

Teknik Interpolasi Bikubik untuk Memperbesar Gambar Hasil Pemetaan Suhu dari Sensor MLX90640 pada Praktikum Mikrokontroler

Mochammad Darwis

Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)
Corresponding Author : mdarwis@staff.pens.ac.id

Received: 20th November 2020; Revised: 11th December 2020; Accepted: 10th January 2021;

Available online: 24th January 2021; Published regularly: January 2021

Abstract

The occurrence of various disruptions and damage to equipment and electrical installations begins with a significant temperature increase in it. The temperature increasing in electrical equipment and installations will also increase the consumption of energy or power required. Previous technology used a temperature sensor and current sensor which had to be installed in the environment to be monitored. The temperature measurement system without touching the surface which is measured using infrared rays is a new breakthrough that really helps maintenance and repair. Also with the existence of a temperature sensor arranged in an array, it can map the existing temperature so that it can provide a better picture for analyzing the symptoms that occur, compared to using a temperature sensor that measures one point only. A temperature imaging camera is currently very expensive, making procurement a bit difficult for laboratories dealing with electrical equipment and installations. In this research, we will try to make an inexpensive temperature imaging camera using the MLX90640 sensor and the ESP32 microcontroller. Bicubic interpolation is used to enlarge the resulting image obtained by the MLX90640 sensor. The MATLAB program is used to simulate and create an overall temperature imaging camera system. Tested and compared with two other interpolation methods to ensure that bicubic interpolation can produce better magnified images.

Key Words : *Bicubic Interpolation, Temperature Array Sensor, MLX90640, Image Processing*

Abstrak

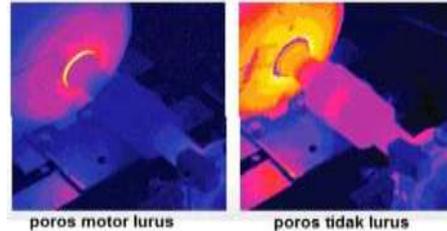
Terjadinya berbagai gangguan dan kerusakan peralatan dan instalasi listrik dimulai dengan adanya kenaikan suhu yang berarti padanya. Kenaikan suhu pada peralatan dan instalasi listrik, juga akan menaikkan konsumsi energi atau daya yang dibutuhkan. Teknologi terdahulu menggunakan sebuah sensor suhu dan sensor arus yang harus dipasang pada lingkungan yang akan dipantau. Sistem pengukuran suhu tanpa menyentuh permukaan yang diukur menggunakan bantuan sinar infra merah merupakan terobosan baru yang sangat membantu bagian pemeliharaan dan perbaikan. Juga dengan adanya sensor suhu yang disusun secara array, dapat memetakan suhu yang ada sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih baik untuk menganalisa gejala yang terjadi, dibandingkan jika menggunakan sensor suhu yang mengukur satu titik saja. Sebuah kamera penggambar suhu saat ini harganya sangat mahal sehingga pengadaannya sedikit sulit untuk laboratorium yang berhubungan dengan peralatan dan instalasi listrik. Pada penelitian ini, akan dicoba untuk membuat kamera penggambar suhu yang murah menggunakan sensor MLX90640 dan mikrokontroler ESP32. Interpolasi bikubik digunakan untuk memperbesar hasil gambar yang diperoleh oleh sensor MLX90640. Digunakan program MATLAB 2017b 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.

Kata Kunci : *MLX90640, Interpolasi Bikubik, Pemrosesan Gambar, Sensor Array Suhu*

