

Implementasi *Thermal Camera* Pada Pengaturan Pendingin Ruangan

Imam Sasongko Jati dan Muhammad Rivai

Jurusan Elektronika, Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

imamsjati@gmail.com, muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak— Masyarakat saat ini memiliki minat yang tinggi dalam penggunaan pendingin ruangan atau *Air Conditioner (AC)*. Pada umumnya, penggunaan AC bertujuan untuk meningkatkan rasa nyaman ketika pengguna berada di dalam ruangan. Beberapa produsen saat ini telah menerapkan teknologi guna meningkatkan kenyamanan maupun menekan konsumsi daya. Salah satu cara meningkatkan tingkat kenyamanan pengguna adalah dengan membuat sistem pengaturan suhu AC berdasarkan estimasi jumlah orang dalam ruangan. *Thermal Camera* AMG8833 8x8 pixel digunakan sebagai sensor yang dapat membaca sebaran data thermal dalam ruangan. Estimasi jumlah orang didapatkan dari histogram sebaran data thermal ruang menggunakan distribusi frekuensi pada rentang suhu tubuh manusia. Arduino Uno sebagai mikrokontroler berfungsi untuk membaca data dari *Thermal Camera*, mengolahnya, serta memberikan instruksi pada AC sebagai pengganti remote konvensional. *Infrared Transmitter* sebagai perangkat yang digunakan untuk mengirimkan instruksi yang diberikan mikrokontroler kepada AC untuk merubah set point suhu. Dari percobaan yang telah dilakukan, perangkat yang dibangun memiliki tingkat keberhasilan 81,25%.

Kata Kunci— *Air Conditioner, Arduino, IR Remote, Thermal Camera*

I. PENDAHULUAN

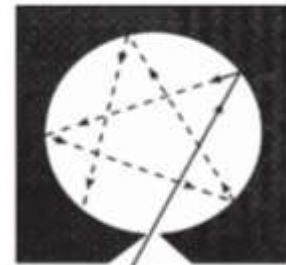
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perangkat untuk meningkatkan kenyamanan pengguna pendingin ruangan berdasarkan estimasi jumlah orang dalam ruangan.]. Baiknya pengaturan suhu ruangan berdasarkan kebutuhan. Ruangan dengan banyak orang dan sedikit orang akan berbeda pengaturannya. Pengaturan tersebut selain membuat kompresor AC bekerja secara optimal, juga membuat penghuni ruangan menjadi lebih nyaman [1]. Tidak terlalu dingin sehingga penghuni dalam ruangan berpotensi untuk mengalami peradangan kulit, infeksi jamur pada kaki, hingga radang dingin. Sedangkan jika ruangan terlalu panas dikhawatirkan juga dapat menyebabkan dehidrasi, kejang otot, dan kehilangan kontrol tubuh. Ruangan yang panas atau lembab dapat menimbulkan reaksi-reaksi psikologis dari seseorang. Kenyamanan termal yang berubah di luar kondisi normal dapat berpengaruh terhadap kondisi seseorang baik itu ketidaknyamanan fisik (berkeringat/evaporasi, cepat lelah, kurang oksigen sehingga menjadi mudah mengantuk), maupun ketidaknyamanan mental seperti munculnya berbagai macam sugesti negatif bagi penghuni ruangan tersebut. Standart yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001 ada tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian, yaitu:

Sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,5°C - 22,8 °C, nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,8 °C - 25,8 °C, dan hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,8 °C - 27,1 °C. Parameter yang diambil adalah jumlah orang dalam ruangan. Perangkat instrumen yang diperlukan untuk mendapatkan parameter tersebut adalah menggunakan *Thermal Camera*, karena *Thermal Camera* mampu menangkap sinyal inframerah yang dipancarkan oleh manusia yang besarnya 10um. Setelah menangkap sinyal inframerah tersebut hasilnya akan digambarkan melalui histogram, dari histogram dapat diketahui jumlah manusia yang terdapat dalam ruangan tersebut. Ketika nilai parameter sudah didapat berikutnya dapat dilakukan pengaturan temperatur dari AC. Diharapkan dengan pengaturan tersebut beban dari kompresor dapat berkurang karena pengaturan temperatur berdasarkan parameter yang ada dan penghuni dalam ruangan dapat semakin nyaman sehingga mampu bekerja maupun belajar secara optimal.

