

PENERAPAN ALGORITMA FILTER UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PEMBACAAN SENSOR SUHU MLX90614 PADA OBJEK DENGAN ELIMINASI PENGARUH SUHU LINGKUNGAN

Muh Hafid Alkarim^{1*}, Ipin Prasojo², Setyo Adi Nugroho³, Eko Nugroho⁴

^{1,2,3,4}Teknologi Rekayasa Elektromedis, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta

Keywords:

Sensor Suhu MLX90614;
Filter Sinyal Digital;
Mean Squared Error (MSE);
Eliminasi Noise Lingkungan.

Correspondent Email:

012021050011@students.i
tspku.ac.id

Abstrak. Sensor suhu memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi, terutama dalam pengukuran suhu tubuh dan lingkungan. Salah satu sensor yang banyak digunakan adalah MLX90614, sensor inframerah non-kontak ini mudah digunakan, meskipun akurasinya dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan jarak pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pembacaan suhu dengan menerapkan beberapa algoritma filter, yaitu Low Pass, Exponential Moving Average (EMA), Moving Average, Median, dan Kalman Filter. Berdasarkan analisis menggunakan Mean Squared Error (MSE), Moving Average menunjukkan kinerja terbaik dengan MSE terendah sebesar 10.5634, diikuti oleh Median Filter (10.8855). Filter lainnya, seperti EMA dan Low Pass, memiliki MSE yang lebih tinggi (40.2701), sementara Kalman Filter menunjukkan MSE tertinggi (799.6851). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Moving Average adalah filter paling efektif dalam mengeliminasi pengaruh suhu lingkungan dan jarak, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu menggunakan sensor MLX90614.

Abstract. Temperature sensors play an important role in a variety of applications, especially in the measurement of body and environmental temperature. One of the widely used sensors is MLX90614, this non-contact infrared sensor is easy to use, although its accuracy is affected by ambient temperature and measuring distance. This study aims to improve the accuracy of temperature readings by applying several filter algorithms, namely Low Pass, Exponential Moving Average (EMA), Moving Average, Median, and Kalman Filter. Based on the analysis using the Mean Squared Error (MSE), the Moving Average showed the best performance with the lowest MSE of 10.5634, followed by the Median Filter (10.8855). Other filters, such as EMA and Low Pass, have a higher MSE (40.2701), while Kalman Filter shows the highest MSE (799.6851). The results of this study indicate that the Moving Average is the most effective filter in eliminating the influence of ambient temperature and distance, so it can be used to improve the accuracy of temperature measurement using the MLX90614 sensor..

1. PENDAHULUAN

Sensor suhu merupakan salah satu perangkat penting dalam berbagai aplikasi, terutama dalam

pengukuran suhu tubuh dan lingkungan. Salah satu sensor yang banyak digunakan adalah MLX90614, yang merupakan sensor suhu

inframerah non-kontak [1]. Sensor ini memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan kemudahan penggunaan, namun akurasi pembacaannya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu lingkungan [2].

Dalam konteks pandemi *COVID-19*, pengukuran suhu tubuh secara akurat menjadi krusial untuk mencegah penyebaran virus [3]. Namun, tantangan muncul ketika pengukuran suhu terpengaruh oleh fluktuasi suhu lingkungan yang dapat menghasilkan pembacaan yang tidak konsisten [4]. Penerapan algoritma filter, seperti Kalman Filter atau Digital Moving Average Filter, telah terbukti efektif dalam mengurangi noise dan meningkatkan stabilitas data sensor [5] [6].