PENDAHULUAN

Gangguan dan kerusakan peralatan dan instalasi listrik terjadi dimulai dengan adanya kenaikan suhu yang berarti padanya. Kenaikan suhu pada peralatan dan instalasi listrik, juga akan menaikkan konsumsi energi atau daya yang dibutuhkan. Pada gambar 1. dengan menggunakan kamera penggambar suhu, terlihat bahwa instalasi mekanik yang kurang baik pada sebuah sambungan motor, juga akan menimbulkan panas, konsumsi daya yang tinggi, menyebabkan kerusakan peralatan dan memperpendek umur perlatan. Teknologi terdahulu yang menggunakan sebuah sensor suhu dan sensor arus yang harus dipasang pada lingkungan yang akan dipantau digantikan dengan sistem pengukuran suhu tanpa menyentuh permukaan yang diukur menggunakan bantuan sinar infra merah. Hal ini merupakan terobosan baru yang sangat membantu bagian pemeliharaan dan perbaikan. Sensor suhu disusun secara array, sehingga dapat memetakan suhu yang ada. Perangkat ini dapat memberikan gambaran yang lebih baik untuk menganalisa gejala yang terjadi, dibandingkan jika menggunakan sensor suhu yang mengukur satu titik saja. Sebuah kamera penggambar suhu saat ini harganya sangat mahal sehingga pengadaannya sedikit sulit untuk laboratorium yang berhubungan dengan peralatan dan instalasi listrik. Pada penelitian ini, akan dicoba untuk membuat kamera penggambar suhu yang murah menggunakan sensor MLX90640 dan mikrokontroler ESP32. Interpolasi bikubik digunakan untuk memperbesar hasil gambar yang diperoleh oleh sensor MLX90640 yang hanya berukuran 32x24 piksel seperti gambar 2. Jika hasil resolusi piksel yang rendah ini langsung ditampilkan pada layar LCD, hasilnya akan terlihat aneh dan sulit untuk diterjemahkan.



Gambar 1. Gambar pemetaan suhu instalasi mekanik pada sebuah poros moto

Digunakan program MATLAB versi 2017b 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 1.2. Hasil display sensor suhu array dengan resolusi 32x24 piksel

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomasi Industri dan Pengemudian Elektrik, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Sensor MLX90640, modul ESP32 WROOM, LCD TFT, Program MATLAB 2017b dan Visual Basic 6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu mulai memahami karakteristik dari sensor suhu array MLX90640 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Hasil dari sensor ini akan kita coba untuk dibesarkan menjadi 10 kalinya, menjadi 320x240 piksel. Sehingga sesuai dengan ukuran piksel LCD TFT yang digunakan.



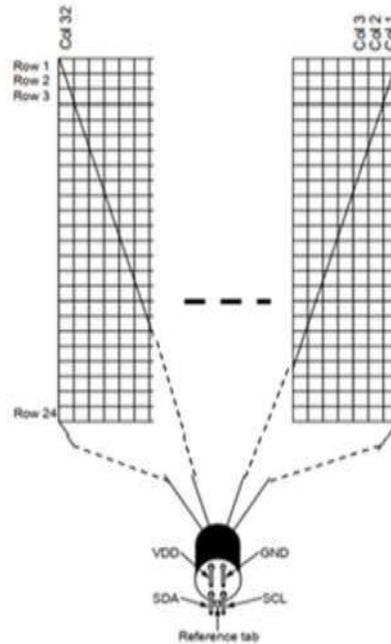
Gambar 3. Sensor MLX90640

Berdasar spesifikasi pada datasheet yang ditunjukkan pada Tabel 1, sensor MLX90640 dapat melakukan pengukuran suhu dari -40 derajat celcius sampai 300 derajat celcius.

