

# Thermal Vision pada Manusia dengan Pengaruh Terhadap Warna Pakaian

Mona Arif Muda  
Teknik Elektro  
Universitas Lampung  
Bandar Lampung, Indonesia  
mona.batubara@eng.unila.ac.id

Rizki Alandani  
Teknik Elektro  
Universitas Lampung  
Bandar Lampung, Indonesia  
rizki.alandani@students.unila.ac.id

Gusti Made Arya  
Teknik Elektro  
Universitas Lampung  
Bandar Lampung, Indonesia  
gusti.made1058@students.unila.ac.id

**Abstract**—*Machine vision* dapat diaplikasikan pada banyak bidang, salah satunya adalah pencitraan manusia. Pencitraan manusia dapat dilakukan dengan menggunakan kamera thermal dengan pendeteksian radiasi panas yang dipancarkan oleh tubuh manusia. Panas tubuh manusia diserap oleh pakaian yang dikenakan sehingga mempengaruhi hasil pencitraan kamera inframerah. Pada penelitian ini akan dilihat bagaimana pengaruh perbedaan warna pakaian terhadap penyerapan panas dari tubuh dan deteksi panas oleh kamera thermal. Dengan menggunakan variasi warna pakaian yang berbeda maka akan dihasilkan citra dengan pola panas tubuh berbeda bergantung pada kecerahan warna pakaian.

**Keywords**—*thermal vision; kamera inframerah; colour temperature; human recognition*

## I. PENDAHULUAN

Teknologi pengolahan citra terus dikembangkan baik pada bidang robotik hingga industri. Pada bidang robotik, teknologi *machine vision* diterapkan untuk meningkatkan fungsi. Proses pendeteksian objek saat ini telah beralih menggunakan *sensor array* yang tertanam dalam kamera. Lebih jauh lagi, penggunaan kamera thermal semakin marak untuk mendapatkan kemampuan tertentu yang tidak dapat dilakukan oleh kamera optik. Pada kondisi gelap (kondisi dimana intensitas cahaya rendah), maka kamera optikal akan sulit mendeteksi keberadaan objek. Pada kondisi tersebut kamera thermal lebih baik dalam pendeteksian karena kamera thermal menangkap radiasi panas dari objek yang akan dideteksi. Manusia memiliki panas tubuh yang dapat dengan mudah dicitrakan oleh kamera inframerah. Aplikasi pendeteksian manusia dengan menggunakan kamera inframerah sudah banyak diterapkan, seperti pada pemeriksaan bandara, *nightvision*, alat militer, *security*, dsb.

Penelitian ini merupakan implementasi dan penggunaan sensor *thermal* untuk peninjauan panas tubuh manusia [1], [2] yang variatif terhadap warna pakaian yang digunakan. Penelitian ini juga termasuk bagian dari pengembangan terhadap riset yang telah kami lakukan terhadap sensor infrared dan thermal pada *Unmanned Aerial Vehicle* [3].

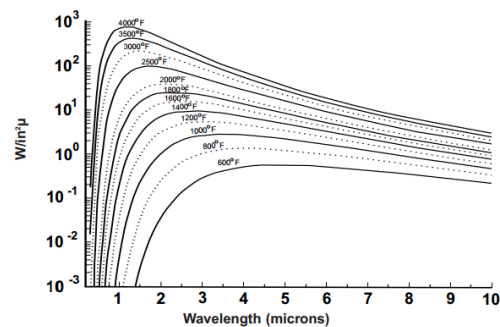
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Radiasi Thermal

Energi panas dapat berpindah dengan tiga metode yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Panas atau *thermal* adalah energi yang dihasilkan dari gejolak elektron, atom, ion, dan

molekul dalam jumlah besar. Jika diberikan kepada material maka sejumlah energi tersebut akan ditransfer dan bergerak mengakibatkan temperatur lokal meningkat. Perpindahan pada zat padat adalah konduksi panas, pada zat cair adalah konveksi, dan tanpa perantara disebut dengan radiasi. Radiasi oleh alam telah diperkenalkan oleh Maxwell sebagai *electromagnetic waves*, terbentang dari X-rays hingga *microwaves* melalui cahaya tampak dan *infrared*.

