temperatur ke piksel sebelahnya.

4.1.3. Pengujian Deteksi Temperatur Peralatan

Pada pengujian ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan temperatur empat buah objek untuk mencari temperatur batas yang nantinya akan digunakan untuk mendeteksi kelebihan temperature peralatan. Objek yang digunakan sejumlah lima peralatan elektronik penghasil panas yang terdiri dari dua buah solder dengan daya 25-80 Watt, *Water Heater* 600 Watt, *Rice Cooker* 45 Watt saat kondisi menghangatkan dan 300 Watt ketika kondisi memasak, dan Kipas Angin dengan Motor AC 45 Watt.

Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Temperatur Objek

Alat	Solder A	Solder B	<i>Water Heater</i>	<i>Rice Cooker</i>
Jarak	2 m	2 m	2,5 m	2,5 m
Waktu	Temperatur (°C)			
3.00	27	26,75	27,75	25,25
3.30	27,25	27,25	28	25,25
4.00	27,5	27	28	25,25
4.30	27,75	27	28	25
5.00	28,25	27,5	28,5	25,25
5.30	27,75	27,5	28	25,5
6.00	27,75	27,5	28,5	25,25
6.30	27,5	27,5	29	25,75
7.00	27,75	27	28,75	25,75
7.30	28,25	28	28,75	26,25
8.00	27,75	28	28,5	26,5
8.30	28,25	28,25	28,5	27
9.00	28,25	29	28,75	27,5
9.30	28,25	27,5	28,75	27,5
10.00	28,25	28,25	28,75	27,25

Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Temperatur Objek (lanjutan)

Alat	Solder A	Solder B	Water Heater	Rice Cooker
Jarak	2 m	2 m	2,5 m	2,5 m
Waktu	Temperatur (°C)			
10.30	29,25	28,25	29	27,75
11.00	28,25	28,25	28,75*	27,75
11.30	29	28,75	28,75	28,5
12.00	28,5	28,75	28,25	29
12.30	28,5	28	28,5	29,25
13.00	29	28,25	28	29,5
13.30	29	28	28	29,75
14.00	28,5	28	28	29,75
14.30	28,25	28,5	28	29,5
15.00	28,5	28,25	27,5	29,5
15.30	28,5	28,25	-	29,75
16.00	28,75	27,5	-	30,5
16.30	28,75	28,75	-	30
17.00	29,25	28,25	-	30,25
17.30	28,75	28,75	-	30,50
18.00	29	28,25	-	30,75
18.30	29	28,5	-	30,5
19.00	29	28,75	-	30,75
19.30	29	28,75	-	31
20.00	29	28,75	-	30,75
20.30	28	29	-	31,25
21.00	28,75	28,75	-	31
21.30	29	29	-	31
22.00	28,75	29	-	31,5
22.30	29,25	28,75	-	31,25

*Temperatur *Water Heater* terus menurun dikarenakan alat sudah mati, dan tetap mati walaupun saklar pada water heater tetap on.

Tabel 4.8. Hasil Pengamatan Motor AC (Jarak 2m)

Motor Nyala		Motor Mati	
Waktu	Temperatur (°C)	Waktu	Temperatur (°C)
0.00	25	21.00	26,75
1.00	24,75	22.00	26,5
2.00	25	23.00	26,5
3.00	25,25	24.00	26,5
4.00	25,25	25.00	26,25
5.00	25,25	26.00	26,25
6.00	25,5	27.00	26,25
7.00	25,5	28.00	26,25
8.00	25,25	29.00	26,25
9.00	25,75	30.00	26
10.00	25,75	31.00	26
11.00	25,5	32.00	26
12.00	26	33.00	26
13.00	26,25	34.00	26
14.00	26,25	35.00	26
15.00	26	36.00	26
16.00	26,25	37.00	25,75
17.00	26	38.00	25,75
18.00	26,5	39.00	25,75
19.00	26,5	40.00	25,75
20.00	26,5	41.00	25,75

Dari data yang didapat pada pengamatan deteksi temperatur peralatan, dapat ditentukan batas-batas temperatur untuk masing-masing alat sebagai berikut.

Tabel 4.9. Penentuan Batas Temperatur Objek Pengamatan

Alat	Solder A	Solder B	Water Heater	Rice Cooker	Batas Atas Motor	Batas Bawah Motor
Temp. Batas (°C)	29	28,75	28,75	31	26,25	25,75

4.1.4. Pengujian Deteksi Kelebihan Temperatur Peralatan dan Pengiriman Data ke Sistem Aktuator

Pada pengujian ini dilakukan pengamatan pada objek yang diberi batasan temperatur pada program, dimana jika temperatur telah melebihi batas yang ditentukan, maka akan mematikan lampu. Batas Temperatur = 28,5 °C.

Tabel 4.10. Hasil Pengamatan Kelebihan Temperatur

Temp. Terdeteksi (°C)	Kondisi Lampu
24,5	Nyala
28,5	Nyala
29,25	Mati

4.2. Pengujian Sistem Aktuator

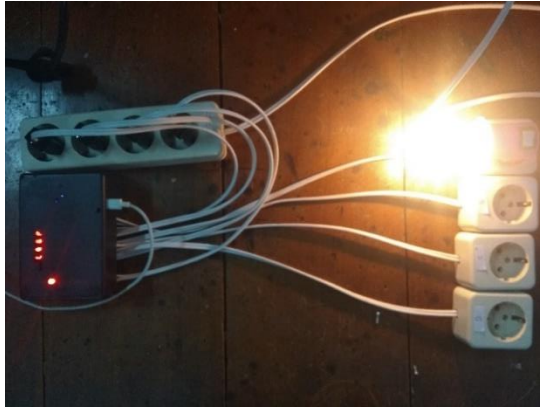
Aktuator terdiri dari relay dan modul *dimmer* AC yang masing-masing berfungsi untuk mematikan peralatan dan mengatur tegangan sumber yang masuk ke peralatan ketika terdeteksi kelebihan temperatur pada peralatan tersebut.

4.2.1. Pengujian Relay

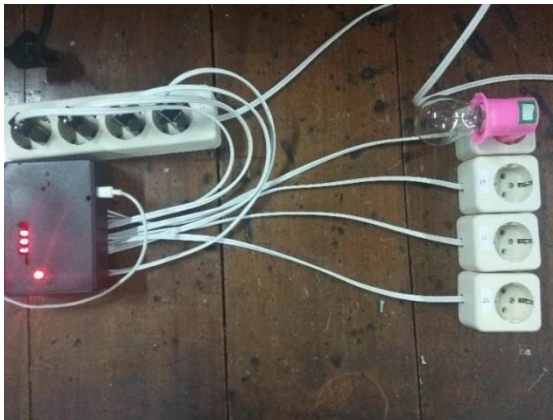
Pada pengujian ini, dilakukan pengujian pada kemampuan quad relay untuk dapat memutuskan sumber tegangan pada peralatan yang tepat.

Tabel 4.11. Logika Relay pada Sistem Aktuator

Pin Output NodeMCU		Switch pada Relay		Kondisi Stop Kontak
Kondisi	Tegangan	Kondisi	Tegangan	
HIGH	3,26 V	ON	0 V	OFF
LOW	0 V	OFF	1,97 V	ON



Gambar 4.7. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Normal



Gambar 4.8. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Relay yang Terhubung dengan Objek A Mati

4.2.2. Pengujian Modul *Dimmer* AC pada Motor AC

Pada subab ini dilakukan pengujian modul *dimmer* AC pada Motor AC, dimana dilakukan pengukuran kecepatan, tegangan *output*, dan arus *output* pada motor AC ketika delay PWM sinyal AC diubah-ubah. Menggunakan integer *range* yang sebelumnya sudah ditentukan mulai dari 0-128 atau sebesar 375us – 9.975us.

Tabel 4.12. Hasil Pengaturan Kecepatan Motor AC

Range	Kecepatan (rpm)		
	Speed 1	Speed 2	Speed 3
128	1420	1450	1360
120	1420	1450	1420
110	1420	1440	1460
100	1430	1460	1490
90	1410	1440	1475
80	1420	1450	1470
70	1410	1440	1465
60	1405	1430	1460
50	1400	1425	1455
40	1350	1390	1420
30	1230	1270	1290
20	0	0	0
10	0	0	0
0	0	0	0

Tabel 4.13. Hasil Pengaturan Tegangan Motor AC

Range	Load VAC (V)			Off
	Speed 1	Speed 2	Speed	
128	220	220	180-221	48.5
120	219	219	221	52.5
110	213	214	216	68.9
100	202	204	207	81.4
90	187	189	193	89.8
80	167	170	173	92.6
70	143	149	149	90.5
60	127	127	121	86.9

Tabel 4.13. Hasil Pengaturan Tegangan Motor AC (lanjutan)

Range	Load VAC (V)			Off
	<i>Speed 1</i>	<i>Speed 2</i>	<i>Speed 3</i>	
50	106	101	92	78.5
40	82.6	75	65.7	64.1
30	57.9	49.8	42.7	48.4
20	33.6	27.1	23.8	35.2
10	12.3	10	9.8	28
0	0-220	0-220	0-220	25-95

Tabel 4.14. Hasil Pengaturan Arus Motor AC

Range	Arus AC (mA)			Off
	<i>Speed 1</i>	<i>Speed 2</i>	<i>Speed 3</i>	
128	1	1.2	1.5	0
120	1	1.15	1.45	0
110	0.95	1.1	1.4	0
100	0.9	1	1.3	0
90	0.85	0.95	1.2	0
80	0.8	0.9	1.1	0
70	0.8	0.9	1	0
60	0.7	0.8	0.9	0
50	0.6	0.7	0.7	0
40	0.5	0.5	0.5	0
30	0.3	0.3	0.3	0
20	0.2	0.1	0.1	0
10	0	0	0	0
0	0-1.1	0-1.2	0-1.4	0

Dari hasil pengamatan didapatkan data kecepatan motor optimal ketika diberi nilai integer 100, sehingga diatur kedalam sistem kecepatan normal operasi motor AC pada integer 100 dengan kecepatan ± 1500 rpm (200VAC/1,3mA), dan akan bernilai integer 40 ketika menurunkan kecepatan motor ketika terdeteksi kelebihan temperatur, sehingga dapat menurunkan temperatur ketika berkecepatan rendah ± 1400 rpm (70VAC/0,5mA).

