

Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal

Andhoko Gandung Hawali Triasto, Muhammad Rivai

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak— Semakin majunya teknologi, semakin banyak mesin dan peralatan yang dapat bekerja secara otomatis, dimana agar tidak terjadi kesalahan atau hubung singkat 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, maka akan menjadi tidak efisien. Untuk itu 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 maka tidak diperlukan lagi sensor temperatur sebagai sistem keamanan pada peralatan itu sendiri. Dalam penelitian ini, jenis kamera termal yang digunakan berupa AMG8833 IR *Thermal Camera* yang merupakan sensor termal dengan array 8x8 yang dapat menampilkan 64 piksel pembacaan temperatur infra merah. Sensor ini 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. Kamera termal digunakan sebagai sensor tunggal untuk mendeteksi dan membedakan peralatan yang mengalami kelebihan temperatur. Relay dan triac MOC3021 digunakan 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 mengatur besarnya tegangan yang diberikan sesuai kondisi temperatur motor. Sistem ini dapat memonitor data temperatur lewat aplikasi Blynk dan dapat mencegah terjadinya kerusakan alat maupun kecelakaan lainnya seperti kebakaran pada alat atau kabel secara otomatis.

Kata Kunci— IoT, Kamera Termal, Sistem Keamanan Peralatan.

I. PENDAHULUAN

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, keamanan dari adanya kebocoran gas atau kebakaran, dan kerusakan peralatan [2]. Kebakaran peralatan umumnya disebabkan oleh hubungan singkat listrik sehingga menghasilkan panas yang berlebih pada peralatan maupun koneksi kabel dan stop kontak. Kebakaran pada peralatan dapat terjadi karena kondisi peralatan yang sudah *overheating* yang tetap dialiri arus listrik sehingga dapat menyebabkan pembungkus kabel atau stop kontak meleleh dan terbakar sehingga menjalar

keperalatan dan merusaknya [3]–[5].

Semakin majunya teknologi, semakin banyak jenis mesin atau peralatan otomatis. Dengan memberikan sistem keamanan pada peralatan tersebut maka peralatan dengan aman dapat beroperasi dan dipantau, sehingga 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 dibuat sistem keamanan untuk masing-masing peralatan tersebut, maka akan menjadi tidak efisien. Untuk itu diperlukan sistem keamanan yang dengan efisien dapat memantau semua peralatan yang ada dalam satu ruang dengan hanya menggunakan sebuah sensor.

Dengan menggunakan kamera termal sebagai sensor tunggal akan dapat memantau kondisi temperatur dari semua peralatan yang tertangkap oleh kamera pada ruangan tersebut [6], [7]. 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 atau diatur tegangan suplainya dan peralatan mana yang bisa dibiarkan beroperasi seperti biasa. Penggunaan pencitraan termal atau monitoring alat menggunakan kamera termal jauh lebih nyaman daripada metode monitoring konvensional [8]. Dan dengan bantuan komunikasi IoT, maka dapat dilakukan pemantauan dari jarak jauh secara nirkabel [9].

Dengan kamera termal, pemilik alat atau operator dapat memelihara dan memonitor peralatan atau mesin tanpa perlu berada di lokasi karena sistem sudah akan mematikan atau mengatur tegangan suplai peralatan yang mengalami kelebihan temperatur secara otomatis secara IoT [10]. Sehingga tidak terjadi kebakaran akibat terjadinya hubungan singkat kabel atau stop kontak dan terutama kerusakan atau hubung singkat pada peralatan itu sendiri. Kamera termal dapat meningkatkan keamanan secara signifikan. Hal ini dikarenakan tingginya temperatur peralatan tidak dapat dilihat melalui mata, tetapi dapat terlihat oleh kamera termal, sehingga dapat mengurangi terjadinya kerusakan alat dan kebakaran.