Radiasi *thermal* yang tampak pada mata manusia yaitu pada panjang gelombang 0.4 hingga 0.8  $\mu\text{m}$  (gelombang cahaya tampak). Setiap objek yang memancarkan radiasi *thermal* memiliki temperatur yang lebih besar dari *absolute zero* (temperatur dimana tidak ada *vibrational motion* pada objek atom; temperatur  $-460\text{-deg F}$ ). Getaran atom yang tinggi ada pada objek dengan sifat panas, sebaliknya objek dingin memiliki getaran yang rendah. Reaksi partikel elektrik positif (proton) dan negatif (elektron) membuat medan dan gelombang elektromagnetik yang sepadan dengan besar pancaran radiasi *thermal*. Ketika radiasi gelombang elektromagnetik menggapai objek yang dingin, medan elektromagnetik dan medan listrik bereaksi pada partikel atom objek dingin. Pada kondisi ini objek dingin akan menyerap energi elektromagnetik dari objek panas. Energi ditransfer dari objek panas ke objek dingin tanpa kontak fisik dan tanpa medium diantaranya. [4]



Gambar 1. Skala linier grafik kurva Planck

Kebanyakan radiasi energi *thermal* dari objek yang memiliki panas berada pada spektrum *infrared*, yaitu dari 0.1 hingga 100 microns (1 microns =  $10^{-6}$  m). Jumlah energi yang diradiasikan oleh objek panas and gelombang elektromagnetik ditentukan oleh temperatur objek. Hubungan antara energi

radiasi dan gelombang elektromagnetik ditunjukkan pada grafik yang disebut “Planck’s Curve” –lihat gambar 1 – yang ditemukan oleh Max Planck. Dari grafik tersebut kita dapat melihat bahwa objek panas meradiasikan energinya di atas spektrum gelombang. Dapat dilihat pula semakin tinggi temperatur heater maka peak energi gelombang akan semakin mengecil. Gelombang energi puncak dan temperatur heater dan dikalkulasi menggunakan hukum perpindahan Wien:

$$\text{Peak Energy Wavelength (microns)} = \frac{5269 \text{ microns} \cdot \text{K}}{\text{Temp.}(\text{K}) + 460} \quad (1)$$

Ada parameter fisik yang harus diperhatikan saat menghitung berapa banyak heat energy objek [5], yaitu:

Stefan-Boltzman Equation – digunakan untuk menghitung jumlah daya radiasi dari permukaan objek (*blackbody*) pada temperatur tertentu, ditunjukkan pada formula

$$E = \sigma T^4 \quad (2)$$

$E$  = energi per unit area ( $\text{W m}^{-2}$ )  
 $\sigma$  = konstanta ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ )  
 $T$  = temperatur permukaan ( $^{\circ}\text{K}$ )

*View Factor* – menjelaskan prosentase energi pancaran objek yang mengenai produk. Stefan-Boltzman equation hanya menghitung radiasi dari sumber panas, namun tidak menghitung energi radiasi yang mengenai objek. Terdapat hubungan geometrik antara ukuran heater dan objek penerima, dan jarak diantara keduanya. Semakin dekat heater dengan objek penerima, maka akan semakin efisien transfer panas tersebut.

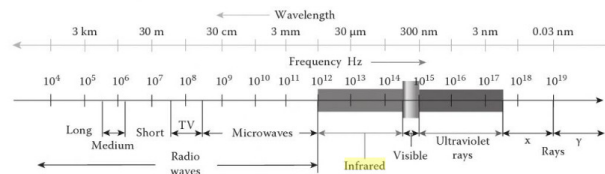
*Emissivity* - menjelaskan bagaimana energi radiasi yang diserap oleh produk. Tidak semua energi yang menggapai benda itu diserap. Sebagian akan di refleksi dan sebagian lain akan diteruskan benda tersebut.