4.3. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian terhadap sistem keamanan untuk masing-masing peralatan yang dijadikan objek pengamatan, dimana sistem diharapkan dapat mendeteksi kelebihan temperatur pada peralatan, mengirimkan perintah ke sistem aktuator, dan dapat mengaktifkan relay atau modul *dimmer* yang terhubung dengan peralatan tersebut. Kemudian disusul dengan pengujian sistem keamanan peralatan keseluruhan dimana empat buah peralatan diposisikan secara terpisah sehingga dapat terdeteksi oleh kamera termal hanya dalam satu buah piksel untuk masing-masing peralatan.

4.3.1. Pengujian Sistem Keamanan Solder

Pada pengujian ini digunakan aktuator berupa relay, dengan temperatur batas solder diatur sebesar 29 °C.

Tabel 4.15. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Solder

Waktu	Temperatur (°C)	Kondisi
12.00	27,5	Nyala
13.00	27,75	Nyala
13.30	28	Nyala
14.00	27,75	Nyala
14.30	28	Nyala
14.49	29,25	Mati
15.00	28,25	Mati
15.30	27,75	Mati

4.3.2. Pengujian Sistem Keamanan *Water Heater*

Pada pengujian ini digunakan aktuator berupa relay, dengan temperatur batas *water heater* diatur sebesar 28,75 °C.

Tabel 4.16. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan *Water Heater*

Waktu	Temperatur (°C)	Kondisi
5.30	28	Nyala
6.00	28,5	Nyala
6.30	29	Mati
7.00	28,75	Mati
7.30	28,75	Mati
8.00	28,5	Mati
8.30	28,5	Mati

4.3.3. Pengujian Sistem Keamanan *Rice Cooker*

Pada pengujian ini digunakan aktuator berupa relay, dengan temperatur batas *rice cooker* diatur sebesar 31 °C.

Tabel 4.17. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan *Rice Cooker*

Waktu	Temperatur (°C)	Kondisi
15.30	29	Nyala
16.00	29,5	Nyala
16.30	29,25	Nyala
17.00	30	Nyala
17.09	50,5	Mati
17.30	49,75	Mati
18.00	46	Mati
18.30	43	Mati
19.00	42,25	Mati

4.3.4. Pengujian Sistem Keamanan Motor AC

Pada pengujian sistem keamanan motor AC digunakan *dimmer* AC sebagai aktuator, untuk mengatur kecepatan dari motor. Pada kondisi normal, *dimmer* AC diatur untuk mengalirkan tegangan keluaran dengan nilai integer 100, dimana dari data pengamatan motor didapatkan tegangan keluaran bernilai 207VAC, dengan arus 1,3mA, sehingga memutar motor dengan kecepatan ± 1500 rpm. Dan nilai integer *dimmer* AC akan diubah menjadi 40 ketika terdeteksi piksel motor AC mengalami kelebihan temperatur, sehingga tegangan yang dikeluarkan bernilai 65,7VAC dengan arus 0,5mA, sehingga motor memperlambat kecepatan putarannya menjadi ± 1400 rpm. Sistem deteksi diatur sehingga akan mendeteksi kelebihan temperatur motor AC ketika nilai temperatur pada piksel motor AC lebih besar dari 26,25 °C, yang kemudian disusul dengan penurunan kecepatan motor lewat sistem aktuator berupa *dimmer* AC. Sistem juga diprogram untuk mendeteksi temperatur motor ketika lebih rendah dari 25,75 °C untuk menandakan bahwa temperatur motor sudah stabil, dan kecepatan motor kembali dinaikkan.

Tabel 4.18. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Motor AC

Waktu	Temperatur (°C)	Rotasi
13.00	26	Cepat
14.00	26,25	Cepat
14.30	26,25	Cepat
14.48	26,5	Lambat
15.00	26,25	Lambat
16.00	26,5	Lambat
20.00	26,25	Lambat
23.00	26	Lambat
23.30	25,75	Lambat
23.58	25,5	Cepat
24.30	25,75	Cepat
25.00	25,75	Cepat
26.00	25,75	Cepat

4.3.4. Pengujian Sistem Keamanan Peralatan Keseluruhan

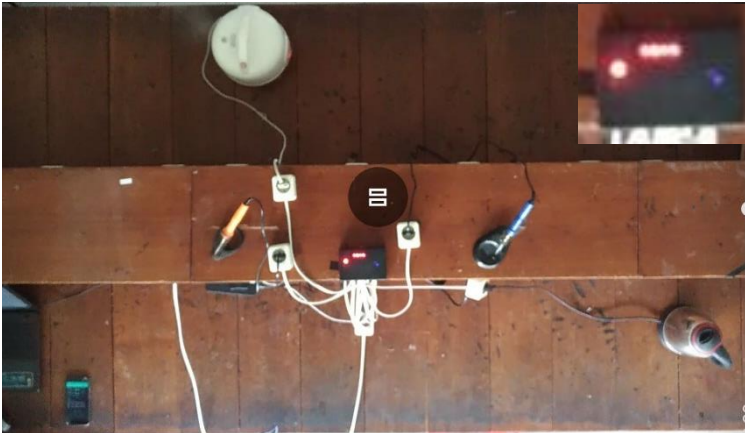
Pada pengujian ini, diamati perubahan temperature dari empat buah objek, yaitu Solder A sebagai Objek A yang diposisikan pada piksel 19, Solder B sebagai Objek B pada piksel 35, Water Heater sebagai Objek C pada piksel 50, dan Rice Cooker sebagai Objek D pada piksel 21, seperti pada Gambar 4.7. dibawah dan data hasil pengamatan pada Tabel 4.19. berikut.



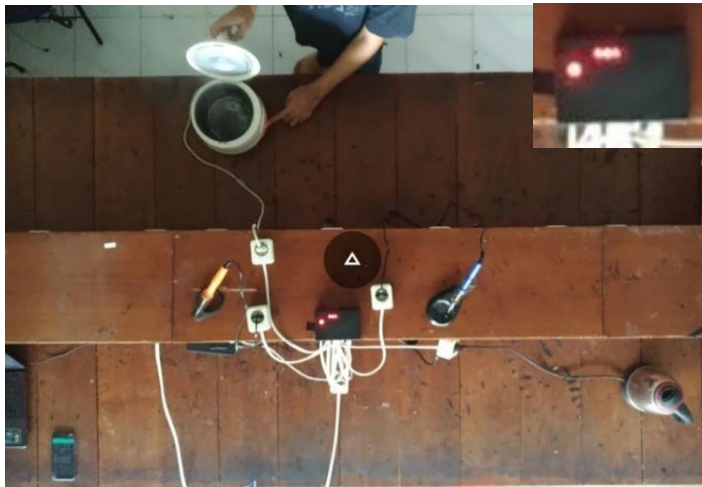
Gambar 4.9. Posisi Piksel Objek A, B, C, D dan Laptop

Tabel 4.19. Hasil Pengamatan Sistem Keamanan Keseluruhan

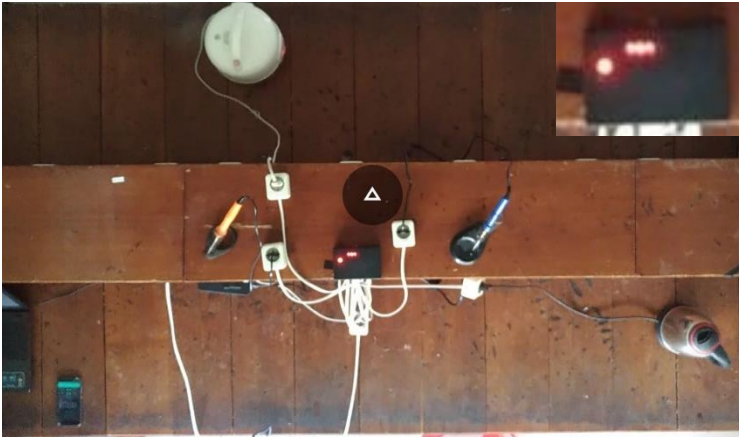
Waktu	Solder A		Solder B		Water Heater		Rice Cooker		Temp. Ruang
	Temp	Kondisi	Temp	Kondisi	Temp	Kondisi	Temp	Kondisi	
6.00	27	Nyala	25,5	Nyala	26,5	Nyala	24,5	Nyala	24,46
7.00	27	Nyala	25,5	Nyala	26,5	Nyala	24,5	Nyala	24,55
8.00	27,25	Nyala	25,25	Nyala	26,25	Nyala	25,25	Nyala	24,33
9.00	27,75	Nyala	26	Nyala	26,25	Nyala	26,75	Nyala	25,25
10.00	28,5	Nyala	26,75	Nyala	25	Nyala	28	Nyala	25,6
11.00	28	Nyala	26,75	Nyala	26	Nyala	27,5	Nyala	24,81
12.00	27,5	Nyala	25,25	Nyala	25,25	Nyala	27,75	Nyala	24,54
13.00	27,75	Nyala	26,25	Nyala	25,5	Nyala	28	Nyala	24,44
13.30	28	Nyala	26,75	Nyala	25,5	Nyala	28,75	Nyala	24,75
14.00	27,75	Nyala	26,25	Nyala	25,75	Nyala	28,25	Nyala	24,36
14.30	28	Nyala	26,5	Nyala	25,75	Nyala	28,75	Nyala	24,61
14.49	29,25	Mati	28	Nyala	26,75	Nyala	30,25	Nyala	25,91
15.00	28,25	Mati	27	Nyala	25,75	Nyala	29,25	Nyala	25,08
15.30	27,75	Mati	26,75	Nyala	25,75	Nyala	29	Nyala	24,7
16.00	27,75	Mati	27,75	Nyala	26,25	Nyala	29,5	Nyala	25,13
16.30	27	Mati	27	Nyala	26,5	Nyala	29,25	Nyala	24,89
17.00	27,5	Mati	27,5	Nyala	26,75	Nyala	30	Nyala	25,2
17.09	28	Mati	27,75	Nyala	27,25	Nyala	50,5	Mati	25,89
17.30	27,25	Mati	27,5	Nyala	26,75	Nyala	49,75	Mati	25,38
18.00	27,5	Mati	27,75	Nyala	30,5	Nyala	46	Mati	25,82
18.30	26,75	Mati	27	Nyala	30,75	Nyala	43	Mati	25,27
19.00	27,25	Mati	27,75	Nyala	30,5	Nyala	42,25	Mati	25,98
19.30	27,25	Mati	28	Nyala	30,25	Nyala	41,5	Mati	26,1
20.00	27,5	Mati	28,25	Nyala	30,5	Nyala	41	Mati	26,16



