



# JURNAL TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PENGELOLAAN LABORATORIUM



Published by  
**UNIVERSITAS ANDALAS**

**Jurnal**  
**Teknologi Dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium**  
**(Temapela)**

---

**DAFTAR ISI**

Mochammad Darwis	Rancang Bangun <i>Thermal Imaging Camera</i> Untuk Melihat Peta Panas Pada Praktikum Instalasi Listrik	51 - 59
------------------	--	---------

# RANCANG BANGUN THERMAL IMAGING CAMERA UNTUK MELIHAT PETA PANAS PADA PRAKTIKUM INSTALASI LISTRIK

Mochammad Darwis<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

<sup>1)</sup> Email: [mdarwis@staff.pens.ac.id](mailto:mdarwis@staff.pens.ac.id)

## Abstrak

Banyaknya kasus kebakaran akibat korsleting listrik atau pemeliharaan fasilitas listrik yang kurang memadai, memerlukan teknologi dalam bidang *preventive maintenance*. Materi pendidikan dan pengetahuan mengenai pencegahan dan penanganan terhadap potensi kerusakan dan bahaya akibat timbulnya panas yang tidak normal, harus diajarkan di praktikum instalasi listrik. Penggunaan *photo infrared thermography* untuk menganalisa distribusi panas yang berlebih (*overheating*) pada titik-titik sambungan kabel dan komponen listrik penyusunnya menjadi suatu kebutuhan baru. Kamera termal yang harganya masih mahal, mendorong untuk membuat purwarupa yang murah namun tetap memiliki hasil yang mendekati sama. Purwarupa kamera infra merah dibuat dari modul mikrokontroler M5Stack dan sensor *infrared thermal* AMG8833. Kamera ini akan digunakan untuk mendeteksi pola panas yang terjadi pada peralatan-peralatan listrik dan mekanik yang sedang beroperasi. Data hasil pembacaan suhu dari sensor AMG8833 dalam bentuk data array berukuran 8x8 piksel diproses dengan menggunakan teknik interpolasi untuk mendapatkan ukuran yang lebih besar lagi, yaitu 64x64 piksel. Data suhu ini ditampilkan bentuk warna yang mewakili suhu yang terukur. Hasil pengujian purwarupa dibandingkan dengan kamera termal standar HT-02 menghasilkan error 0,001%.

**Kata Kunci** : *Infrared Thermography*, Arus Hubung Singkat, Keselamatan Kerja.

## Abstract

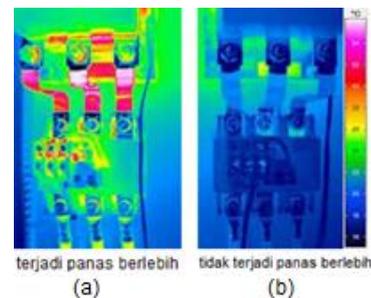
Many cases of fire due to electrical short circuit facilities or inadequate electrical maintenance, require technology in the field of preventive maintenance. Educational materials and knowledge regarding the prevention and handling of damage and the dangers resulting from abnormal heat, must be taught in the practice class, in particular the electrical installation practice. The use of photo infrared thermography to analyze the distribution of excess heat (overheating) at the cable connection points and the constituent electrical components is a new necessity. The still expensive thermal camera led to an inexpensive prototype but still had the same result. The infrared camera prototype was made from the M5Stack microcontroller module and the AMG8833 infrared thermal sensor. The camera was used to check the heat patterns that occurred in electrical and mechanical equipment during the operation. The temperature data recorded from the AMG8833 sensor were in the form of an array of data measuring 8x8 pixels which then were proceeded using an interpolation technique to get an even bigger size, 64x64 pixels. The temperature data were presented in a form of certain colors which represented the measured temperature. The prototype results were compared with the standard HT-02 thermal camera resulting in 0.001% of error.