**Total Incident Energy = Absorbed + Reflected + Transmitted**

Ini adalah sifat fisik produk yang menentukan seberapa baik objek menyerap energi radiasi yang mengenainya. Sifat fisik ini menentukan seberapa baik sebuah permukaan memancarkan energi radiasi. *Emissivity* adalah nilai numerik dengan skala antara 0 dan 1 yang menunjukkan seberapa baik kemampuan objek untuk menyerap atau memancarkan energi radiasi. Objek yang dengan sempurna menyerap energi radiasi disebut dengan *blackbody* (memiliki *emissivity*=1).

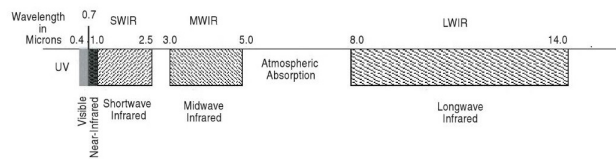
### B. Spectrum Infrared pada Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium transmisi dan dideskripsikan dengan *velocity*, frekuensi, dan *wavelength* (lihat gambar2). Berdasarkan perbedaan panjang gelombang dan frekuensi gelombang elektromagnetik terdiri dari sinar gamma (<0.01 nm), sinar-X (0.01-10nm), ultraviolet (10-400 nm), cahaya tampak (390-750 nm), *infrared* (0.75-1 mm), microwave (1 mm – 1 m), dan gelombang radio (1 mm - km) seperti ditunjukkan pada gambar 3. Gelombang *infrared* meliputi semua radiasi elektromagnetik yang lebih dari gelombang cahaya tampak, tapi lebih pendek dari *microwaves*.



Gambar 2. Spektrum gelombang elektromagnetik[6]

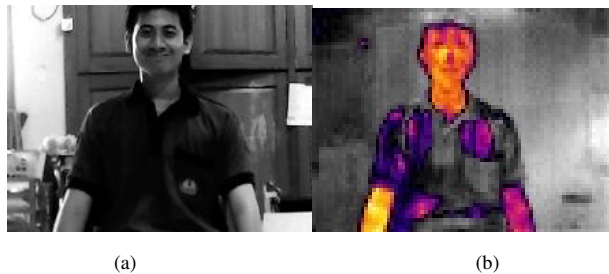
Spektrum-spektrum *infrared* dibagi menjadi beberapa spektrum diantaranya *NearInfrared* (NIR), *ShortwaveInfrared* (SWIR), *MidwaveInfrared* (MWIR), dan *LongwaveInfrared* (LWIR). Panjang gelombang NIR memiliki bentangan antara 0.7-1.0 um, gelombang SWIR dengan bentangan panjang gelombang antara 1.0-2.5 um, MWIR pada bentangan panjang gelombang antara 3.0-5.0 um, dan panjang gelombang LWIR adalah pada bentangan 8.0-14.0 um. Bentangan spektrum gelombang *infrared* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Spektrum gelombang Inframerah dengan jenis-jenisnya (NIR, SWIR, MWIR, LWIR) [6]

Pada panjang gelombang 3 um atau lebih tinggi, radiasi yang dicitrakan dari benda-benda memancar berdasarkan temperatur secara signifikan, karenanya sering disebut dengan *thermalinfrared*. Spektrum *thermalinfrared* dibagi menjadi dua spektrum utama yaitu MWIR dan LWIR. Diantara kedua spektrum tersebut terbentang pancaran atmosfer dengan panjang gelombang antara kurang lebih 5 dan 8 um. Pada spektrum tersebut, pencitraan termal sangat sulit untuk dilakukan karena begitu kabur dengan termal udara. Range spektrum dengan panjang gelombang lebih dari 14 um diistilahkan dengan *VeryLongwaveInfrared* (VLWIR) dengan aplikasi yang lebih tinggi, namun pada penelitian ini hanya dibahas sampai spektrum LWIR.