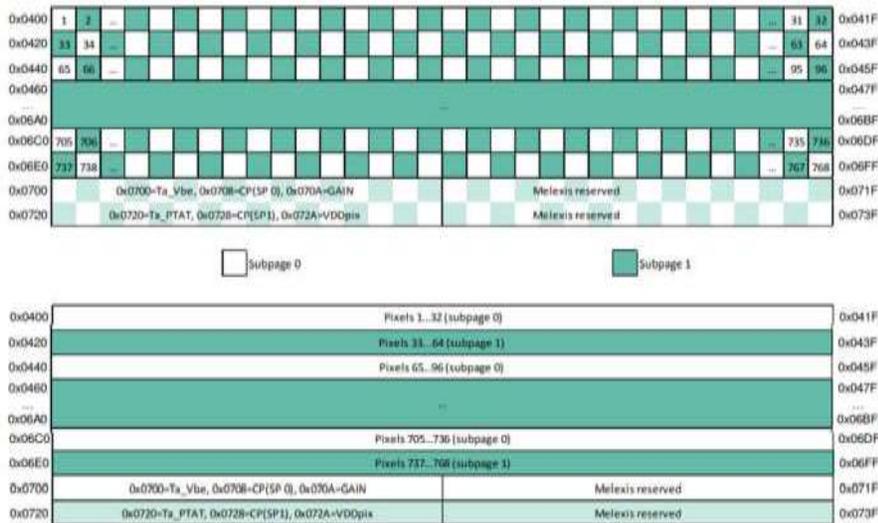
Tabel 1. Spesifikasi sensor MLX90640

Item	Value
Operating voltage	3.3V/5V
Operating current	< 23mA
Communication interface	I2C (address 0x33)
Field of view (Horizontal×Vertical)	MLX90640-D55 Thermal Camera: 55°×35° (narrow angle FOV, suit for long range measuring) MLX90640-D110 Thermal Camera: 110°×75° (wide angle FOV, suit for short range measuring)
Operating temperature	-40°C~85°C
Target temperature	-40°C~300°C
Resolution	±1°C
Refresh rate	0.5Hz~64Hz (programmable)
Dimensions	28mm×16 mm
Mounting hole size	2.0mm

Sensor MLX90640 menghasilkan hasil pemetaan suhu dalam bentuk matrik berukuran 32x24 (lihat gambar 4). 32 adalah ukuran kolom dan 24 adalah ukuran baris. Jadi total ada 768 piksel. Tiap sel dari matrik ini akan kita ubah menjadi piksel yang warnanya tergantung dari nilai pembacaan suhunya. Hasil setiap sel pembacaan suhunya disimpan pada memori RAM pada alamat 0x400H sampai 0x6FFH. Merupakan sebuah data 8 bit seperti yang tertera pada Gambar 5

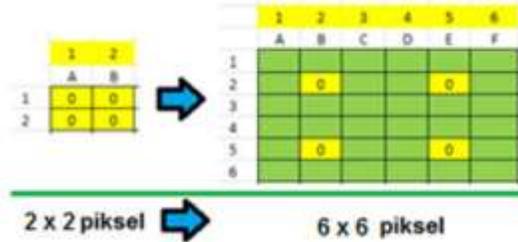


Gambar 4. Matrik hasil pemetaan suhu sensor MLX90640



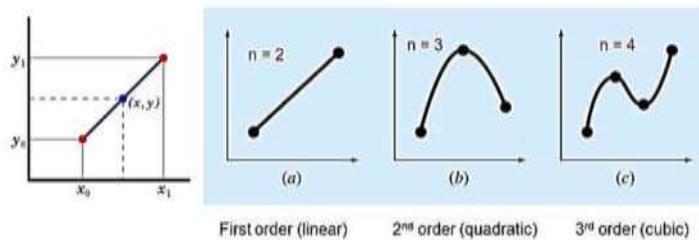
Gambar 5. Peta memori RAM hasil pengukuran sensor

Kemudian langkah selanjutnya adalah memahami dan menerapkan interpolasi pada matrik hasil sensor suhu MLX90640. Ada berbagai cara untuk melakukan perbesaran ukuran sebuah gambar. Jenis cara atau metoda yang digunakan akan mempengaruhi kualitas gambar dan kecepatan proses konversinya. Pola nilai RGB pada sebuah piksel yang saling berdekatan yang menyusun sebuah gambar, dapat kita identikkan dengan sebuah fungsi $f(x)$. Sehingga apabila suatu gambar atau image, kita besarkan ukurannya, maka kita dapat memperkirakan nilai RGB sebuah piksel tertentu yang akan mengisi piksel matrik pengembangannya.

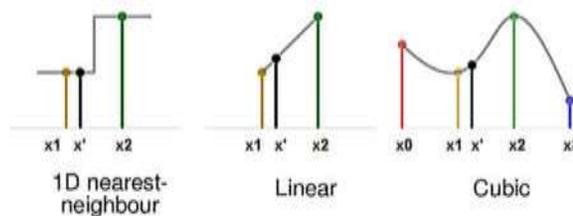


Gambar 6. Memperbesar ukuran sebuah gambar.