**Keywords**: *Infrared Thermography*, Short Circuit Current, Safety Work.

## I. Pendahuluan

Instalasi listrik merupakan salah satu mata kuliah di jurusan teknik elektro industri (yang meliputi kegiatan teori dan praktik). Kegiatan praktikum belum menggunakan metoda yang baru dan efektif. Perlunya alat bantu untuk memeriksa hasil instalasi listrik yang sudah dibuat dan dialiri listrik. Tingkat keamanan dan penyebaran panas dari setiap titik sambungan yang ada harus diperiksa dan dianalisa. Hal ini ditujukan untuk menghindari potensi terjadinya kebakaran akibat korsleting listrik atau yang lain. Pada Gambar 1.1. menunjukkan hasil pemetaan suhu pada sambungan panel 3 fasa.

Gambar 1.1.(a) menunjukkan sambungan yang tidak direkomendasikan.



**Gambar 1.1.** Hasil *Thermal Scanning* pada instalasi listrik 3 fasa.

Warna yang cenderung dominan merah dan kuning pada gambar 1.1.(a) menunjukkan terjadinya panas yang berlebih. Sementara, warna dominan biru pada gambar 1.1.(b) menunjukkan tidak terjadi panas yang berlebih (Suguna, 2016).



**Gambar 1.2.** Pemeriksaan kelistrikan secara manual



**Gambar 1.3.** Praktikum Instalasi Listrik

Gambar 1.2. dan Gambar 1.3. menunjukkan pelaksanaan kegiatan praktikum instalasi listrik. Kegiatan praktikum hanya meliputi pemeriksaan kerapian instalasinya saja tanpa melakukan pemeriksaan pemetaan suhu yang terjadi. Pemandu praktikum tidak menggunakan alat bantu semisal kamera termal untuk memeriksa instalasi yang dibuat.

Penelitian ini memilih materi tentang teknologi dalam bidang *preventive maintenance*, yaitu menggunakan foto *infrared thermography* untuk menganalisa distribusi panas yang berlebih (*over heating*) pada titik-titik sambungan kabel, komponen listrik (*breaker, capacitor, contactor, fuse*, dan lain-lain). Teknologi pemeriksaan ini sangat aman dipakai (tidak ada efek samping, baik terhadap peralatan yang diperiksa ataupun lingkungan hidup disekitarnya), efektif (langsung mendeteksi titik-titik *overheating* dan lokasinya) dan efisien (pemeriksaan cepat, mudah dilakukan, dan tidak mengganggu operational peralatan yg diperiksa) (Rai, 2017).

Penelitian yang dilakukan adalah memanfaatkan teknologi *infrared thermography* mempergunakan kamera infra merah untuk mendeteksi panas yang terjadi pada peralatan-peralatan listrik dan mekanik yang sedang beroperasi. Setiap gejala kerusakan pada peralatan atau instalasi listrik akan menimbulkan distorsi panas (*over heating*) dibanding suhu normal operasinya (Sambhi, 2018). Pada pemeriksaan infrared akan diketahui secara tepat lokasi yg bermasalah, kondisi peralatan/ komponen, mutu sambungan/ koneksi kabel-kabel, dan kondisi titik-titik singgung peralatan yang berputar (*rotary equipments*) (Györök, 2018). Dengan demikian perbaikan dapat dilakukan sebelum peralatan-peralatan tersebut mengalami kerusakan / kebakaran.



**Gambar 1.4.** Kamera Thermal yang sudah ada dan mahal

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan pengguna laboratorium dan mahasiswa dapat mengetahui dengan tepat lokasi titik-titik yg mengalami *overheating* sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum kerusakan terjadi. Pengguna laboratorium dan mahasiswa dapat menindaklanjuti laporan hasil pemetaan *thermal infrared* untuk dipakai sebagai acuan sebelum melakukan perbaikan / *overhaul*, sehingga persiapan kebutuhan suku-cadang dan tenaga kerja dapat dilakukan dengan baik. Penelitian ini juga akan meningkatkan *work-place safety* dan citra manajemen laboratorium. Sebuah kamera penggambar suhu saat ini harganya sangat mahal sehingga pengadaannya sedikit sulit untuk laboratorium yang berhubungan dengan peralatan dan instalasi listrik (Gambar 1.4.).