Selain itu pengaruh jarak terhadap pembacaan suhu merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan sensor suhu [7]. Terutama tipe sensor inframerah [8] seperti MLX90614 beberapa menunjukkan bahwa jarak pengukuran dapat memengaruhi akurasi dan konsistensi pembacaan suhu [9]. Dalam beberapa studi, termasuk penelitian yang membandingkan sensor MLX90614 dengan termometer standar, ditemukan bahwa akurasi sensor cenderung menurun seiring dengan meningkatnya jarak pengukuran. Misalnya, pada jarak 3 hingga 5 cm, sensor MLX90614 menunjukkan rata-rata error yang rendah, tetapi pada jarak yang lebih jauh, seperti 6 hingga 7 cm, nilai error meningkat secara signifikan [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan beberapa algoritma filter seperti *Low Pass*, *EMA*, *Moving Average*, *Median* dan *Kalman* pada pembacaan sensor MLX90614 agar dapat meningkatkan akurasi pengukuran suhu pada objek yang terpengaruh oleh suhu lingkungan serta eliminasi pengaruh jarak pembacaan. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pengukuran suhu yang lebih akurat dan meminimalisir gangguan dari suhu lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ESP



Gambar 1 ESP32

ESP32 adalah *microcontroller* yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari *microcontroller* ESP8266. Perbedaan yang menjadi keunggulan *microcontroller* ESP32 dibanding dengan *microcontroller* yang lain, mulai dari pinout nya yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat *bluetooth* 4.0 *low energy* serta tersedia *WiFi* [11].

2.2 MLX90614



Gambar 2 MLX90614

MLX90614 adalah sebuah termometer inframerah untuk pengukuran suhu non-kontak. Baik *chip* detektor *thermopile* sensitif IR dan *ASIC* pengkondisi sinyal terintegrasi dalam packing sensor model TO-39 yang sama. Pengkondisi sinyal yang terintegrasi ke dalam MLX90614 itu adalah *low noise amplifier*, *17-bit ADC* dan unit *DSP* yang kuat sehingga mencapai akurasi dan resolusi tinggi dari termometer. Secara default dari pabrik, sensor dikalibrasi dengan output *SMBus* digital yang memberikan akses penuh ke suhu yang diukur dalam kisaran suhu dalam kisaran -20 hingga 120 °C dengan resolusi 0,02 °C [12]

2.3 LCD I2C 16x2



Gambar 3 LCD I2C 16x2

LCD I2C adalah Modul LCD (Liquid Crystal Display) yang dikendalikan secara serial sinkron dengan menggunakan protocol I2C/IIC (Inter Integrated Circuit) atau TWI (Two Wire Interface). LCD ini dapat berfungsi untuk menampilkan sesuatu berupa tekes atau angka yang sudah di program dari mikrokontroller, LCD I2C ini mempunyai 4 kaki pin, pin GND atau Ground, pin VCC 5 volt, pin kontrol SCL dan pin kontrol SDA [13].

2.4 Mean Squared Error

Mean Squared Error (MSE) adalah metrik statistik yang digunakan untuk mengukur rata-rata kuadrat selisih antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai aktual yang diamati [14]. MSE dihitung dengan menjumlahkan kuadrat dari setiap selisih antara prediksi dan observasi, kemudian membaginya dengan jumlah total observasi [15]. Secara matematis, MSE dirumuskan sebagai:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Dimana Y_i adalah nilai aktual, $\hat{Y}_i$ adalah nilai prediksi, dan n adalah jumlah observasi.

MSE memiliki beberapa karakteristik penting [16]:

- Sensitivitas terhadap Outlier: Karena kesalahan dikuadratkan, MSE memberikan penekanan yang lebih besar terhadap kesalahan besar, menjadikannya sensitif terhadap outlier.
- Penggunaan dalam Evaluasi Model: MSE sering digunakan untuk menilai akurasi model prediktif, seperti dalam regresi linier, di mana nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik.
- Hubungan dengan Varians dan Bias: MSE dapat diuraikan menjadi *varians estimator* dan kuadrat dari biasnya, serta *trade-off*

antara kompleksitas model dan kesalahan prediksi.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dalam metode ini, berbagai percobaan adalah dilakukan mengikuti landasan teori yang relevan [17]. Dalam implementasinya, berbagai desain, simulasi, dan pengujian dilakukan mengikuti kajian teoritis yang telah diperoleh. Hal ini dilakukan untuk mencapai tujuan awal penelitian ini. Langkah-langkah ini dapat diilustrasikan pada Gambar 4