II. DASAR TEORI

A. Radiasi Benda Hitam (*Black Body Radiation*)

Benda hitam adalah sebuah benda yang menyerap seluruh radiasi yang diterima. Energi yang terserap akan memanaskan, dan kemudian akan memancarkan radiasinya sendiri. Radiasi benda hitam adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh sebuah benda hitam. Radiasi ini menjangkau seluruh daerah panjang gelombang. Distribusi energi pada daerah panjang gelombang ini memiliki ciri khusus, yaitu suatu nilai maksimum pada panjang gelombang tertentu. Letak nilai maksimum tergantung pada temperatur, yang akan bergeser ke arah panjang gelombang pendek seiring dengan meningkatnya temperatur [2].



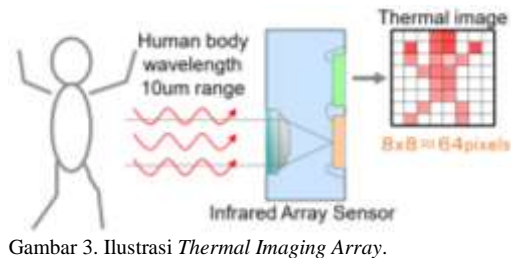
Gambar 1. Ilustrasi radiasi benda hitam.

B. Thermal Camera (AMG8833)

Thermal Imager adalah salah satu cara pendeteksian secara visual menangkap radiasi inframerah dari benda yang menjadi objek sehingga bisa didapat besar pancaran radiasi inframerah. Sedangkan *Thermal Camera* adalah perangkat yang berisi beberapa sensor pendeteksi radiasi inframerah berupa thermophile yang terusun secara berjajar. Banyaknya sensor yang digunakan akan mempengaruhi besarnya resolusi yang dihasilkan. Pada *Thermal Camera* AMG8833 memiliki range pengukuran antara 0°C hingga 80°C dengan akurasi ± 2.5 °C, dan mampu mendeteksi manusia hingga jarak 7m. Kamera ini memiliki resolusi pixel 8x8 atau 64 dan mampu bekerja dengan frame rate maksimum 10Hz atau 10 frame tiap detiknya dengan komunikasi I2C. Untuk sudut pandang dari sensor tersebut sebesar 60°[3].



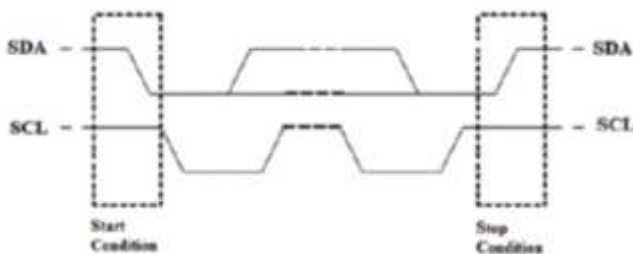
Gambar 2. Thermal Camera AMG8833



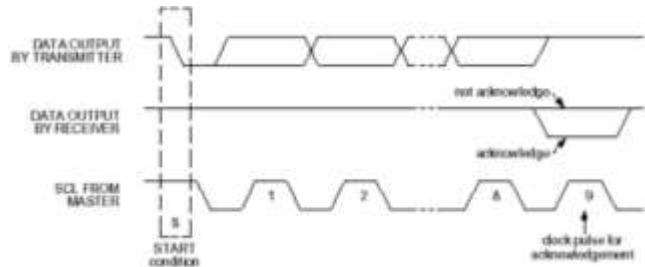
Gambar 3. Ilustrasi Thermal Imaging Array.

C. Komunikasi Inter Integrated Circuit (I2C)

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I²C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I²C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I²C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai *transfer* data pada I²C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master*[4].