Yang menjadi permasalahan utama dalam perancangan dan pembuatan purwarupa ini adalah:

- Desain purwarupa *Thermal Imaging Camera* yang murah dan sederhana.
- Pengukuran tingkat kecermatan dari pemetaan panas yang dilakukan oleh purwarupa tersebut Secara garis besar, tujuan dari pembuatan

purwarupa ini ialah :

- Merancang alat berteknologi sederhana yang membantu kerja PLP, mahasiswa dan dosen.
- Dapat menciptakan produk yang tepat guna
- Meningkatkan *work-place safety* dan Citra Management Lab.

Hasil yang diharapkan dari pembuatan purwarupa ini ialah :

- Alat bantu yang nantinya bisa digunakan untuk mendukung kinerja laboratorium.
- Pengguna Lab dan mahasiswa dapat mengetahui dengan tepat lokasi titik-titik yg mengalami overheatings sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum kerusakan terjadi.
- Mengadakan pelatihan ke sesama PLP agar dapat memahami keamanan dan keselamatan instalasi listrik dalam sebuah bangunan terutama di laboratorium.

Penelitian ini, mencoba membuat kamera penggambar suhu yang murah menggunakan sensor AMG8833 dan modul M5StackC. Interpolasi bikubik digunakan untuk memperbesar hasil gambar yang diperoleh oleh sensor AMG8833 yang hanya berukuran 8x8 piksel seperti gambar 1.5. Jika hasil resolusi piksel yang rendah ini langsung ditampilkan pada layar LCD, hasilnya akan terlihat aneh dan sulit untuk diterjemahkan. Program MATLAB versi 2017b digunakan untuk membuat simulasi dan membuat sistem kamera penggambar suhu secara keeluruhan. Diuji dan dibandingkan dengan dua buah metode interpolasi yang lain untuk memastikan bahwa Interpolasi bikubik dapat menghasilkan gambar perbesaran yang lebih baik.



**Gambar 1.5.** Hasil display sensor suhu array dengan resolusi 8x8 piksel.

## II. Metode Penelitian

### 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengemudian Elektrik, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Sensor AMG8833, modul M5 Stack C dan program MATLAB 2017b.

### 2.3. Tahapan Penelitian

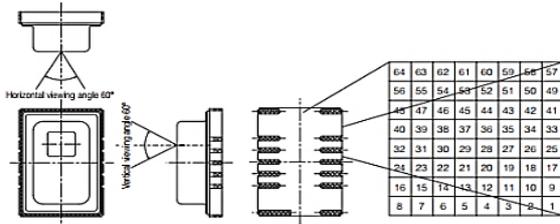
Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu mulai memahami karakteristik dari sensor suhu array AMG8833 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Hasil dari sensor ini akan diperbesar menjadi 30 kalinya, menjadi 240x240 piksel.



**Gambar 2.1.** Sensor AMG8833

Berdasar spesifikasi pada datasheet yang ditunjukkan pada Tabel 2.1., sensor AMG8833 dapat melakukan pengukuran suhu efektif pada jarak maksimal 5 meter dan jangkauan suhunya dari -20 derajat celsius sampai 100 derajat celsius, tergantung dari mode yang digunakan seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Sensor AMG8833 menghasilkan hasil pemetaan suhu dalam bentuk matrik berukuran 8x8 (lihat gambar 2.2). Tiap sel dari matrik ini akan kita ubah menjadi piksel yang warnanya tergantung dari nilai pembacaan suhunya. Hasil setiap sel pembacaan suhunya merupakan sebuah data 16 bit yang disimpan pada register TxxL dan TxxH dimana xx adalah posisi sel dalam matriks (00 sampai 64) seperti yang tertera pada Tabel 3.