Gambar 4 Research flow with the experimental method

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi dari berbagai jurnal dan buku sebagai penunjang sebelum melakukan penelitian. Langkah kedua yaitu proses perancangan alat yang akan digunakan untuk pembacaan suhu memakai sensor MLX-90614. Langkah ketiga adalah tahap pembuatan alat, tahap ini terdiri dari pembuatan *hardware* secara langsung. Kemudian dilanjutkan ke tahap akhir yaitu pengujian alat menggunakan beberapa alghoritma filter dalam berbagai kondisi suhu, jika alat sudah berjalan dengan baik maka dapat diambil analisis dari penelitian dan jika pada pengujian sistem pembacaan suhu masih belum berhasil maka akan kembali lagi ke tahap perancangan ulang. Tahap analisis dilakukan setelah melakukan pengujian sistem pembacaan suhu dan kemudian akan dilakukan pengambilan data sensor yang akan digunakan pada penelitian.

3.1 Study Literature

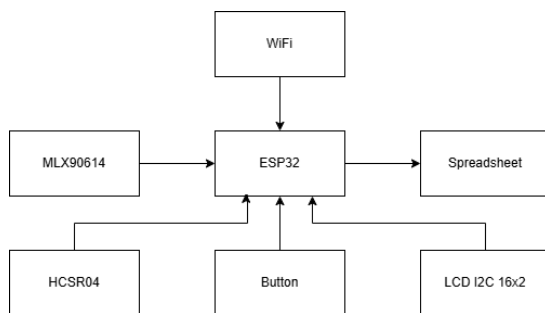
Pada tahap ini dilakukan berbagai kajian terhadap teori-teori yang diperlukan. Selain itu, kami telah melakukan pencarian terhadap penelitian yang terkait dengan penelitian ini sebagai pendukung dan juga membuat perbandingan dalam setiap penelitian untuk mendapatkan pembaruan dalam riset.

3.2 Design

Tahap selanjutnya adalah tahap desain. Pada tahap ini dilakukan perancangan rekayasa perangkat lunak. Rekayasa ini meliputi diagram blok sistem dan sirkuit sistem serta *Filter design*.

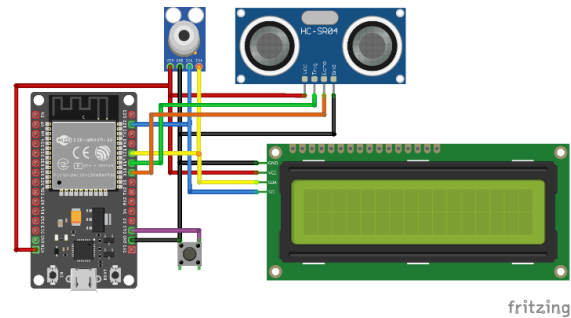
3.2.1 Blok Diagram & Circuit System

Blok Diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 5 merupakan sistem rangkaian yang memakai ESP32 sebagai *microcontroller*, *Button* sebagai input untuk memilih mode filter, MLX90614 sebagai input nilai suhu objek, HCSR04 sebagai input nilai jarak, LCD i2c 16x2 sebagai output untuk penampil data, serta semua data akan dikirim melalui WiFi ke Spreadsheet.