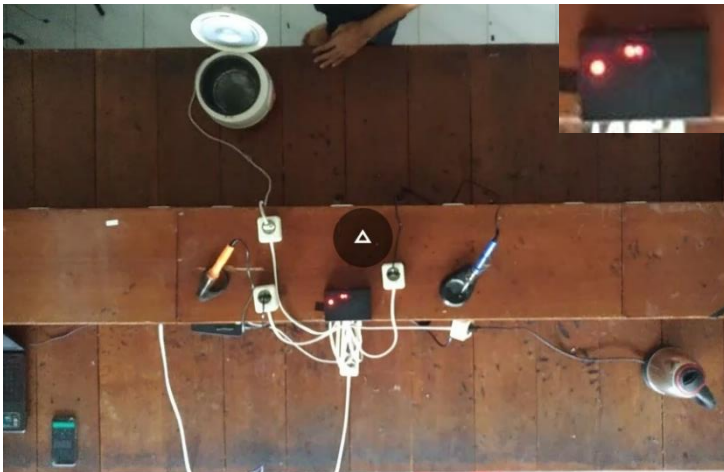
Gambar 4.10. Kondisi Sistem Aktuator Kondisi Normal (Awal)



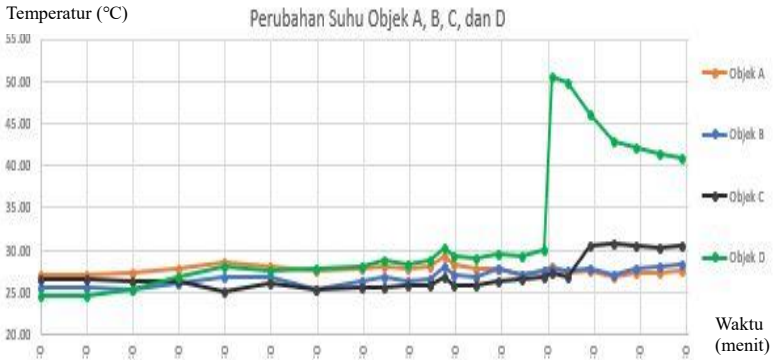
Gambar 4.11. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Objek A Terdeteksi Melebihi Batas Temperatur yang Ditentukan



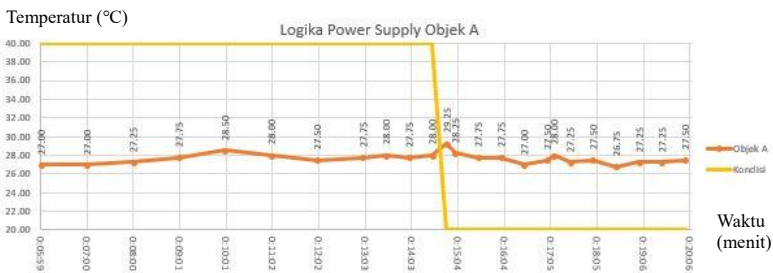
Gambar 4.12. Kondisi Sistem Aktuator Ketika Temperatur Objek D diberi Stimulus



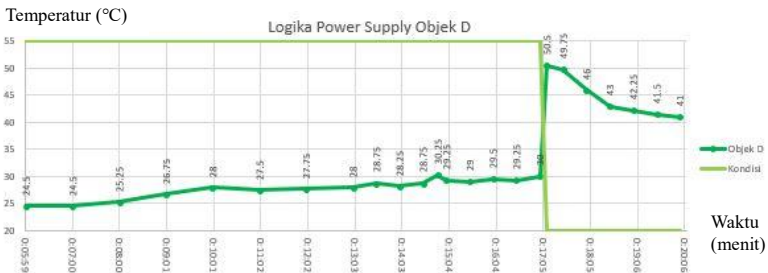
Gambar 4.13. Kondisi Sistem Aktuator Satu Detik Setelah Stimulus



Gambar 4.14. Grafik Temperatur Peralatan Uji Keseluruhan



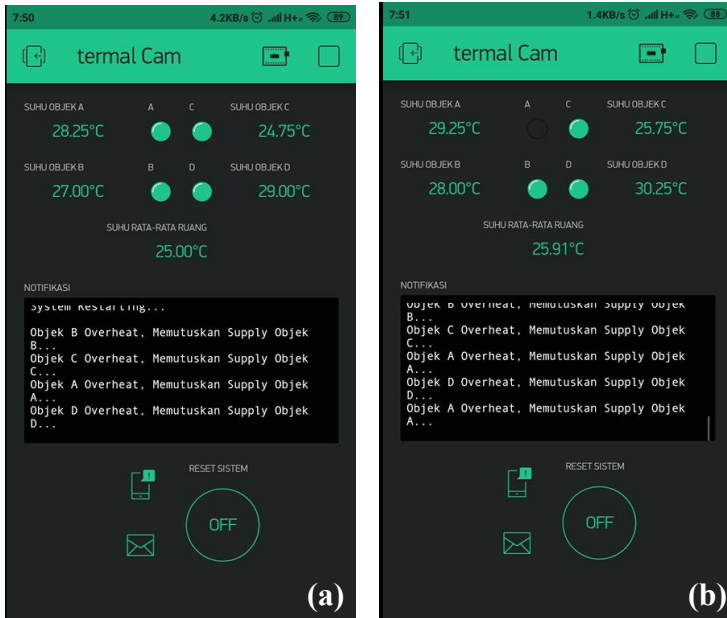
Gambar 4.15. Grafik Kondisi Suplai Tegangan Solder A



Gambar 4.16. Grafik Kondisi Suplai Tegangan Rice Cooker

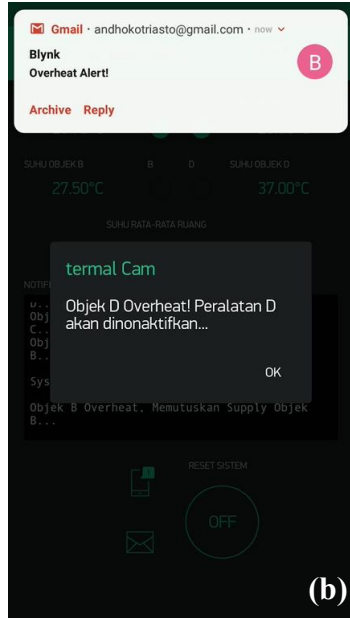
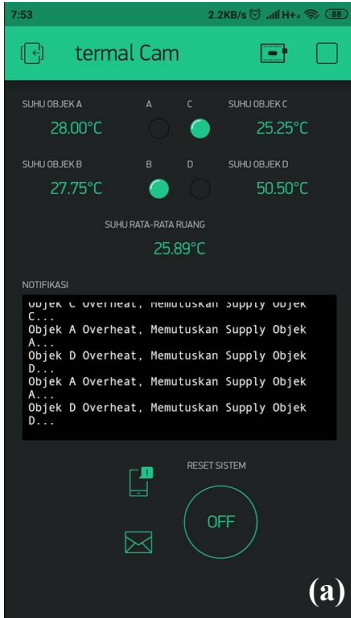
4.4. Pengujian Komunikasi Data ke dan dari Aplikasi Blynk pada Smartphone

Pada pengujian ini, dilakukan pengamatan menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone* terhadap empat buah objek yang masing-masing suhunya di tampilkan oleh aplikasi Blynk sesuai dengan lokasi piksel.

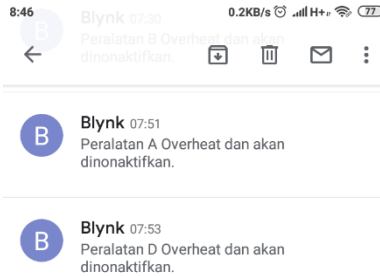


Gambar 4.17. Sistem Kondisi Normal (a) dan Sistem Ketika Mendeteksi Kelebihan Temperatur pada Objek A (b)

Gambar 4.15.(a) merupakan kondisi antarmuka aplikasi Blynk ketika semua peralatan yang dimonitor berkondisi normal, sedangkan untuk Gambar 4.15.(b) merupakan kondisi Blynk ketika Objek A terdeteksi telah melebihi temperatur batasnya. Untuk Gambar 4.16.(a) pada halaman berikut merupakan kondisi Blynk ketika Objek D terdeteksi telah melebihi temperatur batasnya beberapa menit setelah *overheating* Objek A terdeteksi, sedangkan untuk Gambar 4.16.(b) merupakan kondisi Blynk atau *smartphone* ketika mendapatkan notifikasi dari sistem keamanan dalam bentuk *email* dan notifikasi aplikasi Blynk.

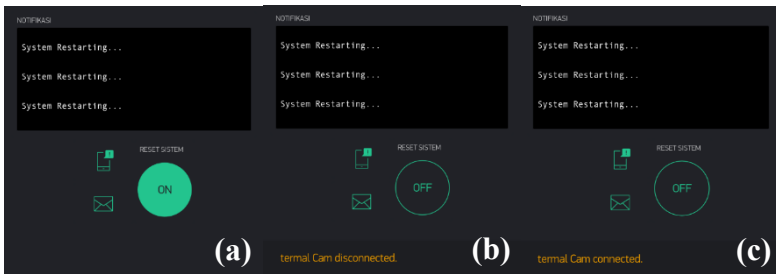


Gambar 4.18. Sistem Ketika Objek D Terdeteksi Melebihi Batas Temperatur (a) dan Notifikasi Blynk dan email (b)



Gambar 4.19. Notifikasi email dari Blynk

Dikarenakan kondisi sinyal WiFi dari Hotspot handphone yang mudah terganggu, notifikasi Blynk serta notifikasi *e-mail* terkadang bisa tertunda, sampai handphone kembali terkoneksi ke internet. Pada Gambar 4.20. dapat dilihat proses reset Sistem Keamanan Peralatan, dimanan pada gambar (a) merupakan kondisi antarmuka Blynk ketika tombol *reset* ditekan, gambar (b) kondisi Blynk terputus koneksi nya dengan Sistem menandakan sistem sedang *reset*, dan gambar (c) kondisi Blynk telah kembali terhubung dengan sistem, menandakan sistem telah kembali *online*.