**Gambar 2.2.** Matrik hasil pemetaan suhu sensor AMG8833

**Tabel 2.1.** Karakteristik Sensor AMG8833

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. $60^{\circ}$ (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  $4^{\circ}\text{C}$  of temperature difference from background  
· Detection object size :  $700 \times 250\text{mm}$  (Assumable human body size)

**Tabel 2.2.** Jangkauan Pengukuran Sensor

Item	Specification	
	High gain	Low gain
Applied voltage	$3.3\text{V} \pm 0.3\text{V}$ or $5.0\text{V} \pm 0.5\text{V}$	
Temperature Range of Measuring Object	$0^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$
Operating temperature	$0^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$
Storage temperature	$-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$	

**Tabel 3.** Register Hasil Pengukuran Sensor

address	register	R/W	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	Initial value
0x80	T01L	R	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	0x00
0x81	T01H	R	-	-	-	-	+/-	T10	T9	T8	0x00

Register for reading only to indicate temperature data per 1 pixel.  
Temperature Data of each pixel is 12 bit data and 2 byte data.  
1 LSB has 12 bit resolution (11 bit + sign) which is equivalent to  $0.25^{\circ}\text{C}$   
and it is indicated as two's complement form.  
Main temperature data are shown below.

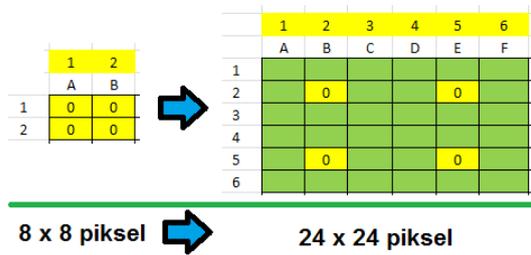
temperature	Binary number	HEX number
$+125^{\circ}\text{C}$	0001_1111_0100	0x1F4
$+25^{\circ}\text{C}$	0000_0110_0100	0x064
$+0.25^{\circ}\text{C}$	0000_0000_0001	0x001
$0^{\circ}\text{C}$	0000_0000_0000	0x000
$-0.25^{\circ}\text{C}$	1111_1111_1111	0xFFFF
$-25^{\circ}\text{C}$	1111_1001_1100	0xF9C
$-55^{\circ}\text{C}$	1111_0010_0100	0xF24

Langkah selanjutnya adalah memahami dan menerapkan interpolasi pada matrik hasil sensor

suhu AMG8833. Ada berbagai cara untuk melakukan perbesaran ukuran sebuah gambar. Jenis

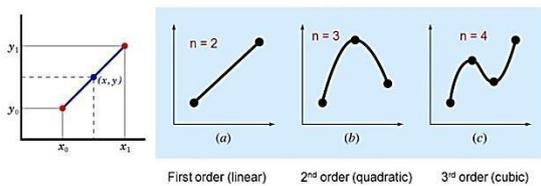
cara atau metoda yang digunakan akan mempengaruhi kualitas gambar dan kecepatan proses konversinya (Morsy, 2019). Pola nilai RGB pada sebuah piksel yang saling berdekatan yang menyusun sebuah gambar, dapat diidentifikasi dengan sebuah fungsi  $f(x)$ . Sehingga apabila suatu gambar atau image diperbesar ukurannya, nilai RGB dari sebuah piksel tertentu dapat diperkirakan. Piksel-piksel baru akan mengisi piksel-piksel pengembangannya (Adiwijoyo, 2014).

Pada gambar 2.3., dapat dilihat bahwa untuk memperbesar gambar dengan ukuran 8x8 piksel menjadi 24x24 piksel, dilakukan perbesaran sebesar 3x. Berarti pada setiap piksel awal, harus dikelilingi oleh 8 piksel baru.

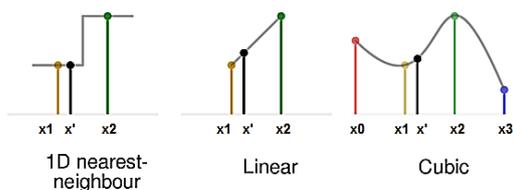


**Gambar 2.3.** Memperbesar ukuran sebuah gambar.

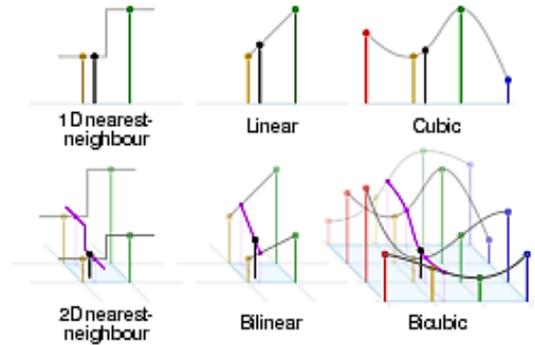
Untuk mencari piksel baru tersebut, digunakan metode interpolasi bikubik. Interpolasi bikubik adalah interpolasi kubik dalam dua dimensi (Han, 2013). Dalam penelitian ini dibahas mengenai penggunaan interpolasi bikubik untuk mengubah ukuran gambar dan dibandingkan dengan dua metode yang ada, yaitu *nearest* dan bilinear.