II. DASAR TEORI

A. Infrared Array Sensor Grid-Eye (AMG8833)

AMG8833 IR *Thermal Camera* merupakan sensor inframerah atau termal dengan presisi tinggi, ditunjukkan pada Gambar 1. Sensor ini dapat mendeteksi temperatur dalam area dua dimensional dengan luas array 8x8 (64 piksel)

Tabel 1.
Spesifikasi NodeMCU ESP8266

Standar Wireless	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 Output GPIO	15 mA
Arus Operasi	12 - 200 mA
Arus Cadangan	< 200 uA
Temperatur Operasi	-40 °C - 125 °C
Transmisi Serial	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Tipe Jaringan Wireless	STA / AP / STA + AP
Tipe Keamanan	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Tipe Enskripsi	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Upgrade Firmware	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Protokol Jaringan	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP

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 ±2,5°C (4,5°F) yang 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 [11].

B. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan platform IoT yang bersifat terbuka (*open source*), ditunjukkan pada Gambar 2. 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* [12].

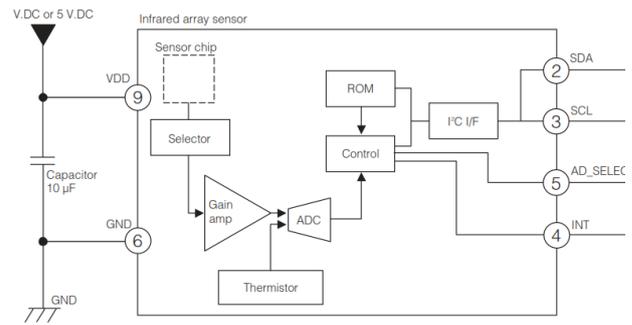
NodeMCU memiliki tegangan operasi sebesar 3,3V_{olt} dan dapat disuplai daya dengan kabel USB yang dilengkapi dengan kemampuan koneksi tanpa kabel (*wireless*) dan antenna PCB di chip ESP-12E. NodeMCU mampu melakukan komunikasi PWM, I2C, SPI, UART dan hanya memiliki satu buah pin analog, ditunjukkan pada Tabel 1.

C. Relay

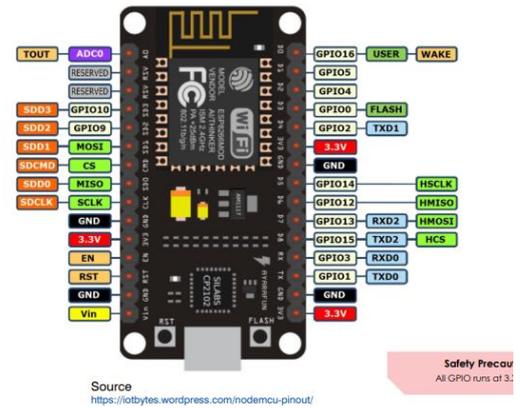
Relay merupakan komponen elektromekanik yang memanfaatkan prinsip gaya elektromagnetik untuk dapat menggerakkan kontak dari posisi terbuka menjadi posisi tertutup dan sebaliknya. Relay merupakan komponen output (aktuator), dimana bisa digunakan untuk memungkinkan rangkaian elektronik ataupun sirkuit tipe komputer dengan daya rendah, agar dapat mengatur rangkaian bertegangan atau berarus tinggi menjadi “ON” atau “OFF” [13]–[15].

D. Dimmer AC

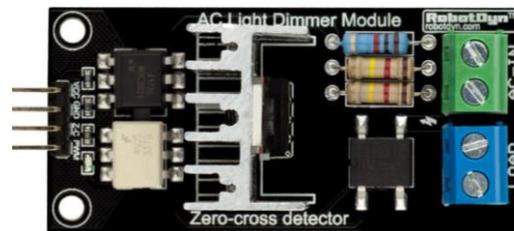
Dimmer AC dirancang untuk dapat mengendalikan tegangan arus bolak-balik, dimana dapat mengalirkan arus



Gambar 1. Rangkaian internal sensor AMG8833.



Gambar 2. Diagram pin NodeMCU ESP8266.

