

## Analisis Efektivitas Sensor Termal sebagai Alat Deteksi Keramaian pada Suatu Gedung

Christopher Setiawan Miharjo<sup>1</sup>, Devi Paramita<sup>2</sup>, Grace Natal Liu<sup>3</sup>,  
Kadek Artika Chintya Meliana<sup>4</sup>, Wesley Aldrich<sup>5</sup>, Lifia Yola Febrianti<sup>6</sup>  
<sup>1-6</sup> Universitas Bina Nusantara

Alamat: Jalan Kebon Jeruk Raya No. 27, Jakarta Barat

**Abstract.** Crowd has been a normal thing particularly in big cities. This could lead to negative causes such as slower mobilization or social anxiety towards individuals. Ever since the pandemic of Covid-19 lands all over the world, the application of thermal censoring devices has been commonly encountered in public places. The most common use of thermal sensors is to detect human body temperature. Therefore, this research is done to analyze the effectivity of thermal cameras on detecting crowd inside a building. By using surveys and literature reviews as our methods, the result of this research shows that from 30 survey respondents, with the average age of 17-25 years old that tends to do indoor activities, 55.6% of them find that crowd is affecting their efficiency during activities. Besides that, 66.7% respondents struggle to measure the crowd level inside a building, also 87.3% of them feels like there should be a solution to this problem. Thus, this research proves that the use of thermal sensors on camera for crowd detection is very effective with the accuracy rate of 99%. In conclusion, thermal sensor devices are effective to be used as crowd detection devices.

**Keywords:** crowd, thermal sensors, effectivity, thermal cameras.

**Abstrak.** Keramaian telah menjadi hal yang lumrah khususnya di kota-kota besar. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif, seperti terhambatnya mobilisasi masyarakat dan kecemasan sosial bagi individu. Semenjak pandemi Covid-19 melanda di seluruh dunia, penggunaan sensor termal sudah sering dijumpai di tempat umum. Sensor termal sering digunakan untuk mendeteksi suhu tubuh manusia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis keefektifan kamera termal dalam mendeteksi keramaian di suatu gedung. Melalui metode survei dan kajian literatur, hasil penelitian menjelaskan dari 30 responden survei dengan rata-rata usia 17-25 tahun, yang cenderung beraktivitas di dalam ruangan, sebesar 55,6% merasa keramaian mempengaruhi efisiensi aktivitas mereka. Selain itu, 66,7% responden merasa sulit mengetahui tingkat keramaian di suatu gedung, dengan 87,3% di antaranya merasa memerlukan solusi dari masalah ini. Maka dari itu, penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan sensor termal pada kamera untuk mendeteksi keramaian sangatlah efektif dengan tingkat akurasi sebesar 99%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa sensor termal efektif digunakan sebagai alat deteksi keramaian.

**Kata kunci:** keramaian, sensor termal, efektivitas, kamera termal

### LATAR BELAKANG

Semenjak dihapusnya aturan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di Indonesia, aktivitas masyarakat mulai kembali normal. Keramaian mulai terlihat di beberapa titik, seperti di gedung perkantoran atau pusat perbelanjaan. Bahkan persentase kunjungan mall meningkat pesat hingga 100% dibanding saat pandemi yang hanya sekitar 50% (Rizky, 2023).

Hudaniah menjelaskan bahwa kecemasan sosial adalah ketidaknyamanan yang muncul saat berinteraksi dengan orang lain, yang sering kali diikuti oleh perasaan malu, yang tampak dalam tingkah laku tidak wajar, hambatan komunikasi, serta kecenderungan untuk menghindari situasi sosial (2006). Berdasarkan The New Encyclopedia Britannica (1990), kecemasan atau *anxiety* adalah sensasi ketidaknyamanan, ketakutan, atau gelisah yang sering kali hadir tanpa

alasan yang terdefinisi dengan jelas. Dari permasalahan terkait, alat pendeteksi keramaian dapat berpeluang menjadi solusi. Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian ini untuk menganalisis efektivitas sensor termal sebagai alat deteksi keramaian pada suatu gedung.

Di masa Globalisasi 4.0 ini, teknologi berkembang semakin pesat. Penggunaan sensor termal untuk mendeteksi keramaian sudah menjadi objek penelitian dalam berbagai jurnal ilmiah. Sensor termal merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk mengukur panas atau termal dalam suatu ruang. Konsep kerja dari sensor termal adalah mengubah besaran panas yang dihasilkan oleh suatu objek menjadi besaran listrik. Menurut Cadence System Analysis terdapat beberapa jenis sensor termal yang sering dijumpai antara lain: 1) Termokopel, 2) *Resistance Temperature Detectors* (RTD), 3) Termistor, 4) Sensor infra merah, 5) *Semiconductor Thermal Sensors*, 6) Termometer yang dapat digunakan sesuai kebutuhan (Cadence, n.d.).