**Gambar 2.4.** Memperkirakan nilai suatu titik dengan menggunakan pendekatan ordo persamaan garis yang melalui titik-titik yang ada

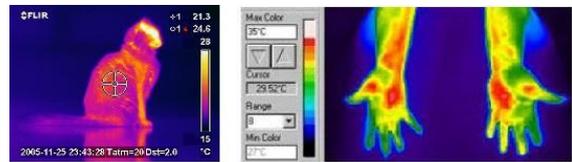


**Gambar 2.5.** Interpolasi 1 dimensi

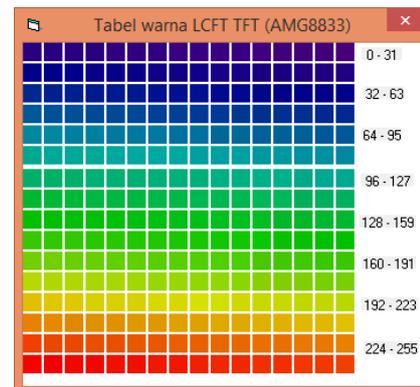


**Gambar 2.6.** Pengembangan Interpolasi 1 dimensi ke 2 dimensi (Rajarapolu, 2017)

Dalam pembuatan sebuah gambar pemetaan suhu, ada beberapa standar gradasi warna yang digunakan. Seperti gambar 2.7. Gambar sebelah kiri adalah standar dari produsen kamera suhu bernama FLIR dan yang sebelah kanan adalah standar produsen yang lain. Dapat dilihat perbedaannya bahwa, standar FLIR tidak menggunakan warna hijau dan biru pada gradasi warnanya (Thévenaz, 2000). Dalam penelitian ini menggunakan standar gradasi warna pada gambar 2.7. yang sebelah kanan dengan tabel gradasi warna yang tertera pada gambar 2.8.



**Gambar 2.7.** Standar gradasi warna pada sebuah gambar pemetaan suhu



**Gambar 2.8.** Standar gradasi warna yang digunakan

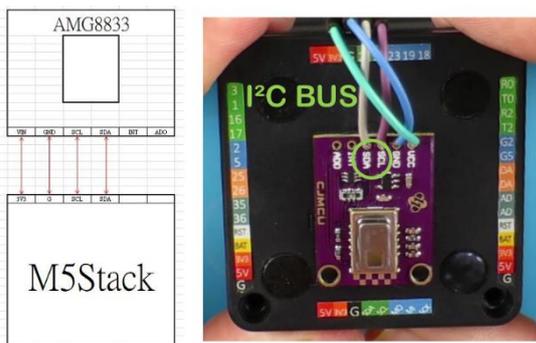
Selanjutnya sensor akan dipasang pada modul mikrokontroler M5Stack (gambar 2.9).

Dipilih modul ini karena ukurannya yang kecil, kompak, bisa disusun secara vertikal untuk pengembangan hardware-nya. Mempunyai kemampuan jaringan WIFI dan bluetooth. Sudah terpasang display TFT yang berwarna. Konsumsi daya yang kecil dan memiliki baterai yang dapat diisi ulang. Dan banyak lagi fasilitas yang ditawarkan. Memiliki core ESP32 yang lebih bagus dari arduino UNO (Miller, 2017).