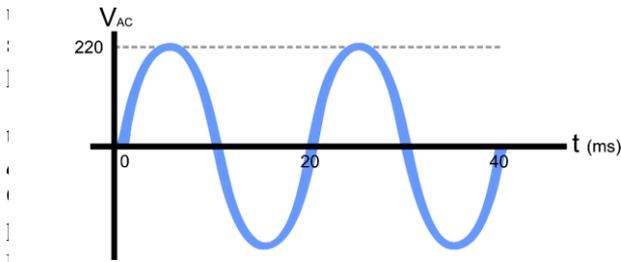


Gambar 3. Modul *dimmer AC* tampak atas.

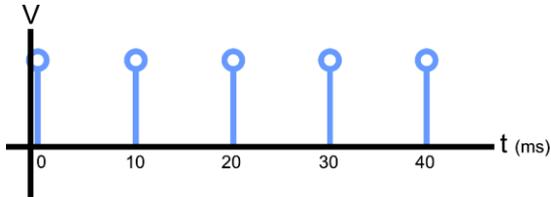
Tabel 2.
Spesifikasi modul *dimmer AC*

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

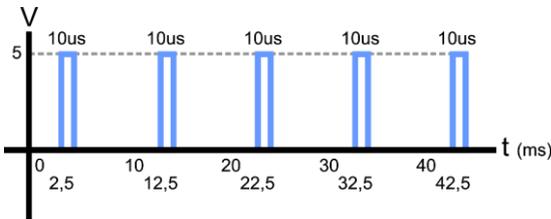
hingga 600V/16A, *dimmer* dapat digunakan untuk mematikan dan menyalakan lampu atau peralatan penghasil panas, kipas angin, pompa, dan motor AC lainnya. *Dimmer* juga dapat digunakan untuk secara perlahan mengubah intensitas cahaya lampu. Modul *dimmer* dapat mentoleransi tegangan logika 3,3V_{olt} dan 5V_{olt}, 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, ditunjukkan pada Gambar 3. *Dimmer* terhubung ke mikrokontroler lewat dua pin digital. Dimana pin Z-C (*Zero Crossing*) digunakan



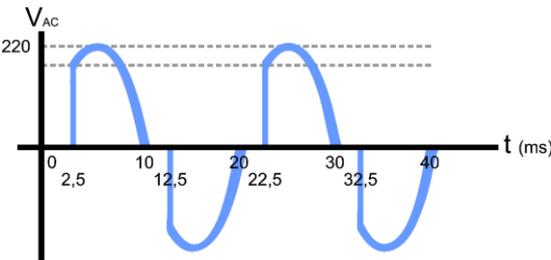
Gambar 4. Sinyal AC input modul *dimmer*



Gambar 5. Sinyal output pin Z-C.



Gambar 6. Sinyal input pin PWM.



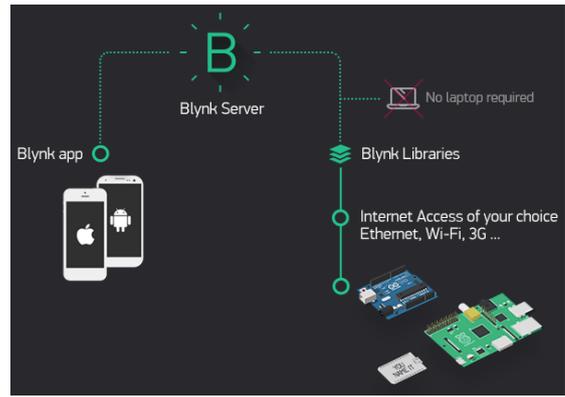
Gambar 7. Sinyal tegangan AC output modul *dimmer*