Gambar 5 Blok Diagram sistem

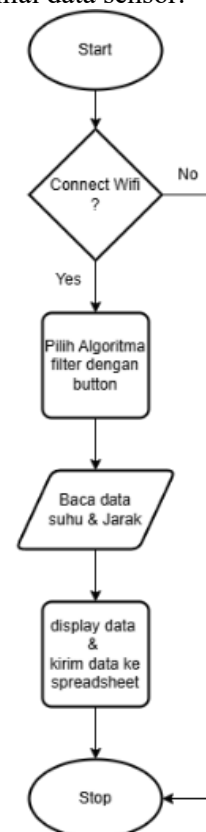
Adapun sirkuit sistem ialah ditunjukkan oleh Gambar 6 yang dimana ESP32 digunakan sebagai unit kontrol untuk sensor suhu, sensor jarak, *push button*, dan LCD. Pada ESP32 ini juga didalamnya akan dimasukan beberapa alghoritma filter untuk dipilih dan nantinya hasil pembacaan suhu dan jarak akan dikirimkan kedalam Google Spreadsheet.



Gambar 6 Circuit System

3.2.2 Flowchart

Flowchart atau alur kerja dari sistem ini adalah seperti Gambar 7 dibawah ini. Dimulai dari start pada saat menghidupkan alat kemudian terhubung ke WiFi dan memilih mode filter yang akan digunakan, kemudian suhu dan jarak akan terbaca serta langsung terdisplay pada LCD. Setelah itu data akan langsung diteruskan ke spreadsheet sebagai penampung nilai data sensor.



Gambar 7 Flowchart

3.2.3 Filter Design

Beberapa design alghoritma filter yang dipakai pada penelitian ini adalah:

3.2.3.1 Moving Average Filter

Metode *Moving Average Filter* merupakan salah satu teknik pemrosesan sinyal yang umum digunakan untuk menghaluskan data. Teknik ini bekerja dengan menghitung rata-rata dari sejumlah titik data dalam rentang waktu tertentu [18]. Menurut penelitian dari (F. R. G. Cruz, dkk) [19] metode ini menunjukkan keefektifan dalam mengurangi fluktuasi acak atau *noise* dalam sinyal. Secara matematis, output dari Moving Average Filter dapat dinyatakan sebagai:

$$Output = \frac{\sum_{i=1}^n Input_i}{n}$$

Di mana n merepresentasikan jumlah titik data yang digunakan dalam proses perataan. Prinsip dasar dari filter ini adalah mengambil nilai terbaru dari hasil pembacaan sensor secara berurutan, kemudian menghitung rata-ratanya [20].

3.2.3.2 Exponential Moving Average (EMA)

Filter ini memberikan bobot lebih besar pada pembacaan data yang paling baru, dibandingkan dengan nilai-nilai sebelumnya. Dengan demikian, perubahan terbaru dalam sinyal lebih cepat tercermin pada output filter [21]. Secara matematis, prinsip kerja filter ini dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$Output = \alpha \cdot Input_t + (1 - \alpha) \cdot PreviousOutput$$

Di mana:

- $Output_t$ adalah hasil filter pada waktu ke- t ,
- $Input_t$ adalah nilai input terbaru,
- $Output_{t-1}$ adalah hasil filter sebelumnya,
- α adalah konstanta (*smoothing factor*) dengan rentang $0 < \alpha \leq 1$

Nilai α menentukan seberapa besar bobot yang diberikan pada data terbaru. Semakin besar nilai α , maka respons filter terhadap perubahan nilai input akan semakin cepat, namun dengan konsekuensi meningkatnya sensitivitas terhadap *noise*. Sebaliknya, jika nilai α yang lebih kecil maka akan menghasilkan output yang lebih stabil, tetapi

kurang responsif terhadap perubahan mendadak sinyal [22].

3.2.3.3 Median Filter

Median merupakan nilai yang terletak di tengah dari sekumpulan data setelah data tersebut diurutkan secara berurutan. Jika jumlah data ganjil, median adalah nilai yang berada tepat di posisi tengah; sedangkan jika jumlah data genap, median dihitung sebagai rata-rata dari dua nilai tengah tersebut [23]. Dalam konteks pemrosesan sinyal, prinsip ini digunakan pada Median Filter, yaitu teknik penyaringan yang memilih nilai tengah dari sejumlah pembacaan sensor [24]. Tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan *outlier* atau gangguan data yang dapat memengaruhi akurasi sinyal. Proses filtering dilakukan dengan mengurutkan sejumlah n nilai pembacaan, lalu mengambil nilai yang berada di posisi tengah sebagai output yang dianggap mewakili kondisi sebenarnya [25].