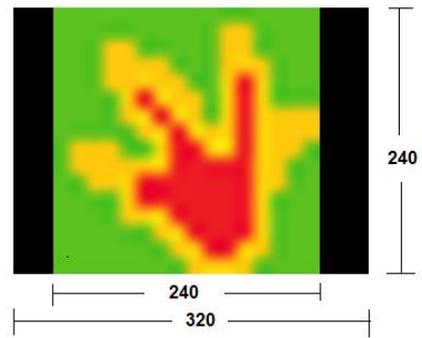


**Gambar 2.9.** Modul M5Stack yang kecil, kompak dan praktis

Sambungan antar muka sensor dan modul M5Stack menggunakan jalur I2C. Sensor akan dipasang pada jalur catu daya (Vcc dan GND) serta jalur SCL dan SDA (I2C). Sehingga ada 4 kabel yang dibutuhkan. (Gambar 2.10).



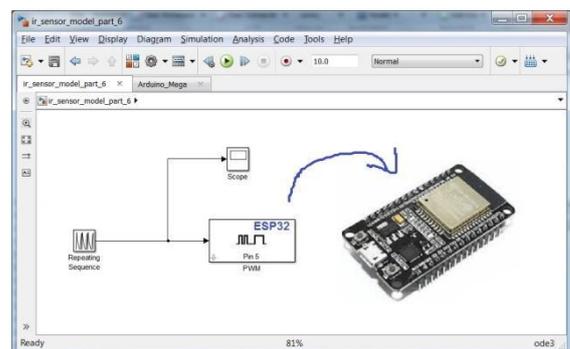
**Gambar 2.10.** Sambungan sensor AMG8833 dengan modul M5Stack



gambar diperbesar 30x dari sensor 8x8

**Gambar 2.11.** Disain tampilan layar modul M5Stack untuk purwarupa

Tampilan pemetaan suhu di layar modul M5Stack dirancang seperti pada Gambar 2.11. untuk memperoleh hasil tampilan yang maksimal. Kemudian dibuat simulasi memperbesar gambar menggunakan program MATLAB 2017b dengan input gambar berukuran 8x8 piksel dengan berbagai motif (Parsania, 2014). Dicoba simulasi hasil perbesarannya menggunakan 3 metode. (lihat baris program ke 4, pada gambar 2.13.). Ada metode *nearest*, bilinear dan bicubic. Hasilnya kemudian diamati. Gambar dicoba diperbesar 3 kali sehingga menjadi 24x24 piksel, sebelum memperbesar menjadi 30 kali. Karena *core* (inti) dari modul M5Stack adalah mikrokontroler ESP32, maka dalam blok simulink Matlab, kita bisa menggunakan blok kode ESP32 (Gambar 2.12.)



**Gambar 2.12.** Simulink MATLAB 2017b yang digabungkan dengan support package ESP32

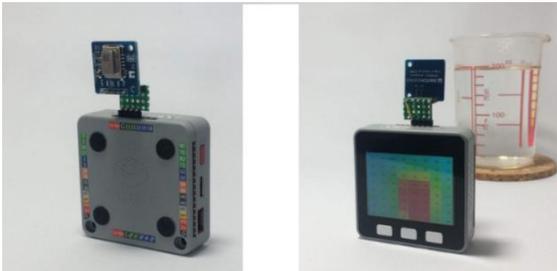
```

MATLAB Drive > resais.m
1 I = imread('gb7.png');
2 %Resize the image, specifying scale fac
3
4 J = imresize(I, 3, 'nearest');
5 %Display the original and the resized i
6
7 figure
8 imshow(I)
9 title('Original Image')
10
11 imshow(J)
12 title('Enlarge Image')

```

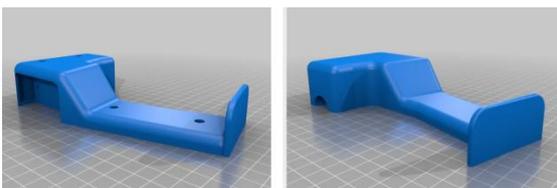
**Gambar 2.13.** Program MATLAB 2017b (m file) untuk memperbesar gambar

Setelah hasil simulasinya dapat berjalan baik, program simulasi Matlab dikompilasi dan didownload ke modul M5Stack. Diujikan untuk mengamati sebuah gelas ukur yang mula-mula diisi air dingin dan kemudian airnya ditambahi dengan air panas (Gambar 2.14.).