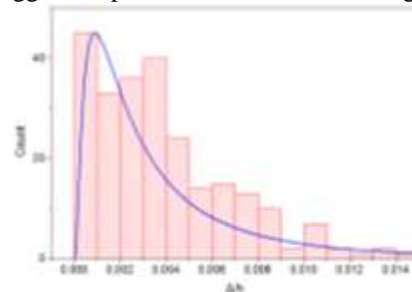
Gambar 4. Kondisi sinyal start dan stop.



Gambar 5. Kondisi sinyal ACK dan NACK.

D. Histogram

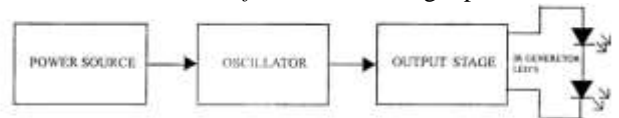
Dari suatu data yang diperoleh dapat disusun dalam tabel distribusi frekuensi dan disajikan dalam bentuk diagram yang disebut histogram. Jika pada diagram batang, gambar batang-batangnya terpisah maka pada histogram gambar batang-batangnya berimpit. Histogram dapat disajikan dari distribusi frekuensi tunggal maupun distribusi frekuensi bergolong.



Gambar 6. Contoh Histogram.

E. IR Transmitter

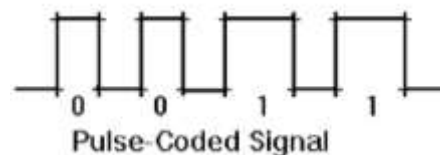
Data yang dikirim menggunakan pemancar inframerah, dimana perangkat pengirim berupa mikrokontroler, oscillator untuk memodulasi data dan *infrared LED* sebagai pemancar.



Gambar 7. Blok diagram IR Transmitter.

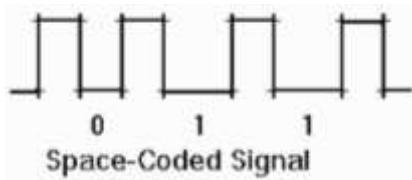
F. IR Protocol

Sinyal yang dikirimkan merupakan data-data biner. Untuk membentuk data-data biner tersebut, ada tiga metode yang digunakan yaitu pengubahan lebar pulsa, lebar jeda (space), dan gabungan keduanya[5].



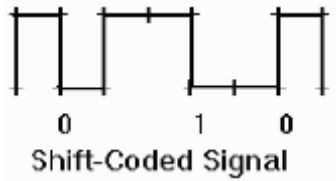
Gambar 8. Pulse Coded Signal.

Dalam mengirimkan kode *Pulse-Coded Signal*, lebar jeda tetap yaitu t sedangkan lebar pulsa adalah $2t$. Jika lebar pulsa dan lebar jeda adalah sama yaitu t , berarti yang dikirim adalah bit 0, jika lebar pulsa adalah $2t$ dan lebar jeda adalah t , berarti yang dikirim adalah 1.



Gambar 9. Space Coded Signal

Space-Coded Signal dalam mengirimkan kode remote kontrol dilakukan dengan cara mengubah lebar jeda, sedangkan lebar pulsa tetap. Jika lebar jeda dan lebar pulsa adalah sama yaitu t , berarti yang dikirim adalah 0. Jika lebar jeda adalah $3t$, berarti data yang dikirim adalah 1.

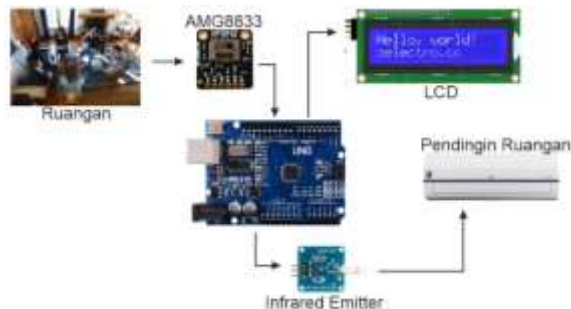


Gambar 10. shift Coded Signal.