E. Blynk

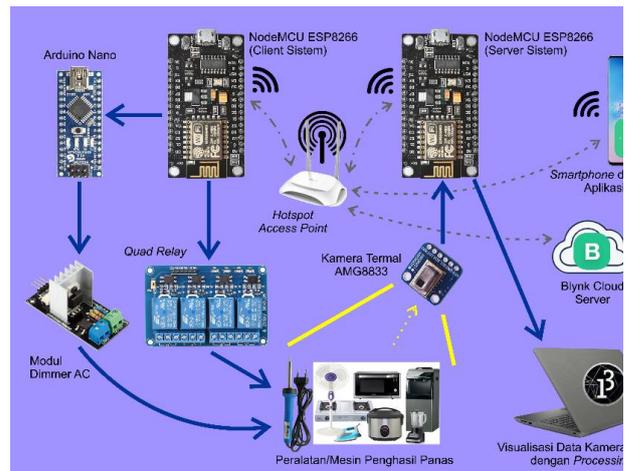
Blynk didesain untuk IoT dimana Blynk dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, menampilkan data dari sensor, menyimpan data, dan memvisualisasikan data dan lainnya. Terdapat tiga komponen utama pada Blynk, yaitu Aplikasi, Server, dan *Library*. Aplikasi Blynk membolehkan pengguna untuk mendesain 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. Setiap kali tombol virtual Blynk pada *smartphone* ditekan, maka perintah terkirim ke Cloud Blynk, kemudian langsung diteruskan ke perangkat keras, dan sebaliknya [17].

III. PERANCANGAN SISTEM

Alat yang dirancang ini 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*). Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama



Gambar 8. Koneksi Blynk



Gambar 9. Skema sistem keseluruhan.

pembacaan data kamera termal dan pendeteksian peralatan yang *overheating*. NodeMCU 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. 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* digunakan di dalam sistem sebagai koneksi antara kedua NodeMCU ESP8266 dan Smartphone.

A. Sistem Deteksi

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

Sistem yang terhubung dengan *dimmer AC* 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 sistem yang terhubung dengan relay hanya cukup mendeteksi kelebihan temperatur pada peralatan untuk dapat mematikan dan memutuskan sumber tegangan peralatan tersebut.

Tabel 3.
Urutan piksel data temperatur termal kamera

1	2	3	4	5	6	7	8
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

Tabel 4.
Temperatur batas tiap peralatan yang dijadikan 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

Tabel 5.
Hasil pengujian sistem keamanan motor AC dengan modul *dimmer* AC.

Waktu	Temperatur (°C)	Rotasi
13.00	26	Cepat
14.48	26,5	Lambat
15.00	26,25	Lambat
23.30	25,75	Lambat
23.58	25,5	Cepat
25.00	25,75	Cepat

B. Sistem Aktuator

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 atau *dimmer* AC yang harus diatur tegangan outputnya untuk dapat mengatasi kelebihan temperatur pada alat yang terdeteksi.

C. Pengaturan Kecepatan Motor AC dari Arduino Nano Lewat Modul Dimmer AC

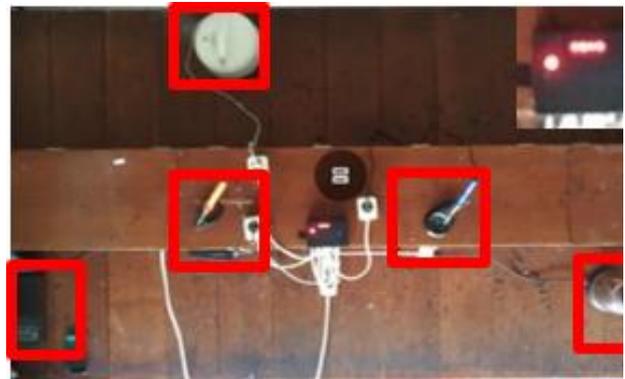
Deteksi *zero-cross* digunakan pada modul *dimmer* AC untuk mendeteksi titik nol sinyal AC dan dikirimkan sebagai sinyal *interrupt* ke Arduino Nano sehingga dapat dengan cepat dan tepat menentukan besarnya penundaan untuk mengaktifkan triac. Hal ini dibutuhkan untuk mengatur tegangan dan arus yang diteruskan ke peralatan. 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, maka dibuat terlebih dahulu integer jangkauan (*range*) dari 0-128. 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*.

D. Visualisasi Data Kamera Termal

Setelah data temperatur dari kamera termal diproses oleh NodeMCU (*Server*), untuk lebih memperjelas kondisi peralatan secara visual, maka data temperatur 64 array dikirim oleh NodeMCU ke Arduino Nano, untuk selanjutnya dikirim ke aplikasi *Processing* pada komputer lewat kabel



Gambar 10. Visualisasi data temperatur dan posisi piksel peralatan.