Nilai radiasi yang dipancarkan bergantung pada temperatur dan *emissivity* dari material. Sebagai contoh pada tubuh manusia dengan suhu rata-rata (37 deg C), melalui pengukuran empiris sedikitnya nilai *emissivity* yaitu 0.91 pada MWIR dan sekurang-kurangnya 0.97 pada LWIR. Objek dengan efisiensi tinggi memantulkan cahaya, maka semakin sedikit efisiensi memancarkan energi termalnya (*emissivity*) [6]. Nilai *emissivity* maksimal 1.0 (biasanya  $e = 0.99$  atau lebih besar) artinya objek secara sempurna menyerap dan memancarkan radiasi, maksimum *emissivity* biasa diistilahkan dengan *blackbody*, dan *emissivity* yang lebih rendah biasa disebut *graybody*. Pada banyak kasus, deteksi objek dengan *thermalinfrared* lebih baik menggunakan LWIR karena emisi LWIR lebih tinggi dari MWIR. Gambar 5 dapat dilihat perbandingan hasil pencitraan pada spektrum *infrared* yang berbeda.



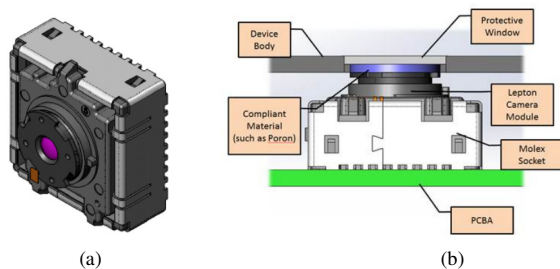
Gambar 5. Citra wajah yang ditangkap secara simultan pada (a) spektrum cahaya tampak 0.4-0.7 um dengan hasil *grayscale*, (b) *longwaveinfrared* 8.0-14.0 um dengan *colormap*

### C. Deteksi Infrared dengan Kamera LWIR (Lepton FLIR)

Material yang digunakan untuk deteksi *infrared* salah satunya adalah jenis *bolometer*, yang dapat mengukur kekuatan radiasi elektromagnetik berdasarkan panas material dengan hambatan listrik yang bergantung suhu. Lebih spesifik lagi, material jenis *microbolometer* digunakan sebagai detektor pada kamera *thermal* tanpa pendingin yang biasa disebut *uncooledmicrobolometer*. Penelitian menunjukkan bahwa *microbolometer* memiliki performa yang mendekati ideal untuk sensor *infrared* suhu ruang dan ditujukan untuk konstruksi pencitraan inframerah tanpa pendingin yang rendah biaya [7]. *Microbolometer array* ditempatkan pada kamera untuk pendeteksian radiasi panas (*infrared*) pada objek dengan panjang gelombang 7.5-14 um.

Kebanyakan kamera *thermal* digunakan untuk *remote-sensing* adalah *cooled system*. *Cooled system* sangat sensitif dan akurat dalam penginderaan *thermal*, sistem ini juga besar, mahal, dan memakan banyak *power*. Karena ukurannya dan konsumsi *power* yang besar, maka *system cooled thermal camera* tidak digunakan pada *small unmanned aerial vehicle*. Bagaimanapun, *microbolometer thermal camera* tidak se-sensitif dan seakurat *cooled system*[8].