Gambar 4.20. Proses *Reset* Sistem Kemanan Peralatan (a), (b), (c)

4.5. Analisa Keseluruhan Sistem

Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal ini dilengkapi dengan sistem IoT dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, Kamera Termal AMG8833, relay, dan Arduino Nano, dan sistem terpisah menjadi sistem deteksi dan sistem aktuator yang masing-masing dilengkapi dengan NodeMCU sebagai komunikasi IoT antar subsistem.

Secara keseluruhan, sistem ini mampu bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan pembuat. Dimana jika terdeteksi alat atau piksel yang melebihi batas temperatur, maka relay akan diaktifkan dan sumber tegangan untuk alat tersebut terputus, dan dapat memilih posisi piksel dengan relau yang tepat. Dan modul *dimmer* AC juga dapat mengatur nilai tegangan dan arus ke peralatan sesuai dengan harapan, sehingga bisa mengatur kecepatan motor AC, bilamana terdeteksi kelebihan temperatur, maka kecepatan motor akan diturunkan, dan ketika sudah terdeteksi aman lagi, maka kecepatan motor akan ditingkatkan. Walaupun terdapat delay antara deteksi dengan aktivasi aktuator.

Jarak ukur temperatur dan deteksi dari termal kamera AMG8833 mendukung deteksi temperatur peralatan yang mengalami kelebihan

temperatur dari batas yang ditentukan, dan penentuan lokasi peralatan pada kamera termal dipermudah dengan kondisi array piksel kamera yang sudah berurut. Bila dilihat dari jumlah piksel atau data temperatur yang dapat dihasilkan oleh kamera termal AMG8833, jumlah maksimum peralatan yang dapat dijadikan objek pengamatan dalam sistem keamanan sejumlah 64 peralatan atau mesin, jika masing-masing alat hanya menduduki satu piksel. Pernyataan tersebut hanya berlaku jika persebaran panas peralatan tidak mengganggu pengukuran temperatur peralatan di piksel sekitarnya. Jika memperhitungkan persebaran panas peralatan yang terukur oleh pembacaan kamera termal, maka jumlah optimum peralatan yang dapat diawasi sistem sejumlah 16 peralatan atau mesin.

Koneksi IoT kedua NodeMCU lewat WiFi masih bergantung pada kekuatan sinyal dari penyedia WiFi, sehingga semakin bagus koneksi internet di area, semakin bagus komunikasi dan cepat respon dari sistem. Dikarenakan WiFi yang digunakan merupakan koneksi hotspot dari *smartphone*, sehingga terkadang sinyal dapat menghilang yang menyebabkan koneksi antara NodeMCU (*Server*) dan NodeMCU (*Client*) terputus, yang selanjutnya juga menyebabkan notifikasi yang seharusnya dikirim ke *smartphone* lewat Blynk ataupun *e-mail*, tertunda ataupun tidak terkirim. Sehingga untuk kedepannya, diharapkan menggunakan koneksi WiFi yang stabil.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada pelaksanaan tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan, dimana pada Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal, dengan menggunakan Infrared Array Sensor Grid-Eye (AMG8833), sistem dapat bekerja dengan baik dan mampu mendeteksi dan mengaktifkan aktuator sesuai perancangan sistem. Sistem dapat mendeteksi kelebihan temperatur dari Solder ($>29^{\circ}\text{C}$), *Water Heater* ($>28,75^{\circ}\text{C}$), dan *Rice Cooker* ($>31^{\circ}\text{C}$) sehingga tiap alat langsung dimatikan oleh relay masing-masing alat. Sedangkan untuk Motor AC, sistem dapat mendeteksi kelebihan dan kekurangan temperatur dari Motor AC ($>26,25^{\circ}\text{C}$ dan $<25,75^{\circ}\text{C}$) sehingga sistem dapat mengatur tegangan yang masuk ke motor sehingga motor berputar dengan kecepatan ± 1500 rpm ketika dibawah $26,25^{\circ}\text{C}$ dan berubah menjadi ± 1400 rpm ketika terdeteksi temperature Motor AC melebihi $26,25^{\circ}\text{C}$. Perubahan temperatur ruangan berpengaruh terhadap deteksi kelebihan temperatur dari batas yang ditentukan.

Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal ini memudahkan pengguna sistem untuk memonitor dan mengawasi kondisi peralatan atau mesin dari lokasi yang berbeda, dikarenakan sistem menggunakan komunikasi IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk. Pemberitahuan melalui *email* akan membantu pengguna yang sedang tidak membuka aplikasi Blynk pada *smartphone*. Proses pengiriman data dari NodeMCU (*Server*) ke NodeMCU (*Client*) dan aplikasi Blynk akan selalu terjamin selama koneksi internet (WiFi) tidak mengalami gangguan. Pengaplikasian Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal pada lapangan industri besar yang banyak menggunakan mesin-mesin berat yang menghasilkan panas dengan temperatur tinggi, sehingga sangat cocok untuk menggunakan kamera termal sebagai sensor pada sistem monitoring dan keamanannya.

5.2. Saran

Saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat percobaan, yaitu, untuk menggunakan koneksi WiFi yang jauh lebih stabil dan lancar, penambahan GUI untuk menentukan posisi piksel peralatan dan temperatur batas masing-masing peralatan.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. K. Wong, P. N. Tan, C. K. Loo, and W. S. Lim, “*An Effective Surveillance System Using Thermal Camera,*” in *2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2009, pp. 13–17.
- [2] J. Bangali and A. Shaligram, “*Design and Implementation of Security Systems for Smart Home based on GSM technology,*” *Int. J. Smart Home*, vol. 7, no. 6, pp. 201–208, Nov. 2013.
- [3] “Panas Berlebih Pada Rangkaian Listrik • Safety Sign Indonesia - Rambu K3, Lalu Lintas, Exit & Emergency, Label B3,” *safetysign.co.id*. [Online]. Available: <http://www.safetysign.co.id/news/173/Panas-Berlebih-Pada-Rangkaian-Listrik>. [Accessed: 25-May-2019].
- [4] W. K. Wong, Z. Y. Chew, C. K. Loo, and W. S. Lim, “*An Effective Trespasser Detection System Using Thermal Camera,*” in *2010 Second International Conference on Computer Research and Development*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2010, pp. 702–706.
- [5] “*Black-body radiation* - Wikipedia.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Black-body_radiation. [Accessed: 29-Oct-2018].
- [6] E. Tola, “*Black-Body SNR Formulation of Astronomical Camera Systems,*” *IEEE Sens. J.*, vol. 15, no. 9, pp. 4941–4949, Sep. 2015.
- [7] M. F. Modest, *Radiative heat transfer*, Third Edition. New York: Academic Press, 2013.
- [8] R. Usamentiaga, P. Venegas, J. Guerediaga, L. Vega, J. Molleda, and F. Bulnes, “*Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing,*” *Sensors*, vol. 14, no. 7, pp. 12305–12348, Jul. 2014.
- [9] “*Blackbody Radiation.*” [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mod6.html>. [Accessed: 22-Nov-2018].
- [10] “*Thermal radiation,*” *Wikipedia*. 21-Nov-2018.
- [11] “*Infrared Waves | Science Mission Directorate.*” [Online]. Available: https://science.nasa.gov/ems/07_infraredwaves. [Accessed: 23-Nov-2018].
- [12] “*What is infrared radiation (IR)?* - Definition from WhatIs.com,” *SearchNetworking*. [Online]. Available:

- <https://searchnetworking.techtargt.com/definition/infrared-radiation>. [Accessed: 23-Nov-2018].
- [13] W. L. Wolfe, Ed., *The infrared handbook*, Revised edition, 4. print. [Ann Arbor], Mich: Environmental Research Institute of Michigan, 1993.
- [14] M. Vollmer and K.-P. Möllmann, *Infrared thermal imaging: fundamentals, research and applications*. Weinheim: Wiley-VCH, 2010.
- [15] “*Thermographic camera* - Wikipedia.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera. [Accessed: 29-Oct-2018].
- [16] “(PDF) Sistem Pemetaan Suhu Permukaan Lahan Menggunakan Sensor Inframerah untuk Pendeteksi Dini Kebakaran.” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/326589143_Sistem_Pemetaan_Suhu_Permukaan_Lahan_Menggunakan_Sensor_Inframerah_untuk_Pendeteksi_Dini_Kebakaran. [Accessed: 19-Nov-2018].
- [17] V. A. Fedirko, E. A. Fetisov, R. Z. Khafizov, G. A. Rudakov, and A. A. Sigarev, “*Thermopile IR Sensor Arrays*,” in *Proceedings of the Scientific-Practical Conference “Research and Development - 2016,”* 2018, pp. 39–48.
- [18] “Grid-EYE_AMG88.pdf.” .
- [19] “Arduino Nano.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>. [Accessed: 23-May-2019].
- [20] “Arduino Nano 3.0 with ATMEGA328.” [Online]. Available: <http://www.gravitech.us/arna30wiatp.html>. [Accessed: 23-May-2019].
- [21] “Arduino Nano Pin Diagram, Features, Pin Uses & Programming.” [Online]. Available: </microcontrollers/arduino-nano>. [Accessed: 23-May-2019].
- [22] “Arduino Uno Rev3 SMD.” [Online]. Available: <https://shop.evilmadscientist.com/productsmenu/564>. [Accessed: 11-Apr-2019].
- [23] “Arduino Reference.” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>. [Accessed: 11-Apr-2019].
- [24] “Arduino Uno For Beginners - Projects, Programming and Parts (Tutorial),” *Makerspaces.com*, 07-Feb-2017. .
- [25] “NodeMCU-ESP8266-ESP-12E-Catalogue.pdf.” .