3.2.3.4 Low Pass Filter (LPF)

Filter ini merupakan jenis filter yang dirancang untuk melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah dan meredam sinyal dengan frekuensi tinggi [26]. Filter ini sangat berguna dalam mengurangi noise atau fluktuasi cepat pada data, sehingga menghasilkan sinyal yang lebih halus dan stabil [27]. Secara matematis, LPF dapat direpresentasikan dengan persamaan:

$$Output = PreviousOutput + \frac{\Delta t}{RC + \Delta t} \times (Input - PreviousOutput)$$

Konstanta waktu RC menentukan seberapa cepat filter merespons perubahan pada sinyal input. Nilai RC yang besar menyebabkan respons filter menjadi lebih lambat terhadap perubahan mendadak, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan penyaringan sinyal dengan perubahan lambat. Sebaliknya, nilai RC yang kecil membuat filter lebih responsif terhadap perubahan cepat, namun dapat melewatkan lebih banyak noise [28].

3.2.3.5 Kalman Filter

Kalman Filter adalah algoritma matematis yang digunakan untuk memperkirakan keadaan sistem dinamis dari serangkaian pengukuran yang memiliki noise dan ketidakpastian [29]. Kalman Filter sering digunakan untuk menyaring data dari sensor agar lebih akurat [30]. Rumus matematis [31] :

$$\begin{aligned} \text{Kalman Gain : } K &= \frac{P}{P+R} \\ \text{Estimate : } \hat{X}_k &= \hat{X}_{k-1} + K(Z_k - \hat{X}_{k-1}) \\ \text{Error Covariance : } P &= (1-K)P + Q \end{aligned}$$

Penjelasan:

- P adalah estimasi variansi kesalahan.
- Q adalah noise proses.
- R adalah noise pengukuran.

3.3 Simulation

Pada tahap simulasi dilakukan berbagai eksperimen yang berkaitan dengan program. Program untuk alghoritma filter pada pembacaan suhu di-*debug* dan disimulasikan menggunakan LCD dan spreadsheet. Nilai yang dihasilkan oleh sensor suhu ini nantinya dilakukan sebuah analisa. Pengujian pembacaan suhu akan dilakukan terhadap sebuah pemanas.

3.4 Implementation and Testing

Pada tahap implementasi dan pengujian ini semua elemen penelitian ini digabungkan dimana ESP32 sebagai *microcontroller* dikomunikasikan dengan Modul MLX90614 dan HCSR04 serta LCD I2C 16x2. Selanjutnya, semuanya dijalankan sesuai dengan skenario tujuan awal. Proses pengujian pada tahap ini dilakukan secara parsial dan secara keseluruhan sesuai dengan skenario tujuan awal penelitian. Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui apakah serangkaian alat yang telah dirancang dapat bekerja sesuai yang diharapkan untuk sistem yang akan diujikan pada elemen pemanas untuk dibaca ujunya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian penerapan algoritma filter pada sensor suhu MLX90614 bertujuan untuk meningkatkan akurasi pembacaan suhu objek dengan mengeliminasi pengaruh suhu lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan

efektivitas algoritma dalam menyaring data, sehingga dapat mengurangi noise dan bias yang berasal dari fluktuasi suhu sekitar. Analisis hasil dilakukan dengan membandingkan data suhu yang diperoleh sebelum dan sesudah penerapan algoritma filter, serta mengevaluasi tingkat akurasi berdasarkan referensi suhu standar. Adapun hasil dari design keseluruhan alat ditunjukkan pada Gambar 8 dibawah ini