Analisis efektivitas penggunaan sensor termal dalam mengatasi masalah keramaian perlu dilakukan. Analisis merupakan aktivitas menguraikan kembali suatu hal untuk mendapat sebuah simpulan mengenai hal yang sedang diselidiki. Analisis dapat dimulai dari mengumpulkan data, melakukan riset, dan yang terakhir menarik kesimpulan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja dan memudahkan proses evaluasi akan suatu hal. Efektivitas adalah standar yang mengukur kualitas keberhasilan akan hal yang dilakukan (Gischa, 2023). Analisis efektivitas perlu dilakukan untuk mengkaji sejauh mana sensor termal dapat mengatasi masalah keramaian.

Dengan dilakukannya analisis efektivitas, diharapkan bahwa penggunaan sensor termal dapat meningkatkan efisiensi suatu gedung dalam menjaga keamanan dan kenyamanan pengguna. Analisis ini juga diharapkan dapat membantu pengontrolan keramaian pada suatu gedung.

## **KAJIAN TEORITIS**

Dalam kajian teori akan dijelaskan beberapa konsep, seperti definisi ruang publik, kamera termal, sistem deteksi, dan visualisasi kamera termal.

### **Ruang Publik**

Terdapat berbagai teori yang berkaitan dengan ruang publik. Salah satu teori yang sangat dikenal adalah teori Jürgen Habermas mengenai ruang publik. Dalam pandangan Habermas, ruang publik adalah tempat di mana masyarakat dapat secara rasional berdiskusi dan berdebat

mengenai masalah-masalah publik. Habermas menekankan bahwa ruang publik yang ideal harus bersifat terbuka, inklusif, dan bebas dari dominasi (Setiawan, 2015).

### **Kamera Termal**

Suhu dipancarkan oleh setiap objek yang ada di muka bumi ini, baik benda hidup maupun benda mati. Radiasi pancaran benda inilah yang dijadikan sebagai prinsip kerja kamera termal. Menurut situs *radius.co.id*, kamera termal merupakan kamera yang menangkap gambar dari sebuah objek dengan menggunakan radiasi infra merah, sehingga menghasilkan gambar dengan spektrum warna yang tiap warnanya mewakili suhu dari objek tersebut (Radius, 2020). Kamera termal sering digunakan dalam berbagai bidang, seperti melihat area yang panas melalui asap, kegelapan, dan penghalang tembus panas. Kamera termal juga dapat mendeteksi adanya *overheating* dan korsleting. Semenjak adanya pandemi Covid-19, kamera termal mulai digunakan untuk mendeteksi suhu tubuh manusia. Konsep inilah yang menjadi basis dari ide kami untuk menganalisis efektivitas sensor termal dalam mendeteksi keramaian.

### **Sistem Deteksi**

Sistem deteksi adalah suatu sistem yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi keberadaan objek atau peristiwa tertentu dan selanjutnya menghasilkan sinyal sebagai indikasi dari kehadiran objek atau peristiwa tersebut. Dalam pengembangan sistem deteksi, terdapat beberapa teori yang menjadi dasar perancangannya, yaitu:

1. Teori Probabilitas: Teori ini digunakan untuk mengestimasi peluang terjadinya suatu peristiwa (Tjahyati, 2014).
2. Teori Sinyal: Teori sinyal digunakan untuk mengolah data yang diperoleh dari berbagai sensor (Suratman et al., 2019).
3. Teori Kecerdasan Buatan: Teori ini digunakan dalam pengembangan sistem deteksi yang lebih canggih dan cerdas (Tjahyati, 2014).

### **Visualisasi Kamera Termal**

Kamera termal terdiri dari lensa, sensor termal, elektronik pemrosesan dan beberapa mekanik *housing* (Radius, 2020). Sama seperti kamera umumnya yang menggunakan lensa untuk mengambil gambar menggunakan cahaya tampak, kamera termal dapat menangkap panjang gelombang dari sekitar 1.000 nm hingga sekitar 14.000 nm.