- [26] “Relay - Wikipedia.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Relay>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [27] “*Relay Switch Circuit and Relay Switching Circuit.*” [Online]. Available: <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [28] K. B. Rexford and P. R. Giuliani, *Electrical control for machines*, 6th ed. Clifton Park, NY: Thomson Learning, 2004.
- [29] “Thyristor - Wikipedia.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thyristor>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [30] “*Thyristor or Silicon Controlled Rectifier Tutorial.*” [Online]. Available: <https://www.electronics-tutorials.ws/power/thyristor.html>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [31] “*Silicon controlled rectifier* - Wikipedia.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_controlled_rectifier. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [32] “TRIAC,” *Wikipedia*. 12-May-2019.
- [33] “Definisi Dan Prinsip Kerja TRIAC.” [Online]. Available: <https://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-prinsip-kerja-triac/>. [Accessed: 23-Jun-2019].
- [34] D. Kho, “Pengertian TRIAC dan Aplikasinya,” *Teknik Elektronika*, 29-Dec-2015. .
- [35] “TRIAC, Karakteristik TRIAC Dan Aplikasi TRIAC.” .
- [36] “*AC Light Dimmer Module, 1 Channel, 3.3V/5V logic, AC 50/60hz, 220V/110V.*” [Online]. Available: <https://robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html>. [Accessed: 21-Jun-2019].
- [37] “BTA16-600B.pdf.” .
- [38] “MOC3021 pdf, MOC3021 description, MOC3021 datasheets, MOC3021 view ::: ALLDATASHEET :::” [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/53870/FAIRCHILD/MOC3021.html>. [Accessed: 21-Jun-2019].
- [39] “4n25.pdf.” .
- [40] “Blynk.” [Online]. Available: <https://blynk.io>. [Accessed: 25-May-2019].

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN A

Program NodeMCU (Server) Sebagai Sistem Deteksi pada Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_AMG88xx.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial

Adafruit_AMG88xx amg;
float pixels[AMG88xx_PIXEL_ARRAY_SIZE];

byte ledPin = 2;
char ssid[] = "AlphaGB"; // SSID of
your home WiFi
char pass[] = "123456789"; // password
of your home WiFi
char auth[] = "f699ee5bee744b1ca3cd3203d4b88e9d";
WiFiServer Server(80);
IPAddress ip(192, 168, 43, 161); // IP address of the Server
IPAddress gateway(192,168,43,1); // gateway of your network
IPAddress subnet(255,255,255,0); // subnet mask of your network

int a=1, b=1, c=1, d=1;
float avgbaru;
float Objek;
String kondisi;
float ObjekA;
float ObjekB;
float ObjekC;
float ObjekD;

float batasA = 29; //28.75
float batasB = 28.75; //27
float batasC = 28.75; //27
float batasD = 31;
```

```

WidgetLED ledA(V5);
WidgetLED ledB(V6);
WidgetLED ledC(V7);
WidgetLED ledD(V8);

void avg();
void cetakdata();
void suhuBlynk();
void penentuankondisi();
void kirimkeClient();
void onoffled();

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  WiFi.config(ip, gateway, subnet);           // forces to use the fix IP
  WiFi.begin(ssid, pass);                     // connects to the WiFi
router

  if (!amg.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid AMG88xx sensor");
    while (1);
  }
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Server.begin();
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Blynk.virtualWrite(V0, "Sistem Keamanan Peralatan dimulai...");
}

void loop() {
  amg.readPixels(pixels);
  Blynk.run();
  ObjekA = pixels[19];    //Atur lokasi pixel
  ObjekB = pixels[35];   //Atur lokasi pixel
}

```



```

ObjekC = pixels[50]; //Atur lokasi pixel
ObjekD = pixels[21]; //Atur lokasi pixel
avg();
cetakdata();
suhuBlynk();
penentuankondisi();
onoffled();
//Serial.print(batasA);
WiFiClient Client = Server.available();
if (Client) {
    if (Client.connected()) {
        digitalWrite(ledPin, LOW); // to show the communication only
(inverted logic)
        Client.println(kondisi);
        Client.println('\r');
        Client.flush();
        digitalWrite(ledPin, HIGH);
    }
    Client.stop(); // tarminates the connection with
the Client
}
delay(500);
}

BLYNK_WRITE(V20){
    if(param.asInt() == 1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "\nSystem Restarting...\n\n");
        delay(1000);
        ESP.restart();
        delay(1000);
    }
}

void cetakdata(){
    for(int i=0; i<64; i++){
        Serial.print(pixels[i]);
        Serial.print(" ");
    }
    Serial.print(avgbaru);
}

```

```

    Serial.print("\n");
}

void suhuBlynk(){
    Blynk.virtualWrite(V1, ObjekA);
    Blynk.virtualWrite(V2, ObjekB);
    Blynk.virtualWrite(V3, ObjekC);
    Blynk.virtualWrite(V4, ObjekD);
    Blynk.virtualWrite(V9, avgbaru);
}

void avg(){
    float sum = 0;
    for(int i=0; i<64; i++){
        sum = sum + pixels[i];
    }
    Objek = ObjekA + ObjekB + ObjekC + ObjekD;
    avgbaru = (sum - Objek)/60;
}

void penentuankondisi(){

if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(O
bjekD<=batasD)){
    kondisi = "A";
//    ledA.off();
    if(a==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek A Overheat, Memutuskan Supply
Objek A...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com", "Overheat
Alert!", "Peralatan A Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek A Overheat! Peralatan A akan
diconaktifkan...");
        a=0;
    }
}else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(O
bjekD<=batasD)){
    kondisi = "B";

```

```

        if(b==1){
            Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply
Objek B...\n");
            Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
            Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan
dininonaktifkan...");
            b=0;
        }
    }else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(O
bjekD<=batasD)){
    kondisi = "C";
    if(c==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan
dininonaktifkan...");
        c=0;
    }
    }else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(
ObjekD>batasD)){
    kondisi = "D";
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininonaktifkan...");
        d=0;
    }
    }else
if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(Ob
jekD<=batasD)){
    kondisi = "AB";

```



```

    }
  }else
  if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(ObjekD>batasD)){
    kondisi = "AD";
    if(a==1){
      Blynk.virtualWrite(V0, "Objek A Overheat, Memutuskan Supply
Objek A...\n");
      Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan A Overheat dan akan dinonaktifkan.");
      Blynk.notify("Objek A Overheat! Peralatan A akan
dininonaktifkan...");
      a=0;
    }
    if(d==1){
      Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
      Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
      Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininonaktifkan...");
      d=0;
    }
  }
  }else
  if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(ObjekD<=batasD)){
    kondisi = "BC";
    if(b==1){
      Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply
Objek B...\n");
      Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
      Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan
dininonaktifkan...");
      b=0;
    }
    if(c==1){
      Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");

```

```

        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan
dininaktifkan...");
        c=0;
    }
} else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(O
bjekD>batasD)){
    kondisi = "BD";
    if(b==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply
Objek B...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan
dininaktifkan...");
        b=0;
    }
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininaktifkan...");
        d=0;
    }
} else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(O
bjekD>batasD)){
    kondisi = "CD";
    if(c==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan
dininaktifkan...");

```

```

        c=0;
    }
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininaktifkan...");
        d=0;
    }
} else
if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(Objek
kD<=batasD)){
    kondisi = "ABC";
    if(a==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek A Overheat, Memutuskan Supply
Objek A...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan A Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek A Overheat! Peralatan A akan
dininaktifkan...");
        a=0;
    }
    if(b==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply
Objek B...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan
dininaktifkan...");
        b=0;
    }
    if(c==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan

```

```

dinonaktifkan...");
    c=0;
}
}else
if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC<=batasC)&&(ObjekD>batasD)){
    kondisi = "ABD";
    if(a==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek A Overheat, Memutuskan Supply Objek A...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com", "Overheat Alert!", "Peralatan A Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek A Overheat! Peralatan A akan dinonaktifkan...");
        a=0;
    }
    if(b==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply Objek B...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com", "Overheat Alert!", "Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan dinonaktifkan...");
        b=0;
    }
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com", "Overheat Alert!", "Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan dinonaktifkan...");
        d=0;
    }
}
}else
if((ObjekA>batasA)&&(ObjekB<=batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(ObjekD>batasD)){
    kondisi = "ACD";
    if(a==1){

```



```

        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek A Overheat, Memutuskan Supply
Objek A...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan A Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek A Overheat! Peralatan A akan
dininaktifkan...");
        a=0;
    }
    if(c==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan
dininaktifkan...");
        c=0;
    }
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininaktifkan...");
        d=0;
    }
} else
if((ObjekA<=batasA)&&(ObjekB>batasB)&&(ObjekC>batasC)&&(Ob
jekD>batasD)){
    kondisi = "BCD";
    if(b==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek B Overheat, Memutuskan Supply
Objek B...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan B Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek B Overheat! Peralatan B akan
dininaktifkan...");
        b=0;
    }
}

```



```

    }
    if(c==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek C Overheat, Memutuskan Supply
Objek C...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan C Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek C Overheat! Peralatan C akan
dininaktifkan...");
        c=0;
    }
    if(d==1){
        Blynk.virtualWrite(V0, "Objek D Overheat, Memutuskan Supply
Objek D...\n");
        Blynk.email("andhokotriasto@gmail.com","Overheat
Alert!","Peralatan D Overheat dan akan dinonaktifkan.");
        Blynk.notify("Objek D Overheat! Peralatan D akan
dininaktifkan...");
        d=0;
    }
} else{
    kondisi = "N";
}
}
}

void onoffled(){
    if(a==1){
        ledA.on();
    } else if(a==0){
        ledA.off();
    }
    if(b==1){
        ledB.on();
    } else if(b==0){
        ledB.off();
    }
    if(c==1){
        ledC.on();
    } else if(c==0){
        ledC.off();
    }
}

```