Gambar 11. Lokasi penempatan tiap peralatan.

USB. Data yang didapat dicetak pada *processing* dengan urutan array piksel seperti Tabel 3.

E. Tampilan Aplikasi Blynk pada Smartphone

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 *re-start* 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*.

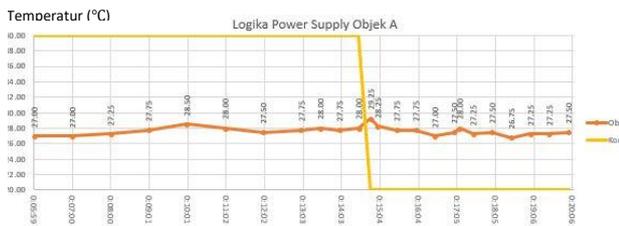
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Penentuan Temperatur Batas Tiap 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 25-80Watt, *Water Heater* 600Watt, *Rice Cooker* 45Watt saat kondisi menghangatkan dan 300Watt ketika kondisi memasak, dan Kipas Angin dengan Motor AC 45Watt, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Dari data yang didapat

Tabel 6.
Data hasil pengujian sistem keseluruhan.

Waktu	Solder A		Rice Cooker		Temp. Ruang
	Temp (°C)	Kondisi	Temp (°C)	Kondisi	
13.00	27,75	Nyala	28	Nyala	24,44
14.49	29,25	Mati	30,25	Nyala	25,91
17.09	28	Mati	50,5	Mati	25,89
17.30	27,25	Mati	49,75	Mati	25,38



Gambar 12. Grafik perubahan temperatur terhadap kondisi Solder A.



Gambar 13. Grafik perubahan temperatur terhadap kondisi Rice Cooker.

pada pengamatan deteksi temperatur peralatan, dapat ditentukan batas temperatur untuk masing-masing alat, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

B. Pengujian Sistem Keamanan Motor AC

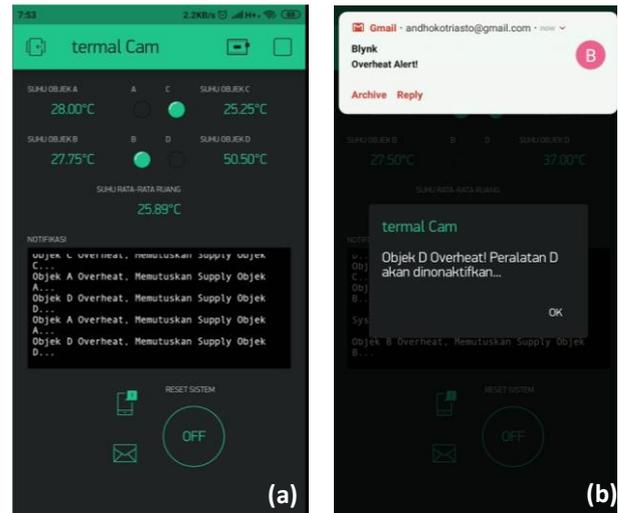
Pada pengujian sistem keamanan motor AC digunakan *dimmer* AC sebagai aktuator untuk mengatur kecepatan dari motor. Pada kondisi normal, *dimmer* AC diatur untuk mengalirkan tegangan keluaran dengan nilai integer 100, dimana dari data pengamatan motor didapatkan tegangan keluaran bernilai 207VAC, dengan 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 yang menyebabkan 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 ini 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.

C. 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 yang



Gambar 14. Tampilan antarmuka sistem pada aplikasi Blynk *smartphone*.

ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 6.

D. 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 ditampilkan oleh aplikasi Blynk sesuai dengan lokasi piksel, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7. Untuk Gambar 14 (a) merupakan kondisi Blynk ketika Objek A dan Objek D telah terdeteksi mengalami kelebihan temperatur dengan LED virtual yang mati menandakan bahwa suplai tegangan ke peralatan tersebut telah diputus. Sedangkan untuk Gambar 14 (b) merupakan kondisi Blynk atau *smartphone* ketika mendapatkan notifikasi dari sistem keamanan dalam bentuk *email* dan notifikasi aplikasi Blynk.