**Gambar 2.14.** Uji purwarupa untuk melihat pemetaan suhu yang dihasilkan dari objek yang diamati

Agar purwarupa mempunyai tampilan menarik dan lebih mudah digunakan (digenggam), maka dibuat disain kemasannya (Gambar 2.15.) dan dicetak menggunakan printer 3D. Setelah dirakit semua, purwarupa berbentuk akhir seperti Gambar 2.16.



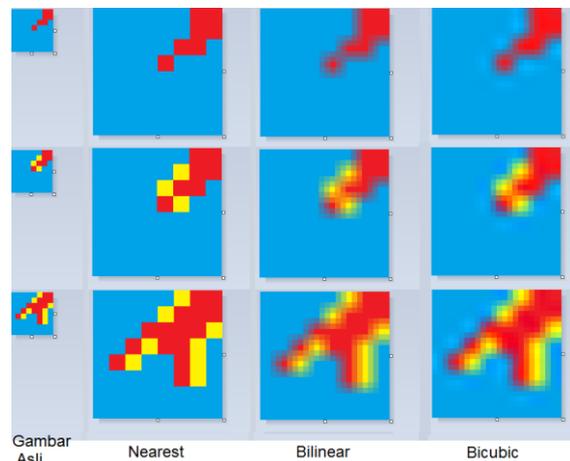
**Gambar 2.15.** Pembuatan kemasan purwarupa agar berpenampilan menarik dan lebih mudah digunakan



**Gambar 2.16.** Purwarupa tahap akhir dengan kemasan yang hampir mirip dengan kamera termal yang dijual dipasaran

### III. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari perbesaran gambar menggunakan tiga buah algoritma interpolasi yang disimulasikan di MATLAB 2017b, dapat dilihat pada Gambar 3.1.. Dapat kita lihat bahwa, dengan menggunakan interpolasi bikubik, hasilnya masih mengikuti gambar aslinya dibanding dengan yang bilinear.



**Gambar 3.1.** Hasil bikubik interpolasi dan perbandingan dengan interpolasi yang lain

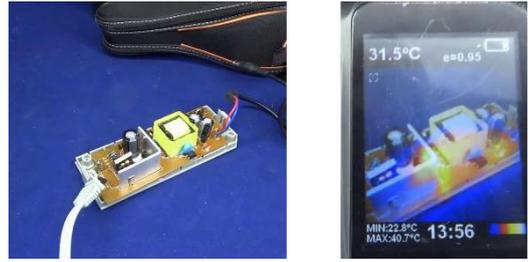


**Gambar 3.2.** Purwarupa yang digunakan untuk memeriksa jalur ventilasi yang mengeluarkan panas dari dalam suatu peralatan elektronik.

Interpolasi bilinear hasilnya kabur dan perubahan pinggiran warnanya kurang jelas dibandingkan dengan hasil bikubik. Hasil dari simulasi pemrosesan gambar di MATLAB 2017b dan penerapannya pada modul M5Stack dapat dilihat pada gambar 3.2. Hasil dari interpolasi *nearest* tidak digunakan karena gambar yang dihasilkan pinggiran perbedaan warnanya terlalu tajam dan bentuk gambarnya tetap kotak-kotak atau *pixelite*.



**Gambar 3.3.** Kamera termal HT-02



**Gambar 3.4.** Sebuah rangkaian catu daya yang diamati menggunakan kamera termal HT-02

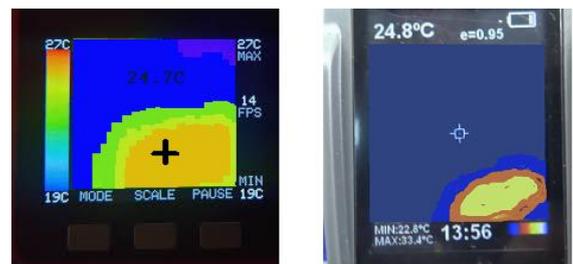


(a) (b)



(c)

**Gambar 3.5.** Hasil kamera termal HT-02 dibandingkan dengan pembaca suhu inframerah.



**Gambar 3.6.** Perbandingan tampilan dan hasil purwarupa (kiri) dan kamera termal HT-02 (kanan)

Untuk memvalidasi hasil pengukuran purwarupa kamera termal yang sudah dibuat, dilakukan perbandingan hasil dengan kamera termal HT-02 (Gambar 3.3.) yang dijadikan sebagai standar pengukuran. Objek yang akan diukur dan diamati adalah sebuah rangkaian catu daya yang terhubung dengan jalur listrik jala-jala. Seperti diketahui, penyumbang panas terbesar dari sebuah rangkaian catu daya adalah bagian trafo atau transformatornya.