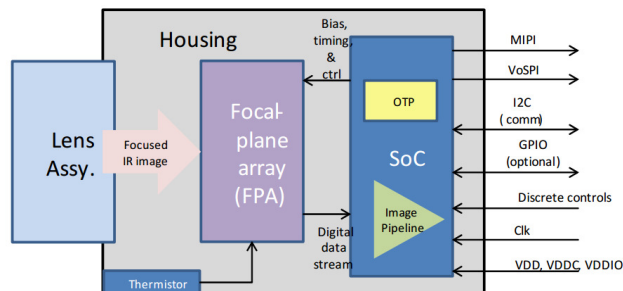
Lepton FLIR merupakan salah satu sistem kamera *infrared* yang terintegrasi dengan LWIR *microbolometer sensor array*, perakitan *fixed-focus lens*, dan elektronika *signal-processing*. Kamera Lepton FLIR telah tertanam fungsi-fungsi pengolahan citra *thermal digital* diantaranya kompensasi otomatis *thermal lingkungan*, *noisefilter*, koreksi *non-uniformity*, dan *gaincontrol* yang terintegrasi pada satu sistem.



Gambar 5. (a) Tampilan fisik (b) Struktur desain penyusun kamera FLIR Lepton[9]

Pendeteksian panas objek menggunakan teknologi sensor *Uncooled vanadium-oxide (Vox) microbolometer* yang mana temperaturnya akan berfluktuasi sesuai respon fluks insiden. Perubahan temperatur akan menyebabkan perubahan yang proposional pada masing-masing resistansi *microbolometer*. Material *Vox microbolometer* pada kamera memiliki *temperature coefficient of resistance (TCR)* yang tinggi dan *noise* yang rendah, menyebabkan *thermal sensitivity* yang sangat baik dan *uniformity* yang stabil. Sensivitas deteksi *thermal* pada kamera ini kurang dari <50 mK atau 0,050 C. [9]

Bentuk dan struktur fisik dari kamera FLIR Lepton dapat dilihat pada gambar 6. Dengan ukuran 8.5 x 11.7 x 5.6 mm (tanpa socket), 10.6 x 11.7 x 5.9 mm (dengan socket). Berdasarkan spesifikasinya, bagian lensa memiliki FOV-horizontal 51-deg, dan 63.5-deg diagonal dengan piksel aktif 80 (h) x 60 (v) digunakan untuk menangkap citra yang relatif lebih besar dari kamera *thermal* pada umumnya. Hasil pencitraan dari segmen lensa dikirim ke *Focal PlaneArray (FPA)* untuk dikonversi dan menghasilkan arus yang periodik. Serial stream dari FPA diterima oleh perangkat *system on chip (SoC)* yang menyajikan pemrosesan sinyal dan *outputformatting*. Diagram arsitektur sederhana dari modul kamera Lepton ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar7. Arsitektur kamera Lepton. [9]

Kamera *thermal* merupakan salah satu instrumen untuk mengukur dan mencitrakan panas suatu objek melalui radiasi *infrared* yang dipancarkannya. Sensor *array* pada kamera akan bekerja dengan memetakan radiasi tersebut sehingga menghasilkan informasi distribusi suhu dan *thermal* dari suatu objek.

## III. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Alat dan Sistem

Pencitraan objek dilakukan dengan menggunakan kamera *thermal inframerah* untuk melihat visualisasi panas yang tersebar dalam objek panas. Objek panas dalam penelitian ini adalah pakaian yang sedang dipakai. Tubuh manusia memiliki panas dan akan mengalirkan panas ke pakaian yang sedang digunakannya. Dalam penelitian ini akan dilihat distribusi panas pada pakaian yang sedang digunakan dan pengaruhnya terhadap warna pakaian.