```
}  
if(d==1){  
    ledD.on();  
}else if(d==0){  
    ledD.off();  
}  
}
```

LAMPIRAN B

Program NodeMCU (Client) Sebagai Sistem Aktuator pada Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

byte ledPin = 2;
int a=1, b=1, c=1, d=1, m=1;
char ssid[] = "AlphaGB";           // SSID of your home WiFi
char pass[] = "123456789";         // password of your home
WiFi
char auth[] = "f699ee5bee744b1ca3cd3203d4b88e9d";
unsigned long askTimer = 0;
IPAddress server(192,168,43,161);   // the fix IP address of the
server
WiFiClient client;
void cetak();
void setup() {
    Serial.begin(115200);           // only for debug
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(12, OUTPUT);
    pinMode(13, OUTPUT);
    pinMode(14, OUTPUT);
    pinMode(15, OUTPUT);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(12, HIGH);
    digitalWrite(13, HIGH);
    digitalWrite(14, HIGH);
    digitalWrite(15, HIGH);
    WiFi.begin(ssid, pass);        // connects to the WiFi router
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(500);
    }
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
```

```

void loop () {
    client.connect(server, 80);    // Connection to the server
    digitalWrite(ledPin, LOW);    // to show the communication only
(inverted logic)
    Serial.println(".");
    cetak();
    client.flush();
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(2000);                  // client will trigger the
communication after two seconds
}

void cetak(){
    String answer = client.readStringUntil('\r');    // receives the answer
from the sever
    Serial.println("from server: " + answer);
    if((answer == "A")&&(a==1)){
        Serial.println("Objek A Overheat");
        delay(100);
        Serial.println("Memutuskan Supply Objek A...");
        digitalWrite(14, LOW);
        a=0;
    }
    else if((answer == "B")&&(b==1)){
        Serial.println("Objek B Overheat");
        delay(100);
        Serial.println("Memutuskan Supply Objek B...");
        digitalWrite(12, LOW);
        b=0;
    }
    else if((answer == "C")&&(c==1)){
        Serial.println("Objek C Overheat");
        delay(100);
        Serial.println("Memutuskan Supply Objek C...");
        digitalWrite(13, LOW);
        c=0;
    }
    else if((answer == "D")&&(d==1)){
        Serial.println("Objek D Overheat");
    }
}

```

```

    delay(100);
    Serial.println("Memutuskan Supply Objek D...");
    digitalWrite(15, LOW);
    d=0;
}
else if((answer == "M")&&(m==1)){
    Serial.println("Motor AC Overheat");
    delay(100);
    Serial.println("Menurunkan kecepatan Motor AC...");
    digitalWrite(5, HIGH);
    m=0;
}
else if((answer == "O")&&(m==0)){
    Serial.println("Motor AC Overheat");
    delay(100);
    Serial.println("Menurunkan kecepatan Motor AC...");
    digitalWrite(5, LOW);
    m=1;
}
else if(answer == ""){
    Serial.println("System Restarting...\n");
    delay(1000);
    ESP.restart();
    delay(500);
}
}
}

```

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN C

Program Arduino Nano Sebagai Pengendali Dimmer AC

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>

int m = 1;
int zcPin = 2;
int pwmPin = 3;    // Output to Opto Triac pin (PWM pin)
int nodeMCUpin = 4;
int dimming = 100; // Dimming level (0-128)  0 = ON, 128 = OFF

void setup()
{
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(nodeMCUpin, INPUT);
  digitalWrite(nodeMCUpin, LOW);
  pinMode(pwmPin, OUTPUT); // Set AC Load pin as output
  // Choose the zero cross interrupt # from the table above
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(zcPin),      zero_cross_int,
  RISING);
}

//the interrupt function must take no parameters and return nothing
void zero_cross_int() //function to be fired at the zero crossing to dim
the light
{
  // Firing angle calculation : 1 full 50Hz wave =1/50=20ms
  // Every zerocrossing thus: (50Hz)-> 10ms (1/2 Cycle)
  // For 60Hz => 8.33ms (10.000/120)
  // 10ms=10000us
  // (10000us - 10us) / 128 = 75 (Approx) For 60Hz =>65

  int dimtime = (75*(133-dimming)); // For 60Hz =>65
  delayMicroseconds(dimtime); // Wait till firing the TRIAC
  digitalWrite(pwmPin, HIGH); // Fire the TRIAC
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10); // triac On propagation delay
}
```

```

        // (for 60Hz use 8.33) Some Triacs need a longer period
        digitalWrite(pwmPin, LOW); // No longer trigger the TRIAC (the
next zero crossing will swith it off) TRIAC
    }

void loop() {
    if((digitalRead(nodeMCUpin)==HIGH)&&(m==1)){
        dimming = 40;
        m = 0;
    }
    if((digitalRead(nodeMCUpin)==LOW)&&(m==0)){
        dimming = 100;
        m = 1;
    }
}
}

```

LAMPIRAN D

Program Visualisasi Suhu Kamera Termal pada Aplikasi Processing

```
import Processing.serial.*;

Serial terima;
String data_in;
int jml_pixel = 8;
float[][] kotak = new float[8][8];
int skala = 80;
int batas = 27;

void setup(){
    size(640,640);
    textSize(18);

    String arduino = Serial.list()[1];
    terima = new Serial(this, arduino, 115200);
    terima.bufferUntil('\n');
}

float suhu_min, suhu_max, suhu_rata2 = 0;
int max_i, max_j = 0;
void draw(){
    suhu_min = 100;
    suhu_max = 0;
    suhu_rata2 = 0;
    for (int i=0; i<jml_pixel; i++)
    {
        for (int j=0; j<jml_pixel; j++)
        {
            suhu_rata2 += kotak[i][j];
            if (kotak[i][j] < suhu_min)
            {
                suhu_min = kotak[i][j];
            }
            if (kotak[i][j] > suhu_max)
```

```

    {
        suhu_max = kotak[i][j];
        max_i = i;
        max_j = j;
    }
}
}
suhu_rata2 /= 64;

for (int i=0; i<jml_pixel; i++)
{
    for (int j=0; j<jml_pixel; j++)
    {
        float suhu = kotak[i][j];
        float r = 0;
        float g = 0;
        float b = 0;
        if (suhu <= batas)
        {
            r = 0;
            g = 200;
            b = 0;
        }
        else if (suhu > batas)
        {
            r = map(suhu, suhu_min, suhu_max, 0, 255);
            g = map(suhu, suhu_min, suhu_max, 0, 10);
            b = 0;
        }
        stroke(r, g, b);
        fill(r, g, b);
        rect(i*skala, (jml_pixel-1-j)*skala, skala, skala);

        stroke(255);
        fill(255);
        text(nf(suhu,0,2), (i+0.2)*skala, ((jml_pixel-1-j)+0.6)*skala);
    }
}
}
}

```

```

int a,b,t = 0;
float[] nilai_suhu;
void serialEvent(Serial data){
    data_in = trim(data.readString());

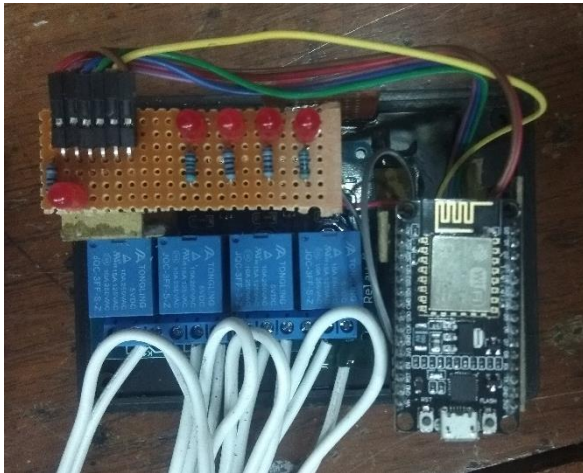
    int count = 0;
    for(a=0; a<8; a++){
        for(b=0; b<8; b++){
            nilai_suhu = float(split(data_in, ' '));
            kotak[a][b] = nilai_suhu[count];
            print(nilai_suhu[count]+"\t");
            count++;
        }
        println();
    }
    println();
}