Pada Gambar 3.4. sebelah kanan dapat dilihat pada jarak ukur 12 cm, suhu yang terukur adalah 31.5 cm. Dan tampilan nyata yang digabung dengan pemetaan suhu pada tampilan kamera HT-02 merujuk pada komponen transformator.

Pada Gambar 3.5. bagian b, merupakan tampilan pemetaan termal saja dari kamera HT-02. Suhu di rata-rata pengukuran adalah 24.8 derajat celcius. Hasilnya mendekati jika diukur menggunakan pembaca suhu infra merah biasa (uji satu titik) yaitu 25.0 derajat celcius (Gambar 3.5. bagian c).

Pada gambar 3.6. menunjukkan perbandingan tampilan purwarupa yang dibandingkan dengan kamera HT-02. Suhu yang ditunjukkan purwarupa sebesar 24.7 derajat celcius, sedangkan pada kamera HT-02 adalah sebesar 24.8. Tidak terlalu jauh hasil pengukuran purwarupa yang dibuat dengan standar kamera termal HT-02.

## **Kesimpulan**

Purwarupa yang dibuat sudah mencukupi batas minimum kesamaan nilai ukur dan kemiripan pola pemetaan suhu dari objek yang diamati. Terbukti dengan hasil tampilan layar dan nilai pengukuran suhu yang hampir sama dengan alat ukur standar. Memang hasil gambar pemetaan suhunya masih sedikit kasar, namun kedepannya kita dapat mencari sensor thermal array yang lebih tinggi lagi resolusinya dan harganya masih terjangkau.

## **Ucapan Terima Kasih**

Terimakasih kepada tim P3M Politeknik Elektronika Negeri Surabaya sebagai pihak pemberi dana penelitian dan semua pihak yang membantu.

## **Daftar Pustaka**

Adiwijoyo, A. D. (2014). Perbandingan Teknik Resampling Pada Citra Hasil Pan-Sharpening Untuk Pemetaan Penutup Lahan Dengan Menggunakan Klasifikasi Terselia Maximum Likelihood. Jurnal Bumi Indonesia.

Györök, G. &. (2018). Using Thermal Imaging Cameras to Test Electronical Systems. International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE) (pp. 000147-000152). IEEE.

Han, D. (2013). Comparison of commonly used image interpolation methods. Proceedings of the 2nd

international conference on computer science and electronics engineering. Atlantis Press.

Miller, D. (2017, Juni 28). Overview Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera Sensor. Diakses pada 1 Maret 2020, dari Adafruit: <https://learn.adafruit.com/adafruit-amg8833-8x8-thermal-camera-sensor/overview>

Morsy, H. A. (2019). Performance Analysis of the Effects of Non-Adaptive Image Scaling on Image Edges. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE).

Parsania, P. V. (2014). A review: Image interpolation techniques for image scaling. Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.

Rai, M. M. (2017). Thermal imaging system and its real time applications: a survey. Journal of Engineering Technology, 290-303.

Rajarampolu, P. R. (2017). Bicubic interpolation algorithm implementation for image appearance enhancement. International Journal (IJCSST).

Sambhi, S. (2018). Thermal Imaging Technology for Predictive Maintenance of Electrical Installation in Manufacturing Plant—A Literature Review. 2nd IEEE Int. Conf. on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES). New Delhi, India.

Suguna, M. R. (2016). Fault localisation of electrical equipments using thermal imaging technique. International Conference on Emerging Technological Trends (ICETT) (pp. 1-3). IEEE.

Thévenaz, P. B. (2000). Image interpolation and resampling. Handbook of medical imaging, processing and analysis, 393-420.

ISSN 2621-0878