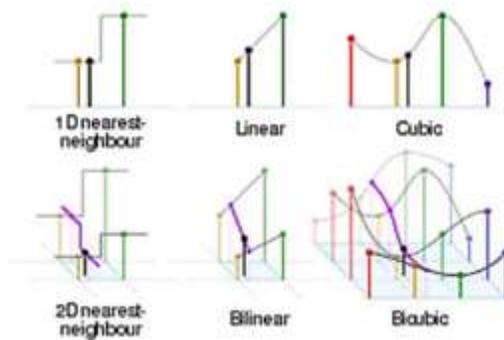
Pada gambar 6., dapat kita lihat bahwa untuk memperbesar gambar dengan ukuran 2x2 piksel menjadi 6x6 piksel, kita melakukan perbesaran sebesar 3x. Berarti pada setiap piksel awal, harus dikelilingi oleh 8 piksel baru. Untuk mencari piksel baru tersebut, kita menggunakan metode interpolasi bikubik.



Gambar 7. Memperkirakan nilai suatu titik dengan menggunakan ordo persamaan



Gambar 8. Interpolasi 1 dimensi



Gambar 9. Pengembangan Interpolasi 1 dimensi ke 2 dimensi

Jika sebuah fungsi $f(x)$ dan turunannya, diketahui nilainya pada $x = 0$ dan $x = 1$, maka fungsi tersebut dapat diinterpolasi pada interval $[0,1]$ menggunakan sebuah polinomial orde tiga yang disebut juga dengan interpolasi kubik. Rumus polinomial ini dapat dengan mudah diturunkan. Polinomial orde tiga dan turunannya:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d \tag{1}$$

$$f'(x) = 3ax^2 + 2bx + c \tag{2}$$

Nilai polinomial dan turunannya pada $x = 0$ dan $x = 1$, dan nilai konstantanya:

$f(0) = d$	\Rightarrow	$a = 2f(0) - 2f(1) + f'(0) + f'(1)$	(3)
$f(1) = a + b + c + d$		$b = -3f(0) + 3f(1) - 2f'(0) - f'(1)$	(4)
$f'(0) = c$		$c = f'(0)$	(5)
$f'(1) = 3a + 2b + c$		$d = f(0)$	(6)

Rumus interpolasi kubik (persamaan orde tiga) kita dapatkan dan jika dihubungkan dengan teori Catmull-Rom spline, kita dapat memiliki nilai p_0, p_1, p_2 dan p_3 masing-masing pada $x=-1, x=0, x=1$, dan $x=2$. Kemudian kita dapat menetapkan nilai $f(0), f(1), f'(0)$ dan $f'(1)$ menggunakan rumus di bawah ini untuk melakukan interpolasi (titik prediksi baru) antara p_1 dan p_2 .

$$f(0) = p_1 \tag{7}$$

$$f(1) = p_2 \tag{8}$$

$$f'(0) = \frac{p_2 - p_0}{2} \tag{9}$$

$$f'(1) = \frac{p_3 - p_1}{2} \tag{10}$$

Menggabungkan empat rumus terakhir dan empat sebelumnya, kita mendapatkan:

$$a = -\frac{1}{2}p_0 + \frac{3}{2}p_1 - \frac{3}{2}p_2 + \frac{1}{2}p_3 \tag{11}$$

$$b = p_0 - \frac{5}{2}p_1 + 2p_2 - \frac{1}{2}p_3 \tag{12}$$

$$c = -\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{2}p_2 \tag{13}$$

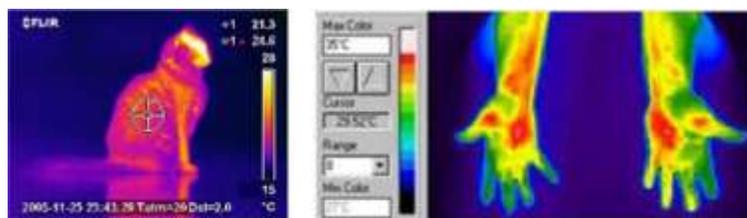
$$d = p_1 \tag{14}$$

Sehingga rumus interpolasi kubik kita menjadi:

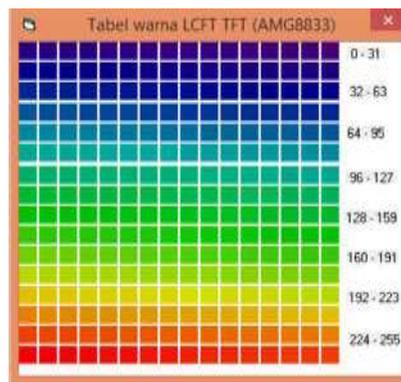
$$f(p_0, p_1, p_2, p_3, x) = \left(-\frac{1}{2}p_0 + \frac{3}{2}p_1 - \frac{3}{2}p_2 + \frac{1}{2}p_3\right)x^3 + \left(p_0 - \frac{5}{2}p_1 + 2p_2 - \frac{1}{2}p_3\right)x^2 + \left(-\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{2}p_2\right)x + p_1 \quad (15)$$

Interpolasi bikubik adalah interpolasi kubik dalam dua dimensi. Dalam penelitian ini dibahas mengenai penggunaan interpolasi bikubik untuk mengubah ukuran gambar dan dibandingkan dengan dua metode yang ada, yaitu nearest dan bilinear.

Dalam pembuatan sebuah gambar pemetaan suhu, ada beberapa standar gradasi warna yang digunakan. Seperti gambar 10. Gambar sebelah kiri adalah standar dari produsen kamera suhu bernama FLIR dan yang sebelah kanan adalah standar produsen yang lain. Dapat kita lihat perbedaannya bahwa, standar FLIR tidak menggunakan warna hijau dan biru pada gradasi warnanya. Dalam penelitian ini menggunakan standar gradasi warna pada gambar 2.8. yang sebelah kanan dengan tabel gradasi warna yang tertera pada gambar 11.

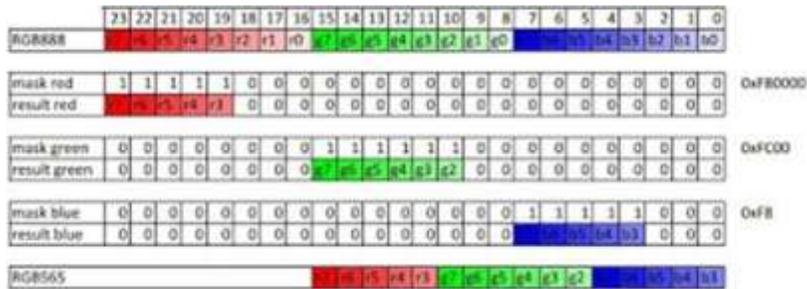


Gambar 10. Standar gradasi warna pada sebuah gambar pemetaan suhu



Gambar 11. Standar gradasi warna yang digunakan

Setiap warna, secara umum dikodekan dalam komposisi warna RGB (Red, Green, Blue). Dan formasi komposisi RGB nya, ada yang menggunakan standar RGB888 dan RGB565. Program MATLAB 2017b dan Visual Basic 6 menggunakan standar kode warna RGB888. Ini berarti bahwa komposisi warna merah (Red) sebesar 8 bit, warna hijau (Green) sebesar 8 bit dan warna Blue (Biru) sebesar 8 bit. Jadi total ada 24 bit (lihat gambar 2.10). Tetapi untuk mikrokontroler ESP32 dan display LCD TFT menggunakan standar kode warna RGB565. Sehingga total ada 16 bit.



Gambar 12. Konfigurasi bit pada sistem RGB888 dan RGB565

Kita harus dapat memahami proses konversi standar kode warna ini sehingga tidak terjadi kesalahan waktu membuat sistem kamera penggambar suhu menggunakan mikrokontroler Esp32 dan display LCD TFT. Konversinya dapat dilihat rumusnya pada gambar 13. Simulasi konversi dibuat menggunakan program Visual Basic 6 untuk menguji kebenaran algoritma konversinya (lihat gambar 14.)

```

Konversi kode warna 16 bit ke 24 bit
R8 = (R5 * 527 + 23) >> 6;
G8 = (G6 * 259 + 33) >> 6;
B8 = (B5 * 527 + 23) >> 6;

konversi kode warna 24 bit ke 16 bit
R5 = (R8 * 249 + 1014) >> 11;
G6 = (G8 * 253 + 585) >> 10;
B5 = (B8 * 249 + 1014) >> 11;

>> berarti geser berapa bit ke kanan
    
```

Gambar 13. Konversi RGB88 ke RGB565 dan sebaliknya.