Beberapa alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Justifikasi Penggunaan Komponen

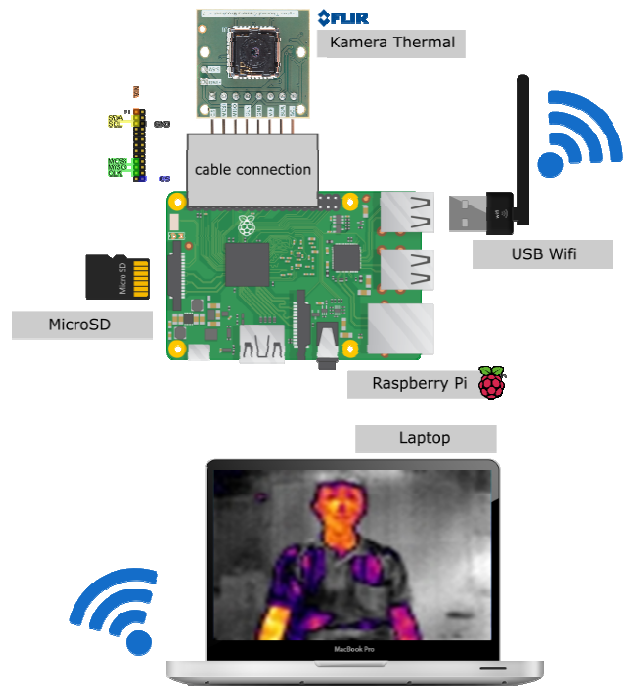
No	Nama Komponen	Justifikasi Penggunaan
1	Kamera LWIR (Long Wave Infra-Red) FLIR Lepton	Menangkap radiasi panas dari pakaian serta mencitrakannya secara digital
2	Raspberry Pi 3	Komputer pemrosesan utama untuk pengolahan dan penyimpanan citra digital
3	Raspbian Linux-based Operating System	Sistem operasi yang digunakan berbasis linux untuk memudahkan komunikasi antar device
4	Software OpenCV dan Eclipse IDE C++	Perangkat lunak untuk pengolahan citra digital berbasis coding dengan bahasa C++
5	Laptop Corei3 2,4 Ghz 4GB RAM	Laptop sebagai user interface untuk melihat hasil pengolahan citra inframerah pada pakaian

Sebuah sistem memiliki piranti penyusun yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem secara sederhana terdiri dari masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Pada sistem pendeteksian panas objek, elemen-elemen penyusunnya diklasifikasi sebagai berikut: Elemen masukan dari sistem adalah perangkat keras berupa sensor atau *transducer* yang mengirimkan sinyal informasi kepada *prosesor* utama (*main processor*). Sensor yang dipakai pada sistem pendeteksian panas ini adalah sensor *infrared* yang telah dipaketkan dengan sistem kamera digital. Pada penelitian ini digunakan kamera *longwave infrared* LEPTON FLIR yang mendeteksi radiasi pada panjang gelombang 8 – 14 microns.

Komponen proses pada sistem bekerja sebagai otak dan pusat kendali dari sistem tersebut. Pemrosesan utama pada sistem yang hendak dibangun pada penelitian ini menggunakan mini komputer Raspberry PI yang *portable* untuk pengolahan citra digital. Pengolahan citra digital membutuhkan kinerja prosesor yang lebih besar dibanding pemrosesan lainnya, karenanya pada penelitian ini menggunakan komputer Raspberry Pi 3 model B dengan *processor* ARMv8 CPU 1.2GHz 64-bit quad-core.

Keluaran (*output*) dari suatu sistem adalah hasil dari pemrosesan. Keluaran yang dihasilkan dari pemroses dapat berupa tulisan (huruf, angka, simbol khusus), *image* (dalam bentuk grafik atau gambar), suara, dan bentuk lain yang hanya dapat dibaca oleh mesin (*machine-readable form*). Komputer Raspberry Pi akan menghasilkan keluaran berupa informasi digital mengenai citra distribusi panas pada pakaian. Informasi citra panas objek dapat dilihat melalui komputer pengguna secara grafis untuk dianalisis kemudian.

Gambar 1 berikut memperlihatkan perancangan sistem pencitraan deteksi panas pada objek yang ditangkap oleh kamera thermal.