Tipe *Shift-Coded* Signal ini merupakan gabungan dari tipe pulse dan space, yaitu dalam mengirimkan kode remote kontrol, dengan cara mengubah lebar pulsa dan lebar jeda. Jika lebar jeda adalah t dan lebar pulsa adalah $2t$, maka ini diartikan sebagai data 1. Jika lebar jeda $2t$ dan lebar pulsa adalah t , maka ini diartikan sebagai data 0.

III. PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dibuat bekerja dengan melakukan estimasi jumlah orang dalam ruangan lalu merubah set point dari pendingin ruangan agar menyesuaikan kondisi ruangan.



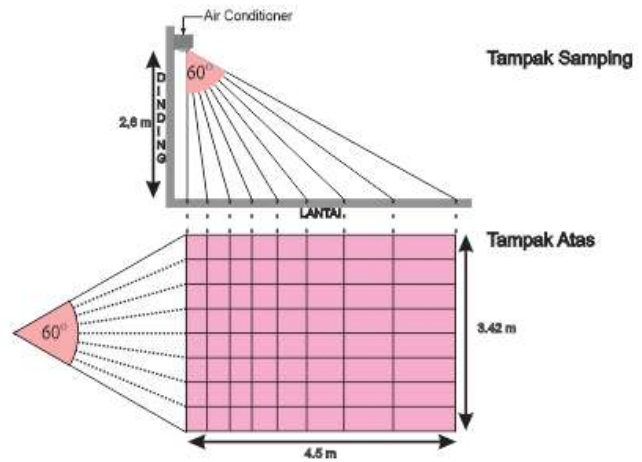
Gambar 11. Diagram Blok Keseluruhan Sistem.

Perancangan sistem dibuat menggunakan *thermal camera* sebagai sensor untuk mendapatkan data thermal dari ruangan, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, dan pemancar inframerah untuk mengirimkan instruksi dari mikrokontroler menuju pendingin ruangan.

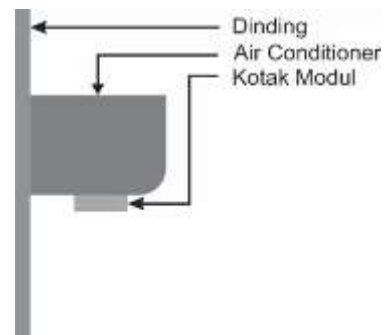
A. Perancangan Sistem Keseluruhan

Merancang sistem secara keseluruhan pada sistem pengatur AC. Menentukan besarnya *Field of View* atau luas daerah yang dapat dijangkau oleh *Thermal Camera* pada posisi ketinggian tertentu. Pada gambar 13 dapat di ilustrasikan

antara ketinggian sensor dengan luas daerah yang dapat dijangkau oleh sensor. Sedangkan pada gambar 3.4. menjelaskan letak dari alat yang ditempelkan pada pendingin ruangan.

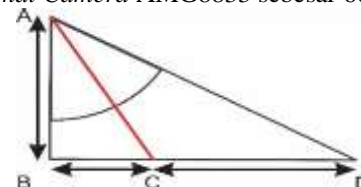


Gambar 12. Besar Field of View.



Gambar 13. Letak modul.

Untuk mencari *Field of View* oleh *Thermal Camera* pada ketinggian 2.6m dapat digunakan metode trigonometri. Berdasarkan literatur yang ada (*datasheet*) besaran *Field of View* dari *Thermal Camera* AMG8833 sebesar $60^\circ \times 60^\circ$



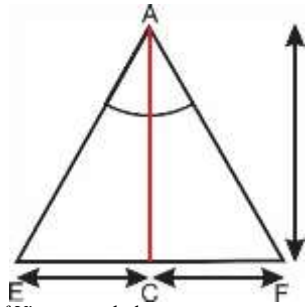
Gambar 14. Field of View tampak samping.