Gambar 14. Simulasi konversi RGB888 ke RGB 565 menggunakan program Visual Basic 6

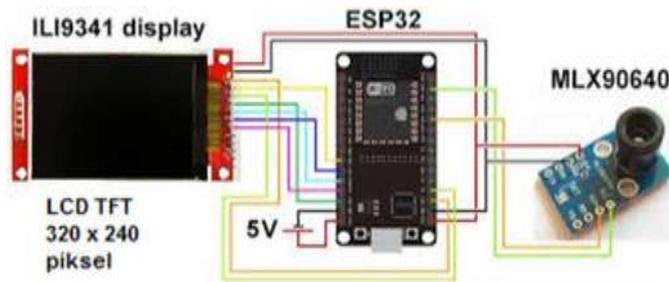
Kemudian dibuat simulasi memperbesar gambar menggunakan program MATLAB 2017b dengan input gambar berukuran 32x24 piksel dengan berbagai motif. Dicoba simulasi hasil perbesarannya menggunakan 3 metode. (lihat baris program ke 4, pada gambar 2.13.). Di contoh program nilai perbesarannya adalah 3, namun untuk penggunaan kali ini, nilai perbesarannya adalah 10. Ada metode

nearest, bilinear dan bicubic. Hasilnya kemudian diamati. Gambar diperbesar 10 kali sehingga menjadi 320x240 piksel.

```
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 15. Program MATLAB 2017b (m file) untuk memperbesar gambar

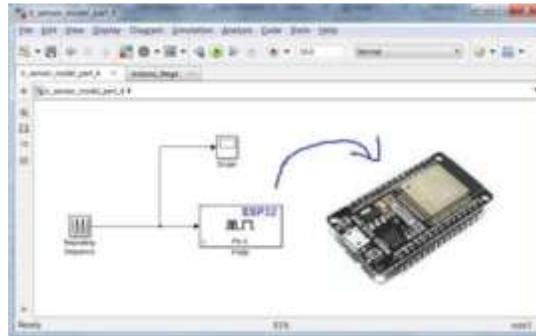
Langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian ESP32 dan display LCD TFT dan sensor MLX90640. Kemudian ditambahkan addon ESP32 Support Package pada program MATLAB 2017b (lihat gambar 16. dan gambar 17.).



Gambar 16. Rangkaian kamera penggambar suhu.



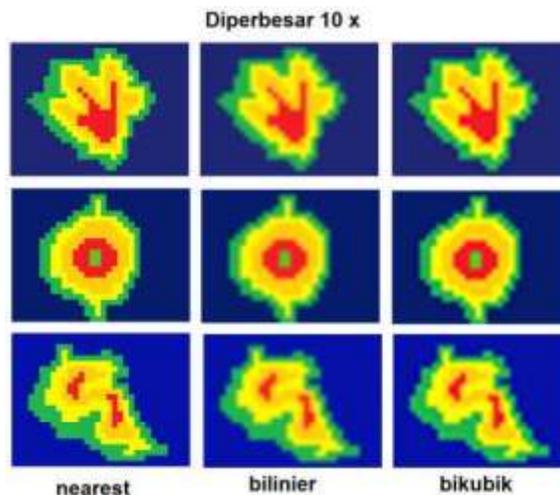
Gambar 17. MATLAB 2017b Support Package Installer.



Gambar 18. Simulink MATLAB 2017b yang digabungkan dengan support package Esp32

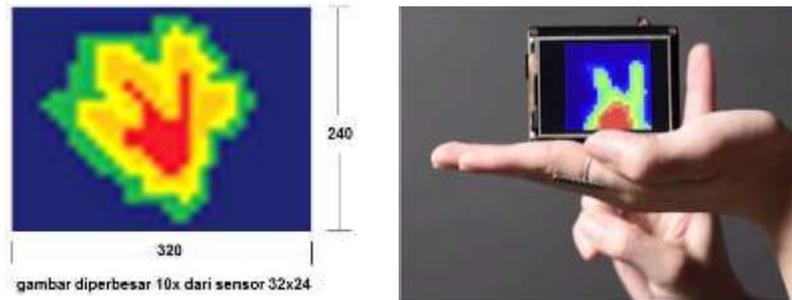
Langkah terakhir adalah membuat blok diagram Simulink secara lengkap untuk membentuk sistem kamera penggambar suhu dengan menggabungkan ESP32 Support Package (Gambar 18.). Hasil simulink yang telah berhasil dengan baik, akan dikompilasi dan didownloadkan ke modul ESP32 supaya dapat berfungsi sendiri tanpa menggunakan MATLAB 2017b.

Hasil dari perbesaran gambar menggunakan tiga buah algoritma interpolasi yang dimulasikan di MATLAB 2017b, dapat dilihat pada gambar 19.. Dapat kita lihat bahwa, dengan menggunakan interpolasi bikubik, hasilnya masih mengikuti gambar aslinya dibanding dengan yang bilinear.



Gambar 19. Hasil interpolasi bikubik dan perbandingan dengan interpolasi yang lain.

Interpolasi bilinear hasilnya kabur, batas warnanya kurang jelas, warna-warnanya menjadi sedikit lebih suram dan perubahan pinggiran warnanya kurang jelas dibandingkan dengan hasil bikubik. Hasil dari penerapan simulasi pemrosesan gambar di MATLAB 2017b pada modul ESP32 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 20. Hasil Simulink MATLAB 2017b diterapkan pada mikrokontroler Esp32