E. Analisa Keseluruhan Sistem

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 relay yang tepat. 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.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibuat 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°C), *Water Heater* (>28,75°C), dan *Rice Cooker* (>31°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 berbasis kamera termal ini dapat digunakan pada lapangan industri besar yang banyak menggunakan mesin-mesin berat yang menghasilkan panas dengan temperatur tinggi sebagai sistem monitoring dan keamanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. K. Wong, P. N. Tan, C. K. Loo, dan W. S. Lim, "An Effective Surveillance System Using Thermal Camera," dalam *2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing*, Kuala Lumpur, Malaysia (2009), hlm. 13–17.
- [2] J. Bangali dan A. Shaligram, "Design and Implementation of Security Systems for Smart Home based on GSM technology," *Int. J. Smart Home*, vol. 7, no. 6 (2013), hlm. 201–208.
- [3] "Panas Berlebih Pada Rangkaian Listrik • Safety Sign Indonesia - Rambu K3, Lalu Lintas, Exit & Emergency, Label B3," *safetysign.co.id*. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.safetysign.co.id/news/173/Panas-Berlebih-Pada-Rangkaian-Listrik>. [Diakses: 25-Mei-2019].
- [4] Hendra Irawan, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman, "Rancang Bangun Wireless Sensor Network Pada Pendeteksi Dini Potensi Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Banana Pi IoT", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, No. 2 (2017), hlm. C264-268
- [5] Widya Yanuar Samsudin, Muhammad Rivai, Tasripan, "Sistem Pemetaan Suhu Permukaan Lahan Menggunakan Sensor Inframerah untuk Pendeteksi Dini Kebakaran", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 7, No. 1 (2018), hlm A193-198
- [6] M. Dzulkifli S., Muhammad Rivai, Suwito, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5, No. 2 (2015), pp. A261-266
- [7] Muhammad Rivai, Totok Mujiono, Djoko Purwanto, "Pengaruh Variasi Suhu Periodik Terhadap Selektivitas Sensor Gas Semikonduktor", *Jurnal Industri-Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, Vol. 8, No.1 (2009), hal: 59-64
- [8] Fahmi Huda Zakariya, Muhammad Rivai, Nurul Aini, "Effect of Automatic Plant Acoustic Frequency Technology (PAFT) on Mustard Pakcoy (*Brassicarapa* var. *parachinensis*) Plant Using Temperature and Humidity Parameters", *International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA)*, Surabaya (2017), pp. 334-339
- [9] W. K. Wong, Z. Y. Chew, C. K. Loo, dan W. S. Lim, "An Effective Trespasser Detection System Using Thermal Camera," dalam *2010 Second International Conference on Computer Research and Development*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2010, hlm. 702–706.
- [10] Dwita Mido Gumelar, Muhammad Rivai, Tasripan, "Rancang Bangun Wireless Electronic Nose berbasis Teknologi Internet of Things", *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, No. 2 (2017), pp. A766-770
- [11] Datasheet Kamera Termal, "Grid-EYE AMG888.pdf".
- [12] Datasheet Mikrokontroler NodeMCU ESP8266, "NodeMCU-ESP8266-ESP-12E-Catalogue.pdf".
- [13] "Relay Switch Circuit and Relay Switching Circuit." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>. [Diakses: 13-Des-2018].
- [14] "Relay - Wikipedia." [Daring]. Tersedia pada: <https://en.wikipedia.org/wiki/Relay>. [Diakses: 13-Des-2018].
- [15] K. B. Rexford dan P. R. Giuliani, *Electrical control for machines*, 6th ed. Clifton Park, NY: Thomson Learning (2004).
- [16] "AC Light Dimmer Module, 1 Channel, 3.3V/5V logic, AC 50/60hz, 220V/110V." [Daring]. Tersedia pada: <https://robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html>. [Diakses: 21-Jun-2019].
- [17] "Blynk." [Daring]. Tersedia pada: <https://blynk.io>. [Diakses: 25-Mei-2019].