Berdasarkan gambar 14 yang merupakan tampak samping atau irisan samping dari *Field of View* dari sensor dapat dicari panjang jangkauan maksimal dari sensor. Diketahui bahwa besar *field of view* dari sensor (α) sebesar 60° dan tinggi sensor dari permukaan tanah (AB) setinggi 2.6 meter. Sehingga dapat diketahui panjang jangkauan dari sensor (BD).

$$BD = AB \times \tan \alpha = 2.6 \text{ m} \times 1,73 = 4.5 \text{ m} \quad (1)$$

$$AC = \frac{AB}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2.6 \text{ m}}{\cos \frac{60^\circ}{2}} = 3 \text{ m} \quad (2)$$

Sedangkan untuk mencari lebar jangkauan dari sensor, terlebih dahulu mencari panjang titik tengah (AC) sehingga bisa didapatkan lebar jangkauan.



Gambar 15 Field of View tampak depan.

Pada gambar 15 menunjukkan tampak depan dari *field of view*. Sebelumnya telah diketahui panjang titik tengah (AC) sebesar 3m dan jarak dari garis tengah ke ujung sama pada kedua sisinya (EC) dan (EF).

$$EF = 2 \left(AC \times \tan \frac{\alpha}{2} \right) = 2 (3 \text{ m} \times 0.57) = 3.42 \text{ m} \quad (3)$$

Setelah melakukan perhitungan maka didapatkan panjang (BD) dan lebar (EF) jangkauan dari sensor yang merupakan luasan *field of view* dalam keadaan sensor pada ketinggian 2.6 m.

B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi pengkabelan beberapa perangkat elektronik yang digunakan didalam sistem yang secara garis besar terdiri atas mikrokontroller, sensor, aktuator beserta sumber daya yang ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Realisasi blok diagram sistem.

Rangkaian pemancar cahaya inframerah terdiri dari IR LED Inframerah dan Transistor sebagai driver. Transistor digunakan untuk mengantisipasi kekurangan arus pada IR LED sehingga daya pancaran yang dikeluarkan lemah.

$$hfe = I_C / I_B \quad (4)$$

$$I_B = \frac{I_C}{hfe} = \frac{25 \times 10^{-3}}{75} = 0.33 \text{ mA} \quad (5)$$

$$V_{Rb} = V_{in} - V_{BE} = 5 - 0.7 = 4.3 \text{ V} \quad (6)$$

$$R_B = \frac{V_{Rb}}{I_B} = \frac{4.4}{0.33 \times 10^{-3}} = 13.3 \text{ K}\Omega \quad (7)$$

Setelah didapatkan nilai resistor pada base (R_B) agar besar arus yang melewati collector (I_C). maksimal maka di cocokkan kembali dengan nilai resistor yang ada sehingga

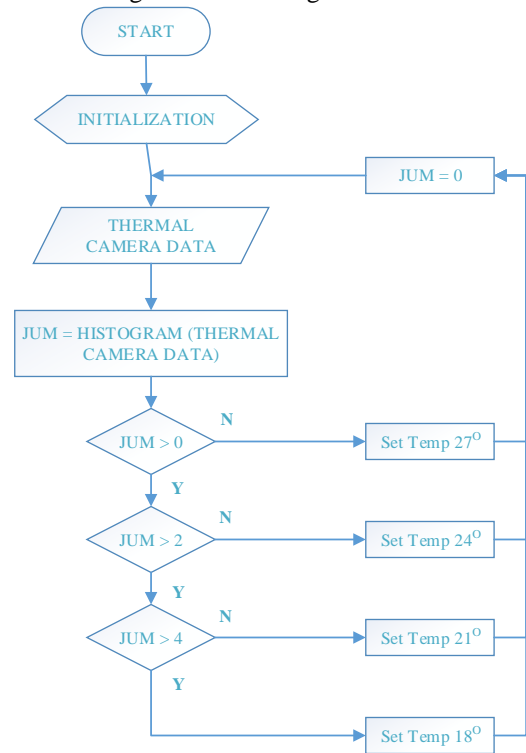
akan didapat besar arus pada collector (I_C).

$$R_B = 15 \text{ K}\Omega$$

$$I_C = 21.75 \text{ mA}$$

C. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam implementasi *Thermal Camera* pada pengaturan pendingin ruangan diperlukan software untuk mengkonversi data yang di terima dari Thermal Camera dengan menggunakan metode histogram dan hasilnya di aktualisasikan pada pengiriman instruksi menggunakan infrared untuk merubah set point dari pendingin ruangan agar menyesuaikan dengan kondisi ruangan.