## Infra Merah

Infra merah adalah salah satu sinar elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm (Libratama, n.d.). Cahaya infra merah tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata manusia, karena mata manusia hanya sensitif kepada spektrum cahaya tampak. Meski tak terlihat, radiasi panas yang dihasilkan oleh sinar inframerah mampu mendeteksi panas yang dipancarkan oleh tubuh manusia.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dan kajian literatur mengenai masalah keramaian yang biasanya dialami oleh pengguna gedung. Kuesioner disebarakan kepada 30 responden dengan rata-rata usia 17-25 tahun dan beraktivitas di dalam ruangan. Penulis merancang kuesioner yang terdiri atas 15 pertanyaan berupa 14 pertanyaan tertutup dan 1 pertanyaan terbuka. Agar data yang diperoleh lebih akurat, pengamatan secara langsung dilakukan terhadap aktivitas-aktivitas masyarakat yang ada di dalam gedung. Studi literatur, baik cetak maupun elektronik, dilakukan dengan memilih sumber yang membahas mengenai sensor termal, keramaian, dan alat pendeteksi, dengan sumber-sumber yang didapat melalui buku, jurnal, laporan penelitian, skripsi, web internet, dan basis data.

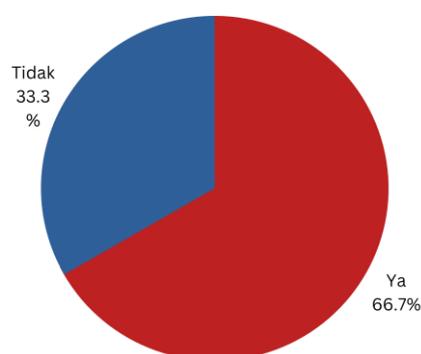
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor termal adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu (Kaleka, 2017). Salah satu sensor termal yang akan kami gunakan sebagai observasi keefektivitasannya adalah sensor LM35. Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh (Hastuti & Sulbi, 2009) yaitu membandingkan alat dengan sensor termal LM35 dengan termometer ruangan, sensor termal LM35 ini hanya memiliki simpangan rata-rata kesalahan relatif yaitu 0,93% dari 11 percobaan yang dilakukan. Percobaan itu dibagi menjadi 3 perlakuan yaitu untuk suhu di ruangan normal, ruangan AC (perlakuan menggunakan es), dan Ruangan dengan pemanas (perlakuan menggunakan air panas).

Kamera termal adalah *digital imager* yang berisi beberapa sensor pendeteksi radiasi inframerah berupa *thermophile* yang tersusun secara berjajar sehingga membentuk bidang persegi (Satriyo et al., 2021). *FLIR Camera* merupakan kamera termal yang akan kami gunakan sebagai bahan analisis kami. Terdapat dua hasil dari dua eksperimen tentang menghitung jumlah orang di keramaian menggunakan FLIR kamera yang dilakukan oleh (Abuarafah et al.,

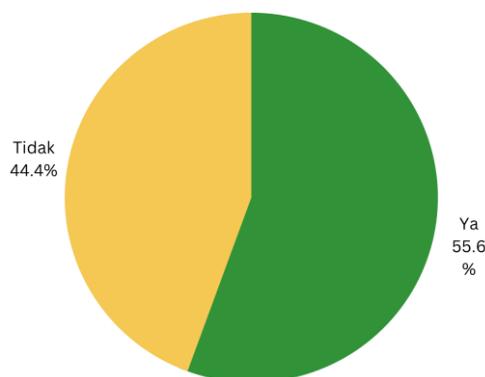
2012). Pada eksperimen pertama, besar ruangan yang diuji adalah 50 meter persegi yang berisi 23 orang. Persentase kesalahan yang didapat adalah kurang lebih 1%. Pada eksperimen kedua, besar ruangan yang diuji adalah 80 meter persegi yang berisi 78 orang dan persentase kesalahannya kurang lebih 0,03%.

Keramaian adalah situasi di mana jumlah dan tingkat input lingkungan melebihi kapasitas individu (Milgram, 1970). Bagi manusia, sulit untuk dapat mengetahui jumlah individu yang ada dalam suatu keramaian karena kekurangan informasi. Di bawah ini merupakan hasil pemetaan visualisasi dari pertanyaan dalam survei mengenai “Apakah Anda sulit mengetahui tingkat keramaian di dalam gedung?”. Terlihat di gambar 1 bahwa 66,7% mengatakan “Ya” yang mencakup dua pertiga dari sampel sementara 33,3% mengatakan “Tidak”.