KESIMPULAN

Interpolasi bikubik dapat memperbaiki hasil perbesaran gambar dari ukuran 32x24 menjadi 320x240. Penggunaan program MATLAB 2017b dapat memudahkan peneliti dan pengembang alat khususnya yang berhubungan dengan pemrosesan gambar dengan lebih mudah dan cepat, karena dapat dilakukan simulasinya terlebih dahulu dan tanpa melakukan pemrograman yang rumit. Untuk penelitian selanjutnya, akan digunakan sensor dengan resolusi yang lebih tinggi, agar hasil penggambaran suhunya lebih baik dan lebih presisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada tim P3M Politeknik Elektronika Negeri Surabaya atas pemberian dana penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijoyo, Projo Danoedoro, "Perbandingan Teknik Resampling Pada Citra Hasil Pan-Sharpening Untuk Pemetaan Penutup Lahan Dengan Menggunakan Klasifikasi Terselia Maximum Likelihood", Universitas Gajah Mada, 2009
- Dianyuan Han, "Comparison of Commonly Used Image Interpolation Methods", Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE 2013), Dept. of Computer Engineering, Wei Fang University, Shandong 261061, China.
- Hamdy Amin Morsy, "Performance Analysis of the Effects of Non-Adaptive Image Scaling on Image Edges", International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN: 2277-3878, Volume-7, Issue-6, March 2019.
- Pankaj S. Parsania, Paresh V. Virparia, "A Review: Image Interpolation Techniques for Image Scaling", International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 2, Issue 12, December 2014, College of FPTBE, Anand Agricultural University, Anand, Gujarat, India and Department of Computer Science, Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar, Gujarat, India
- Philippe Thévenaz, Thierry Blu and Michael Unser, "Image Interpolation and Resampling", Swiss Federal Institute of Technology—Lausanne
- Prachi R Rajarapollu, Vijay R Mankar, "Bicubic Interpolation Algorithm Implementation for Image Appearance Enhancement", IJCST Vol. 8, Issue 2, April - June 2017, SGBAU Amaravati, Maharashtra, India
- Zolyviade Zarcelonia, "Perancangan Aplikasi Perbesaran Citra dengan Metode Proyeksi Cahaya", Prodi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, 2014