Gambar 17. Diagram Alir Sistem.

Pada diagram alir (gambar 17) menunjukkan proses inisialisasi yaitu proses persiapan berupa pengaturan variable-variabel yang digunakan serta pengenalan alamat I2C pada perangkat. Setelah komunikasi dengan perangkat sensor berhasil, program utama akan berjalan yaitu membaca histogram dan mengestimasi jumlah orang lalu merealisasikan pada pengaturan suhu ruangan.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Dalam tugas akhir ini, telah dilakukan pengujian pengolahan citra, pengujian pada pencahayaan kondisi pencahayaan dan jarak yang berbeda, pengujian kecepatan respon robot dan pengujian keseluruhan sistem untuk menguji tingkat keberhasilan sistem yang dirancang pada tugas akhir ini telah dilakukan pula pengujian keseluruhan sistem.

A. Pengujian Pemancar Inframerah

Infrared Transmitting atau pemancaran cahaya inframerah dilakukan untuk mengirimkan instruksi dari mikrokontroller menuju pendingin ruangan berupa data yang dikirimkan sesuai protokol yang digunakan.

Tabel I. Pengujian hasil pembacaan remote.

No.	Instruksi	Uji 1	Uji 2	Uji 3
1	ON	✓	✓	✓
2	OFF	✓	✓	✓
3	18	✓	✓	✓
4	19	✓	✓	✓
5	20	✓	✓	✓
6	21	✓	✓	✓
7	22	✓	✓	✓
8	23	✓	✓	✓
9	24	✓	✓	✓
10	25	✓	✓	✓
11	26	✓	✓	✓
12	27	✓	✓	✓

Pengiriman data menggunakan pemancar inframerah memiliki batasan dalam jarak antara pengirim dan penerima sehingga perlu diketahui jarak maksimal yang dapat dijangkau agar komunikasi berhasil dilakukan. Percobaan dilakukan dengan IR LED menghadap langsung menuju perangkat dan jarak pengujian memiliki rentang setiap 50cm atau 0.5m dengan hanya menggunakan satu perintah instruksi saja dan apabila berhasil akan terdengar respon dari pendingin ruangan.

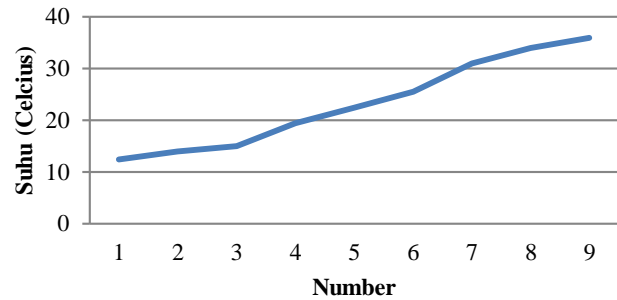
Tabel II. Pengujian terhadap jarak.

NO	Jarak (cm)	Uji 1	Uji 2	Uji 3
1	50	✓	✓	✓
2	100	✓	✓	✓
3	150	✓	✓	✓
4	200	✓	✓	✓
5	250	✓	✓	✓
6	300	✓	✓	✓
7	350	✓	✓	✓
8	400	✓	✓	✓
9	450	✓	✓	✓
10	500	✓	✓	✓
11	550	✓	-	✓
12	600	-	✓	-
13	650	✓	-	-
14	700	-	-	-
15	750	-	-	-

B. Pengujian Thermal Camera

Pengujian pembacaan data Thermal Camera dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor terhadap serta faktor – faktor yang dapat mempengaruhi pembacaan. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan Thermal Camera 10cm diatas objek yang berupa wadah berisi air yang suhunya dapat dirubah dengan menambahkan air panas maupun air es dan dibandingkan dengan termometer.