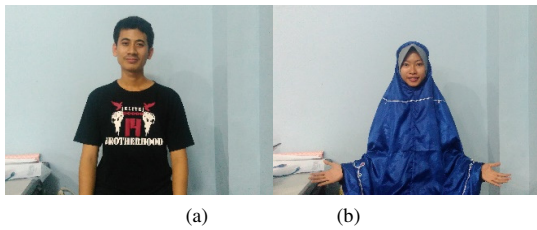
Gambar 8. (a) Sketsa letak komponen-komponen utama pada Raspberry Pi, (b) Diagram perangkat keras internal Raspberry Pi

### B. Metode Pengambilan Data

Kamera thermal LWIR dapat menangkap radiasi inframerah yang terpancar dari panas tubuh manusia. Panas tubuh manusia mengalir melalui proses konduksi ke pakaian yang sedang dikenakan. Penelitian ini akan melihat hasil penyerapan panas pakaian terhadap tubuh manusia berdasarkan warna pakaian tersebut. Objek yang akan dicitrakan adalah dua orang dengan jenis kelamin dan model pakaian yang berbeda. Seorang pria dengan mengenakan pakaian kaos oblong dan seorang wanita dengan mengenakan pakaian mukena duduk sebagai objek yang akan difoto oleh kamera inframerah seperti terlihat pada Gambar 9.

Secara teori warna akan berpengaruh pada penyerapan panas. Warna gelap akan cenderung menyerap panas lebih banyak daripada warna terang. Jenis warna yang digunakan yaitu warna putih, biru, dan hitam pada pakaian yang dikenakan masing-masing objek yang hendak dicitrakan. Dua orang sebagai objek tersebut berolahraga terlebih dahulu guna meningkatkan panas tubuhnya agar penyerapan panas ke pakaian dapat maksimal.

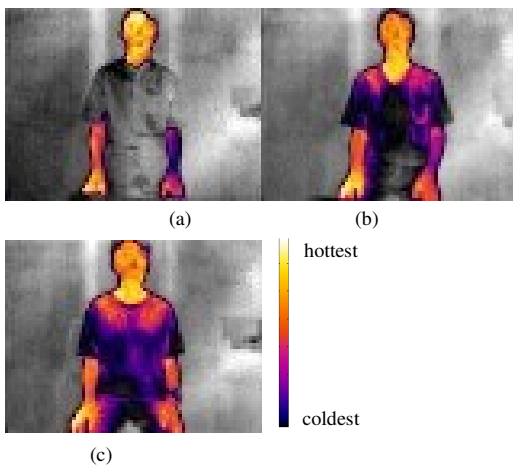
Pengolahan citra menggunakan library OpenCV pada IDE C++ dikonfigurasi untuk menampilkan citra dengan range panas yang dinamis sesuai dengan radiasi terendah dan tertinggi yang terbaca oleh kamera LWIR.



Gambar 8. Objek pencitraan (a) pria dengan kaos, (b) wanita dengan pakaian tertutup (mukena)

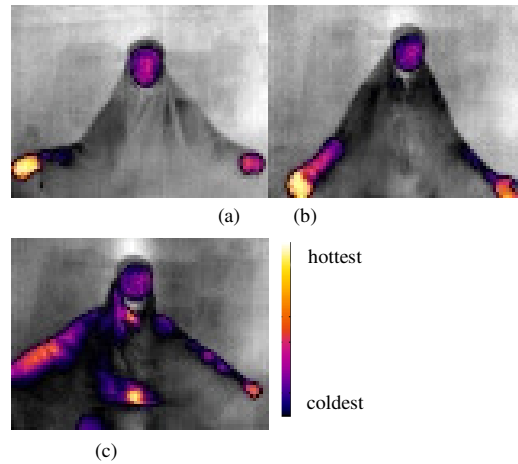
#### IV. DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pencitraan terlihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 sebagai citra yang dihasilkan kamera thermal LWIR. Gambar 9 memperlihatkan citra panas yang dihasilkan objek pria dengan mengenakan kaos lengan pendek dengan variasi warna yang berbeda. Citra pakaian warna putih (Gambar 9a) tidak memiliki panas yang sama dengan panas kulit manusia dengan tidak menyerap panas tubuh manusia dengan baik. Gambar 9b menunjukkan ada penyerapan panas pada pakaian berwarna biru dari tubuh manusia. Warna hitam pada pakaian yang dikenakan ditampilkan pada citra dengan panas yang serupa dengan tubuh manusia menunjukkan penyerapan yang baik dari panas tubuh manusia seperti terlihat pada Gambar 9c.