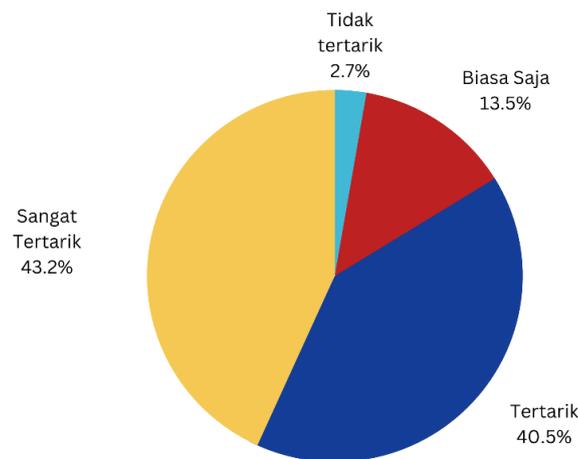
**Gambar 1. Kesulitan dalam mengetahui tingkat keramaian di dalam gedung**

Aktivitas setiap individu bisa saja terhalangi oleh karena adanya keramaian. Ini merupakan hasil pemetaan visualisasi dari pertanyaan dalam survei mengenai “Apakah Anda merasa aktivitas Anda terhalangi akibat keramaian di dalam gedung?”. Terlihat dari diagram bahwa sebesar 55,6 % memberikan tanggapan “Ya” terhadap pertanyaan ini. Dengan jawaban “Ya” melebihi setengah dari sampel, kenyataannya keramaian itu menghalangi aktivitas mereka. Gambar tersebut dapat diketahui bahwa 44,4 % yang memberikan jawaban “Tidak”. Visualisasi dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Efek keramaian pada terhalangnya aktivitas**

Dengan adanya kesulitan individu dalam mendeteksi keramaian, diberikanlah ide solusi berupa aplikasi yang bisa mendeteksi jumlah individu di dalam suatu keramaian ruangan. Ini merupakan hasil pemetaan visualisasi dari pertanyaan dalam survei mengenai “Apakah Anda merasa tertarik, apabila ada aplikasi yang dapat menampilkan banyaknya orang di setiap ruangan dalam suatu gedung?” Terlihat di gambar 2 bahwa terdapat 43,2% yang sangat tertarik dan 40,5% yang tertarik dengan aplikasi ini. Jika dijumlahkan maka hampir mencakup seluruh suara dari sampel survei kami. Sementara hanya 13,5% yang merasa biasa saja dan 2,7% yang tidak tertarik.



**Gambar 3. Ketertarikan individu terhadap aplikasi pendeteksi keramaian**

Dengan adanya bantuan dari teknologi sensor termal, alat-alat pemantau keramaian berbasis kamera ternyata dapat menjadi sangat terbantu. Berdasarkan yang dinyatakan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Abuarafah et al., 2012), bantuan dari teknologi sensor termal memungkinkan pengamat untuk mengukur kepadatan keramaian, bahkan dapat memprediksi jumlah orang dalam luasan tertentu dengan menganalisis pola pergerakan keramaian. Dengan menggunakan kamera berbasis *FLIR (Forward Looking Infrared)*, bahkan dengan sampel 100 orang, persentase kesalahan yang ditunjukkan dari teknologi ini tidak melebihi 1%, yang menandakan tingkat akurasi pengukuran dari teknologi FLIR ini sebesar 99%.

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa teknologi termal efektif dalam membantu alat pengamat dalam melaksanakan tugasnya terutama dalam mengamati keramaian. Hal ini dikarenakan teknologi termal dapat dengan signifikan mengoptimasi kerja alat pengamat. Contoh dalam konteks deteksi keramaian, yang menjadi metode dalam menyatakan suatu kondisi ramai adalah teknologi *image processing* dinamakan *crowd counting*. *Crowd counting* adalah teknik untuk menghitung atau memperkirakan jumlah orang dalam suatu gambar (Khandelwal, 2021). Dengan meningkatkan presisi dalam visualisasi, teknologi sensor termal seperti FLIR akan sangat mendorong potensi maksimal dari *crowd counting*.