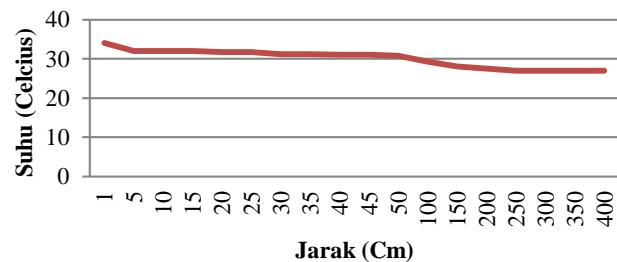
Thermal Camera terhadap Termometer



Gambar 18. Grafik *thermal camera* terhadap thermometer.

Jarak objek terhadap sensor sangat berpengaruh terhadap pembacaan suhu. Semakin jauh objek pembacaan akan semakin kecil dikarenakan adanya gangguan dari lingkungan yaitu objek lain yang juga memancarkan inframerah sehingga juga ikut terbaca.

Pembacaan sensor(°C) terhadap jarak(cm)

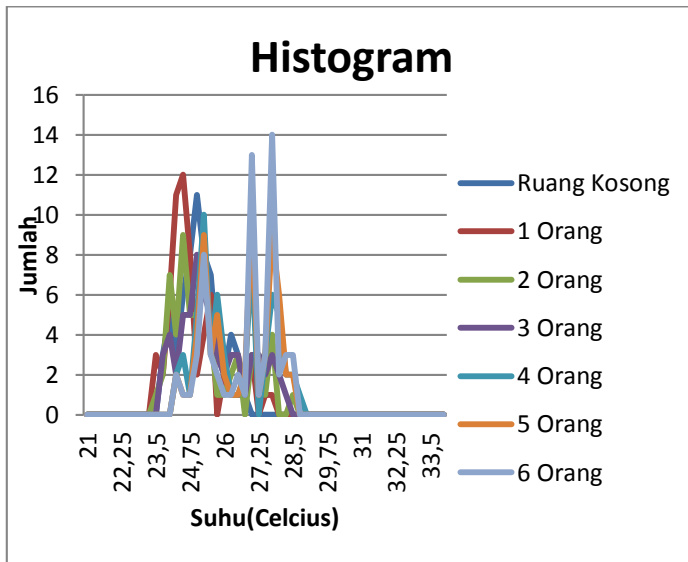


Gambar 19. Grafik *thermal camera* terhadap jarak.

Pengambilan data histogram dilakukan untuk mendapatkan distribusi frekuensi pada rentang suhu tubuh manusia dari data yang dibaca oleh sensor. Distribusi frekuensi yang didapat digunakan untuk mengestimasi jumlah orang dalam ruangan. Untuk mendapatkan data tersebut dilakukan dengan mengambil sampling data sensor ketika terdapat orang dalam ruangan dengan jumlah tertentu. Perlakuan yang dilakukan yaitu menempatkan alat pada perangkat pendingin ruangan dan merubah parameter jumlah orang dengan melakukan pergerakan dalam ruang agar didapatkan distribusi frekuensi untuk tiap orangnya.

23.75	24	24	24.25	24.5	25.25	25	25.25
23.75	24	23.75	25	24.5	25.75	26	26.25
24	24.25	24.75	25.25	24	25.25	26.25	25.25
25	26.25	25.5	24.75	25	25	25	25.75
25.5	26.75	24.75	24.5	24.25	24.75	25.5	26.25
24.75	26	25.5	26.5	26.5	25.5	24.75	25.5
24.5	25.5	25	25.75	25.25	25	25	25.25
24.75	24.75	24.5	25.25	26.5	25	25	24.5

Gambar 20. Sebaran data *thermal camera*.