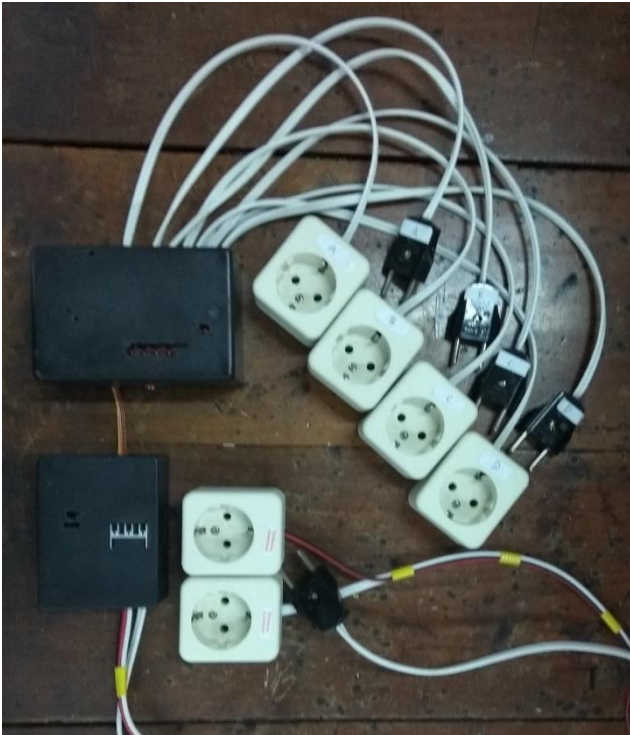
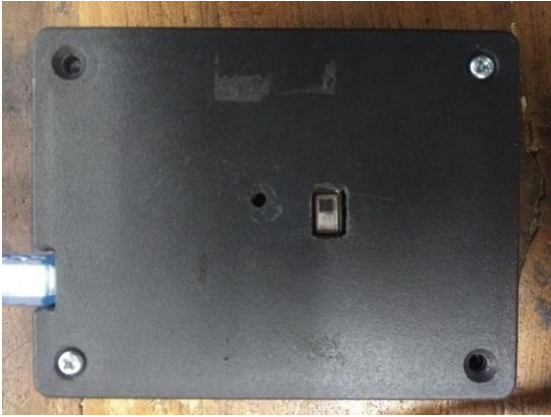
```

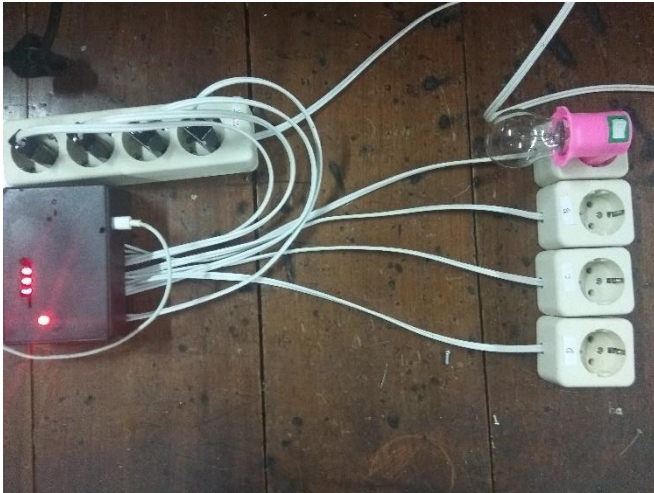
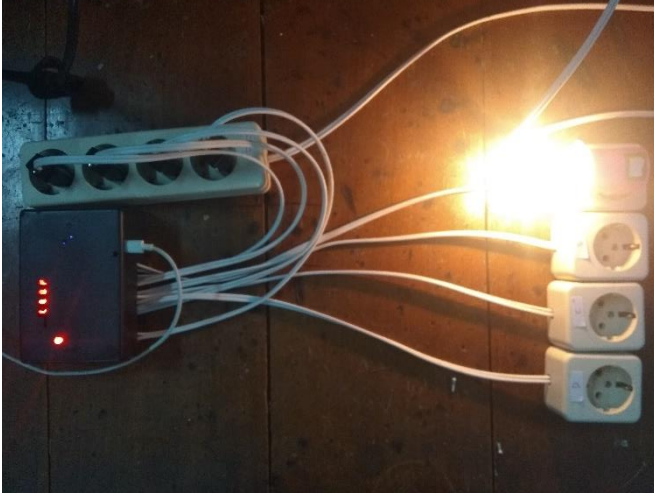
.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

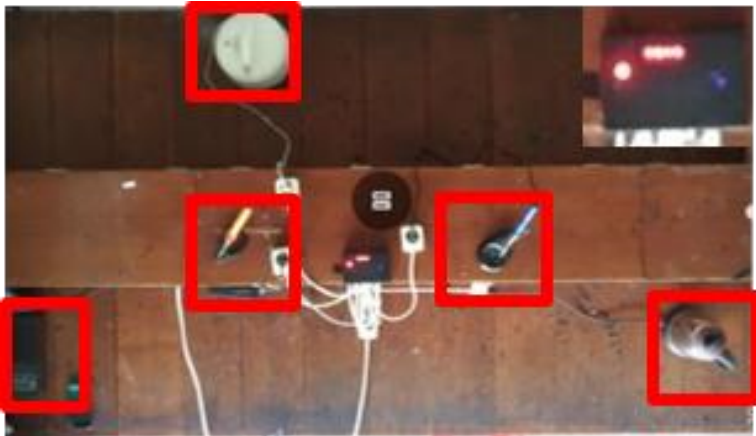
LAMPIRAN E

Dokumentasi Tugas Akhir









24.25	24.75	24.75	25.00	24.75	25.00	24.75	24.00
24.75	24.75	25.50	25.50	25.25	25.00	24.75	24.25
24.50	25.50	Objek D 29.75	25.25	24.75	25.00	24.50	24.50
25.00	25.50	26.00	25.75	25.50	25.25	25.25	24.75
25.25	25.75	27.50	25.50	Objek B 27.25	26.00	25.75	25.25
Laptop 27.25	26.00	26.00	25.75	25.50	25.50	Objek C 26.75	25.25
25.25	25.50	25.50	25.25	25.25	24.75	25.25	25.00
24.75	25.00	25.00	25.25	25.00	25.25	24.75	24.75

25.50	26.25	26.50	26.50	26.25	26.25	26.00	25.50
25.75	26.50	27.50	27.00	26.25	26.00	26.00	25.50
25.75	27.25	41.00	26.75	26.00	26.00	25.75	26.00
26.00	26.75	27.75	26.75	26.75	26.25	26.25	27.50
26.25	26.50	27.75	26.75	28.25	27.00	26.50	27.75
28.00	26.75	26.75	26.75	26.25	26.75	27.00	26.00
26.00	26.75	26.50	26.25	26.00	26.00	26.25	26.00
26.25	26.75	26.50	26.25	25.75	25.75	25.50	25.75

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Infrared Array Sensor Grid-EYE



High Precision Infrared Array Sensor based on Advanced MEMS Technology

Acceleration sensors

Light sensors

Motion sensors

Infrared array sensors

Pressure sensors

Information

Features

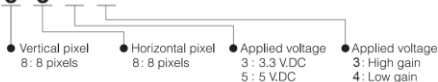
- Temperature detection of two-dimensional area: 8 × 8 (64 pixels)
- Digital output (capability of temperature value output)
- Compact SMD package (adaptively to reflow mounting)
- RoHS compliant

Typical Applications

- High function home appliances (microwaves and air-conditioners)
- Energy saving at office (air-conditioning/lighting control)
- Digital signage
- Automatic doors/elevators

Ordering Information

AMG 8 8



Types

Product name	Number of pixel	Operating voltage	Amplification factor	Part number
Infrared array sensor Grid-EYE	64 (Vertical 8 × Horizontal 8 Matrix)	3.3 V.DC	High gain	AMG8833
			Low gain	AMG8834
		5.0 V.DC	High gain	AMG8853
			Low gain	AMG8854

Tape and reel package : 1,000 pcs.

Rating

Item	Performance	
	High gain	Low gain
Applied voltage	3.3 V.DC±0.3 V.DC or 5.0 V.DC±0.5 V.DC	
Temperature range of measuring object	0 °C to 80 °C +32 °F to +176 °F	-20 °C to 100 °C -4 °F to +212 °F
Operating temperature range	0 °C to 80 °C +32 °F to +176 °F	-20 °C to 80 °C -4 °F to +176 °F
Storage temperature range	-20 °C to 80 °C -4 °F to +176 °F	-20 °C to 80 °C -4 °F to +176 °F

Panasonic Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG88)

Absolute Maximum Ratings

Item	Absolute maximum ratings	Terminal
Applied voltage	-0.3 V.DC to 6.5 V.DC	VDD
Input voltage	-0.3 V.DC to VDD +0.3 V.DC	SCL, SDA, AD_SELECT
Output sink current	-10 mA to 10 mA	INT, SDA
Static electricity (Human body model)	1 kV	All terminals
Static electricity (Machine model)	200 V	All terminals

Characteristics

Item	Performance	
	High gain	Low gain
Temperature accuracy	Typical $\pm 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\pm 4.5\text{ }^{\circ}\text{F}$	Typical $\pm 3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\pm 5.4\text{ }^{\circ}\text{F}$
Human detection distance *1	Max. 7 m 22,966 ft	
Viewing angle	Typical 60 °	
Optical axis gap	Within Typical $\pm 5.6\text{ }^{\circ}$	
Current consumption	Typical 4.5 mA (normal mode) Typical 0.2 mA (sleep mode) Typical 0.8 mA (stand-by mode)	
Setup time	Typical 50 ms (Time to enable communication after setup) Typical 15 s (Time to stabilize output after setup)	

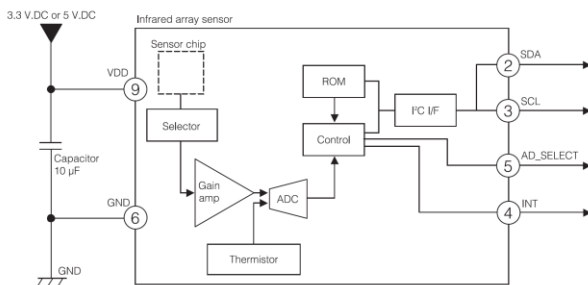
Note: *1 To have more than 4 °C 7.2 °F of temperature difference from background
Detection object size: 700 × 250 mm 27.559 × 9.843 inch (Assumable human body size)

Performance

Item	Performance
Number of pixel	64 (Vertical 8 × Horizontal 8 Matrix)
External interface	I ² C (fast mode)
Frame rate	Typical 10 frames/sec or 1 frame/sec
Operating mode *1	Normal Sleep Stand-by (10 sec or 60 sec intermittence)
Output mode	Temperature output
Calculate mode	No moving average or Twice moving average
Temperature output resolution	0.25 °C
Number of sensor address	2 (I ² C slave address)
Thermistor output temperature range	-20 °C to 80 °C -4 °F to +176 °F
Thermistor output resolution	0.0625 °C

Note: *1 Normal Mode : normal operation mode; Sleep Mode: detection is off (output and data reading not possible); Standby Mode: 1 frame measuring intermittently every 10 or 60 sec.

Internal Circuit



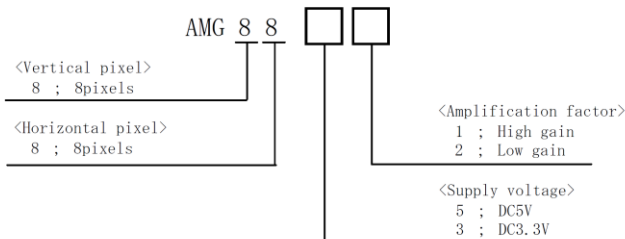
* INT terminal (④) normally has same voltage as VDD. When interrupting, same as GND (0V)

Design and specifications are each subject to change without notice. Ask factory for the current technical specifications before purchase and/or use.
Should a safety concern arise regarding this product, please be sure to contact us immediately.

1. Name : Infrared Array Sensor "Grid-EYE"

2. Part No. :

2-1 Part No. System



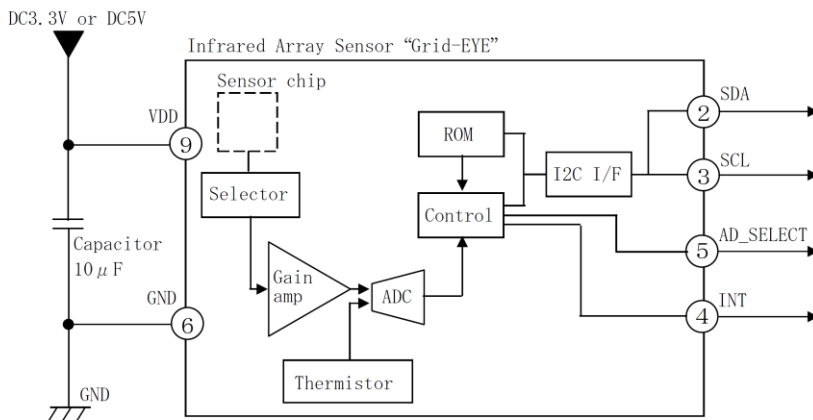
2-2 Part No. List

- AMG8831 (VDD=3.3V , High gain type)
- AMG8832 (VDD=3.3V , Low gain type)
- AMG8851 (VDD=5V , High gain type)
- AMG8852 (VDD=5V , Low gain type)

3. Drawing : AMG8851 Product drawing

4. Characteristics

4-1 Internal circuit



*④INT terminal normally has same voltage as VDD. When interrupting, same as GND(0V).

*Regarding of recommended external circuit, please refer to section 4-9.

Panasonic Corporation Automation Controls Business Unit	DESIGNED	DATE : Aug. 30. 2011
	CHECKED	REFERENCE ONLY
	ENACTED	

TITLE	SPECIFICATIONS FOR Infrared Array Sensor	PAGE	2/26