Korelasi kerja antara alat sensor termal dengan alat deteksi keramaian cukup besar karena teknologi sensor termal memanfaatkan prinsip kerja radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan suatu objek dalam spektrum infra merah. Konsep ini memungkinkan kamera yang menggunakan teknologi ini dapat menangkap gambar dengan baik walaupun dalam densitas keramaian yang tinggi. Hal ini dapat terjadi karena kamera akan menangkap radiasi yang dipancarkan oleh suatu objek dan diklasifikasikan ke dalam kategori warna tertentu yang menandakan tingginya suhu dari objek pemancar. Dengan adanya signifikansi suhu tubuh manusia, benda hidup dengan benda mati dalam gambar akan lebih mudah dikelompokkan oleh mesin dengan bantuan sensor termal.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Sebesar 55,6% dari sampel merasa bahwa keramaian yang berlebihan dapat mengganggu aktivitas mereka dengan tingkat kesulitan mencapai 66,7% hanya untuk mengetahui tingkat keramaian di dalam gedung. Dengan adanya masalah tersebut, 83,7% individu merasa tertarik terhadap solusi yang ditemukan berupa aplikasi yang bisa mendeteksi keramaian. Namun, sebuah kamera memerlukan bantuan sensor termal untuk bisa mendeteksi banyaknya individu di suatu gedung.

Sensor termal pada kamera terbukti efektif dalam mendeteksi keramaian pada suatu gedung. Sensor termal ini memiliki kesalahan relatif sebesar 0,93%. Didukung dengan data bahwa tingkat akurasi dari kamera termal adalah 99% dengan tingkat kesalahan paling tinggi sebesar 1%. Maka, sensor termal ini menjadi solusi pada masalah yang kita temui dan terbukti bahwa sensor termal itu efektif sebagai alat pendeteksi keramaian di suatu gedung.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Ibu Lifia Yola Febrianti, S.Pd., M.Pd. atas materi pembelajaran selama ini.

## DAFTAR REFERENSI

- Abuarafah, A. G., Khozium, M. O., & AbdRabou, E. (2012). Real-time Crowd Monitoring using Infrared Thermal Video Sequences. *International Journal of Engineering Science*, 8(3), 133–140. [https://www.researchgate.net/publication/236292403\\_Real-time\\_Crowd\\_Monitoring\\_using\\_Infrared\\_Thermal\\_Video\\_Sequences](https://www.researchgate.net/publication/236292403_Real-time_Crowd_Monitoring_using_Infrared_Thermal_Video_Sequences)
- APA ITU INFRARED? . (n.d.). Libratama Group. Retrieved November 5, 2023, from <https://libratama.com/apa-itu-infrared/>
- Apa itu Thermal Camera? (2020, December 7). Radius Electric. <https://www.radius.co.id/apa-itu-thermal-camera/>
- Gischa, S. (2023, June 2). Pengertian Efektivitas Menurut Ahli. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/skola/read/2023/06/02/120000269/pengertian-efektivitas-menurut-ahli?page=all>
- Hastuti, E., & Sulbi. (2009). Pengukuran Temperatur Jarak Jauh secara Real Time Berbasis PC Menggunakan Gelombang Radio. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 2(1), 55–63. <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/NEUTRINO/article/view/1611/2850>
- Kaleka, M. B. U. (2017). THERMISTOR SEBAGAI SENSOR SUHU. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 8–11.
- Khandelwal, Y. (2021, June 14). Crowd Counting using Deep Learning. *Analytics Vidhya*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/crowd-counting-using-deep-learning/>
- Rizky, M. (2023, March 7). Ternyata, Negara ini Mal Ramai & Warga RI Kian Pede Belanja. *CNBC Indonesia*. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230307180133-4-419661/ternyata-gegara-ini-mal-ramai-warga-ri-kian-pede-belanja>
- Satriyo, Riyanto, A., & Salim, A. (2021). Analisis dan Evaluasi Kamera Thermal Untuk Pengukuran Suhu Badan. *Elit Jurnal Electrotechnics And Information Technology*, 2(2), 13–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.31573/elit.v2i2.268>
- Setiawan, A. (2015). Konsep Ruang Publik Menurut Jürgen Habermas [Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga]. <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/19211>
- Suratman, F. Y., Pramudita, A. A., & Arseno, D. (2019). Deteksi Sinyal : Overview Model Parametrik menggunakan Kriteria Neyman-Pearson. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i1.14>
- The Different Types of Thermal Sensors . (n.d.). Retrieved November 5, 2023, from <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2021-the-different-types-of-thermal-sensors>
- Tjahyati, T. (2014). Analisis Perbandingan Metode Certainty Factor dan Naive Bayesian Dalam Mendeteksi Kemungkinan Anak Terkena Disleksia [Universitas Komputer Indonesia]. <https://elib.unikom.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptunikompp-gdl-titajahya-34755&q=deteksi%20disleksia>