Gambar 21. Histogram keseluruhan

Tabel III. Distribusi Frekuensi.

No.	Jumlah Orang	f(27- 29)
1	1	3 - 5
2	2	6 - 12
3	3	14 - 19
4	4	21 - 27
5	5	28 - 34
6	6	36 - 40

Dari histogram gambar 4.9. hingga gambar 4.12. beserta yang terdapat pada lampiran A didapatkan nilai distribusi frekuensi pada rentang batas yang ditentukan yaitu antara 27 sampai 29 untuk jumlah orang tertentu dalam ruangan. Hasil dari distribusi frekuensi tersebut dapat digunakan dalam mengestimasi jumlah orang dalam ruangan.

C. Pengujian Keseluruhan Sistem

Dari histogram gambar 4.9. hingga gambar 4.12. beserta yang terdapat pada lampiran A didapatkan nilai distribusi frekuensi pada rentang batas yang ditentukan yaitu antara 27 sampai 29 untuk jumlah orang tertentu dalam ruangan. Hasil dari distribusi frekuensi tersebut dapat digunakan dalam mengestimasi jumlah orang dalam ruangan.

Tabel IV. Pengaturan Set Point

No.	Jumlah Orang	Set Point Akhir
1	1	23
2	2	22
3	3	21
4	4	20
5	5	19
6	6	18

Tabel V. Hasil pengujian.

No.	Jumlah Orang	Set Point Awal	Jumlah Estimasi	Set Point Akhir
1	1	24	1	23
2	2	24	3	23
3	3	24	3	21
4	4	24	4	20
5	5	24	5	19
6	6	24	6	18

Respon dari pendingin ruangan adalah berubahnya nilai set point sehingga suhu ruangan menjadi lebih dingin berdasarkan estimasi jumlah orang dalam ruangan. Dari pengujian yang dilakukan terjadi beberapa kegagalan yaitu perubahan set point pada pendingin ruangan yang tidak sesuai dengan perancangan ataupun kesalahan estimasi jumlah orang. Pergerakan yang terlalu cepat dan lebar objek berpengaruh terhadap keberhasilan sistem. Dengan pengujian yang telah dilakukan didapatkan keberhasilan sistem secara keseluruhan sebesar 81,25% dengan total 48 kali percobaan.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu, setiap remote memiliki protokol pengiriman yang berbeda-beda, sehingga pada proses duplikasi perlu mengidentifikasi protokol pada remote serta data yang digunakan untuk memberikan sebuah instruksi. Pada umumnya sinyal pengiriman yang digunakan telah dimodulasi dengan sinyal 38KHz, sehingga ketika proses decoding memerlukan filter untuk memisahkan sinyal asli dengan pembawa. *Thermal camera* dapat digunakan untuk merepresentasikan suhu dalam ruangan, sehingga berdasarkan perubahan suhu yang terjadi dapat diestimasi jumlah orang dalam ruangan. Penggunaan distribusi frekuensi dari histogram thermal camera kurang fleksibel jika digunakan dengan ruangan yang berbeda serta kondisi ruang yang berbeda juga. Walaupun demikian penggunaan metode sederhana tersebut cukup efektif untuk mengestimasi jumlah orang dengan prosentase keberhasilan 81,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahrizal, Iman. Panjaitan, Seno. dan Yandri, "Analisa Konsumsi Energi Listrik pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruangan", Jurnal Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, Pontianak : 2013.
- [2] Yanto, Joko, "Fisika Kelas 12", Jakarta : 2009.
- [3] Datasheet, "Infrared Array Sensor Grid-EYE(AMG8833)", Panasonic, 2017.
- [4] Garaza, Christian, "Development of a Doorway Occupancy Counter based on Thermal Array Sensing Technology", In 2016 IEEE Region 10 Conference.
- [5] Lee, Ju-Kyung. Dan Lee, Suk, "PMV Calculation and Intelligent Control Algorithm for Location-based Human Adaptive Air-conditioner", In IEEE 2nd Global Conference.