-------	--	------	------

NAME	Infrared Array Sensor "Grid-EYE"	AMG88**
------	----------------------------------	---------

4-2 Main Functions

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

4-3 Absolute Maximum Ratings

Item	Specification	Terminal
Applied voltage	-0.3~6.5V	VDD, VPP
Input/Output voltage	-0.3~Vdd+0.3V	SCL, SDA, AD_SELECT
Output current	-10~10mA	INT, SDA
ESD (Human Body Model)	1kV	All Terminals
ESD (Machine Model)	200V	All Terminals

4-4 Ratings

Item	Specification	
	High gain	Low gain
Applied voltage	3.3V±0.3V or 5.0V±0.5V	
Temperature Range of Measuring Object	0°C~80°C	-20°C~100°C
Operating temperature	0°C~80°C	-20°C~80°C
Storage temperature	-20°C~80°C	

REFERENCE ONLY

DATE : Aug. 30. 2011

TITLE	SPECIFICATIONS FOR Infrared Array Sensor	PAGE	3/26
NAME	Infrared Array Sensor "Grid-EYE"		AMG88**

4-5 Characteristics

Item	Specification	
	High gain	Low gain
Temperature Accuracy	Within Typ. $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$	Within Typ. $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$
Rated detection distance *1	5m (Max.)	
Field of View	Typ. 60° (Horizontal, Vertical)	
Optical Axis Gap	Within Typ. $\pm 5.6^{\circ}$ (Horizontal, Vertical)	
Current Consumption	Typ. 4.5mA (normal mode) Typ. 0.2mA (sleep mode) Typ. 0.8mA (stand-by mode)	
Setup Time	Typ. 50msec (Time to enable Communication after Setup) Typ. 15sec (Time to stabilize Output after Setup)	

- ※1
- To have more than 4°C of temperature difference from background
 - Detection object size : $700 \times 250\text{mm}$ (Assumable human body size)

4-6 Electric characteristics

(1) Characteristics of the SDA and SCL I/O stages

parameter	symbol	Min.	Max.	unit
Low level input voltage	V_{IL}	-0.3	$0.3 \times VDD$	V
High level input voltage	V_{IH}	$0.7 \times VDD$	$VDD + 0.3$	V
Hysteresis (SDA, SCL)	V_{HYS}	$0.05 \times VDD$		V
Low level output voltage (at 3mA sink current)	V_{OL}	0	0.4	V
Output fall time from V_{IHmin} to V_{ILmax} with a bus capacitance from 10pF to 400pF	t_{of}	$20 + C_b$	250	ns
Pulse width of spikes which must be suppressed by the input filter	t_{SP}	0	50	ns
Input current each I/O pin with an input voltage between $0.1 \times VDD \sim 0.9 \times VDD$	I_i	-10	10	μA
Capacitance for each I/O pin	C_i	-	10	pF

REFERENCE ONLY

DATE : Aug. 30. 2011

TITLE	SPECIFICATIONS FOR Infrared Array Sensor	PAGE	4/26
NAME	Infrared Array Sensor "Grid-EYE"		AMG88**

(2) Characteristics of the SDA and SCL bus lines

parameter	symbol	Min.	Max.	unit
SCL clock frequency	f_{SCL}	0	400	kHz
Hold time (repeated) START condition.	$t_{HD:STA}$	600	-	ns
Low period of the SCL clock	t_{LOW}	1.3		μs
High period of the SCL clock	T_{HIGH}	0.6		μs
Set-up time for a repeated START condition	$t_{SU:STA}$	0.6		μs
Data hold time	$t_{HD:DAT}$	0	900	ns
Data set-up time	$t_{SU:DAT}$	100		ns
Rise time of both SDA and SCL signals ($f_{SCL} > 100kHz$)	t_r	$20+0.1 \times C_b$	300	ns
Rise time of both SDA and SCL signals ($f_{SCL} \leq 100kHz$)	t_r		1000	ns
Fall time of both SDA and SCL signals	t_f	$20+0.1 \times C_b$	300	ns
Set-up time for STOP condition	$t_{SU:STO}$	600		ns
Bus free time between a STOP and START condition	t_{BUF}	1300		ns
Capacitive load for each bus line	C_b		400	pF

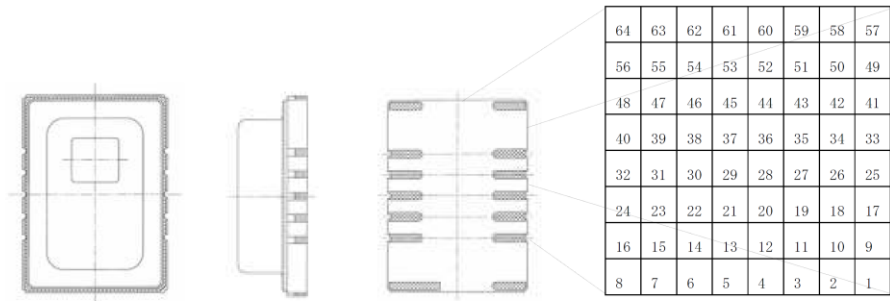
REFERENCE ONLY

DATE : Aug. 30. 2011

4-7 Pixel Array & Viewing Field

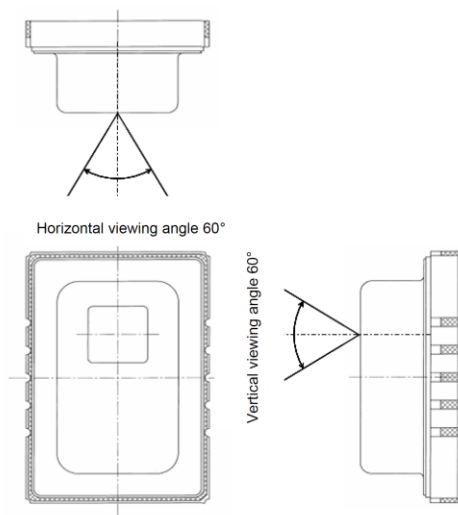
(1) Pixel Array

Pixel Array from 1 to 64 is shown below.



(2) Viewing Field

Sensor Viewing Field (Typical) is shown below.



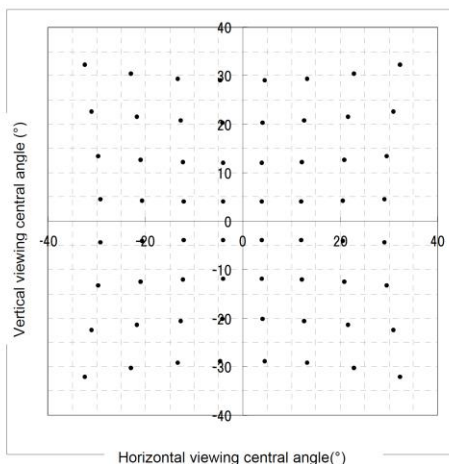
REFERENCE ONLY

DATE : Aug. 30, 2011

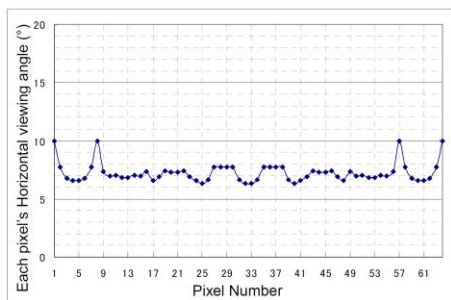
TITLE	SPECIFICATIONS FOR Infrared Array Sensor	PAGE	6/26
NAME	Infrared Array Sensor "Grid-EYE"		AMG88**

(3)Typical characteristics : Each pixel's viewing central angle
 *Regarding of Pixel Array, please refer to 4-7(1).

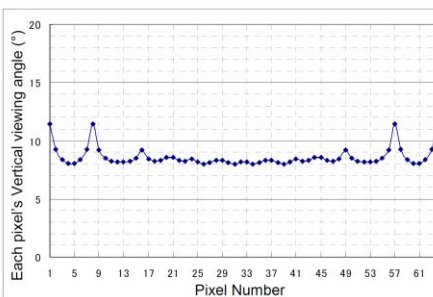
Sensor's optical center (the origin of graph below) gap
 : within Typ. $\pm 5.6^\circ$ (Both of horizontal and vertical directions)



(4)Typical characteristics : Each pixel's viewing angle (half angle)
 Central 4 pixels (Pixel No. 28, 29, 36, 37) viewing angle (half angle) :
 horizontal direction Typ. 7.7°
 vertical direction Typ. 8°



Each pixel's Horizontal viewing angle



Each pixel's vertical viewing angle

REFERENCE ONLY

DATE : Aug. 30. 2011

BIODATA PENULIS



Penulis buku ini memiliki nama lengkap Andhoko Gandung Hawali Triasto, dengan nama panggilan Andhoko atau Angga. Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 30 April 1998, dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menghabiskan masa kecil nya di Bekasi dan Jakarta sampai dengan jenjang SMA. Penulis lulus dari TK Ar-Rachman pada tahun 2004 dan melanjutkan pendidikan ke sekolah dasar di SDIT Nur Hikmah (2004-2010). Penulis sempat masuk ke kelas akselerasi ketika bersekolah di SMP Labschool Jakarta sehingga menyelesaikan jenjang SMP dalam dua tahun (2010-2012), dan langsung melanjutkan sekolah di SMA Labschool Jakarta (2012-2015). Setelah lulus SMA, penulis memutuskan untuk merantau ke Surabaya untuk mengambil gelar Sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis memiliki karakter yang cenderung serius dalam mengerjakan sesuatu, walaupun sering menunda-nunda pekerjaan, ketika sudah serius tidak dapat dihentikan. Penulis memiliki hobi menggambar, *handcraft*, dan mengutak-atik dan memerhatikan barang untuk mengetahui bagaimana cara kerjanya.

Email : andhokotriasto@gmail.com
Hp/WA : 0857-10521011
Facebook : Andhoko Triasto, Angga GHT
Line : andhoko-angga