Gambar 9. Citra thermal objek pria dengan pakaian berwarna (a) putih, (b) biru, (c) hitam.

Pada objek wanita yang mengenakan pakaian lebih tertutup terlihat hasil pencitraan pada Gambar 10. Pakaian dengan warna putih tidak terlihat pada citra Gambar 10a menampakkan panas yang sama dengan tubuh manusia yang terbuka (telapak tangan dan wajah). Gambar 10b memperlihatkan visualisasi panas pakaian berwarna biru dengan penyerapan panas sebagian pada pakaian yang dikenakan. Gambar 10c menampilkan penyerapan panas dari tubuh manusia pada pakaian berwarna hitam yang lebih baik daripada warna biru dan putih. Citra pada pakaian berwarna hitam, sisi panasnya membentuk grafis lekuk tubuh manusia.



Gambar 10. Citra thermal objek wanita dengan pakaian berwarna (a) putih, (b) biru, (c) hitam.

Secara konsekuen, gambar yang dihasilkan kamera thermal pada pencitraan objek menampilkan hasil yang berbeda pada warna pakaian yang berbeda, baik pada objek pria maupun objek wanita dengan model pakaian yang digunakan masing-masing.

#### V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan perbedaan penyerapan panas pada pakaian yang dikenakan tubuh manusia dengan variasi warna berbeda melalui pencitraan dari kamera *thermal*. Hasil citra yang dihasilkan kamera thermal menunjukkan perbedaan panas yang ditampilkan dengan tiga warna berbeda (putih, biru, dan hitam). Citra kamera thermal menampilkan pakaian dengan warna gelap menyerap panas dari tubuh lebih baik daripada pakaian dengan warna terang.

#### REFERENCES

- [1] G. Cielniak, "People tracking by mobile robots using thermal and colour vision," 2007.
- [2] M. Correa, G. Hermosilla, R. Verschae, and J. Ruiz-del-Solar, "Human Detection and Identification by Robots Using Thermal and Visual Information in Domestic Environments," *J. Intell. Robot. Syst.*, vol. 66, no. 1–2, pp. 223–243, Apr. 2012.
- [3] M. A. Muda, A. Foulonneau, L. Bigué, H. Sudiby, and D. Sudiana, "Small format optical sensors for measuring vegetation indices in remote sensing applications: A comparative approach," in *TENCON 2012 IEEE Region 10 Conference*, 2012, pp. 1–6.
- [4] X. Maldague, Ed., *Infrared methodology and technology*. Yverdon, Switzerland; Langhorne, Pa., U.S.A: Gordon and Breach Science Publishers, 1994.
- [5] "Radiant Heating With Infrared; A Technical Guide To Understanding And Applying Infrared Heaters." Watlow Electric Manufacturing Company, 1999.
- [6] B. Bhanu and I. Pavlidis, Eds., *Computer vision beyond the visible spectrum*. London: Springer, 2005.
- [7] P. W. Kruse, Ed., *Uncooled Infrared Imaging Arrays and Systems Volume 47*. Academic Press, 2011.
- [8] A. M. Jensen, M. McKee, and Y. Chen, "Procedures for processing thermal images using low-cost microbolometer cameras for small unmanned aerial systems," in *2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2014, pp. 2629–2632.
- [9] "FLIR LEPTON Long Wave Infrared (LWIR)." FLIR, 2014.