Gambar 8 Hasil Design Alat

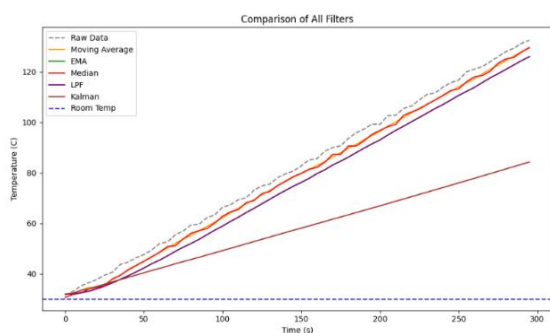
4.1 Hasil dari Raw dan Algoritma Filter

Pengujian ini dilakukan pada suhu ruang stabil di 30°C dengan jarak pada 20 Cm dari plat pemanas atau plat pemanas dari oven. Oven diatur dengan kenaikan suhu awal 31 °C dan suhu maksimal 133 °C pada rentang waktu 0-5 menit. Kemudian data pembacaan sensor akan disimpan kedalam spreadsheet berulang dalam waktu 5 detik sekali dan menghasilkan nilai yaitu pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian

Jarak	Time	Room Temp	Raw Temp	MA Temp	EMA Temp	Median Temp	LPF Temp	Kalman Temp
20	0	30	31,972	31,907	31,972	30,679	31,972	31,972
20	5	30	32,389	32,527	32,055	31,907	32,055	32,351
20	10	30	34,751	33,433	32,594	32,389	32,594	33,494
20	15	30	35,212	34,725	33,118	34,048	33,118	34,048
20	20	30	37,988	34,462	34,092	34,751	34,092	35,010
20	25	30	39,443	35,957	35,162	35,212	35,162	35,879
20	30	30	41,633	37,805	36,456	37,988	36,456	36,824
20	35	30	43,344	39,524	37,834	39,443	37,834	37,743
20	40	30	44,978	41,477	39,263	41,633	39,263	38,638
20	45	30	46,712	43,222	40,753	43,344	40,753	39,527
20	50	30	48,605	45,055	42,323	44,978	42,323	40,429
20	55	30	50,822	46,862	44,023	46,712	44,023	41,368
20	60	30	51,151	48,454	45,449	48,605	45,449	42,180
20	65	30	53,908	50,240	47,141	50,822	47,141	43,080
20	70	30	56,068	52,111	48,926	51,151	48,926	44,007
20	75	30	57,108	53,812	50,562	53,908	50,562	44,880
20	80	30	57,937	55,235	52,037	56,068	52,037	45,698
20	85	30	60,088	57,022	53,647	57,108	53,647	46,547
20	90	30	62,815	58,803	55,481	57,937	55,481	47,454
20	95	30	64,527	60,495	57,290	60,088	57,290	48,358
20	100	30	65,428	62,159	58,918	62,815	58,918	49,218
20	105	30	68,186	64,209	60,771	64,527	60,771	50,129
20	110	30	69,020	65,995	62,421	65,428	62,421	50,997
20	115	30	71,744	67,781	64,286	68,186	64,286	51,910
20	120	30	72,615	69,389	65,952	69,020	65,952	52,765
20	125	30	74,961	71,305	67,753	71,744	67,753	53,686
20	130	30	76,717	73,011	69,546	72,615	69,546	54,587
20	135	30	78,507	74,909	71,338	74,961	71,338	55,490
20	140	30	79,813	76,523	73,033	76,717	73,033	56,377
20	145	30	81,433	78,286	74,713	78,507	74,713	57,261
20	150	30	82,105	79,715	76,192	79,813	76,192	58,110
20	155	30	84,237	81,219	77,801	81,433	77,801	58,976
20	160	30	87,292	82,976	79,699	82,105	79,699	59,886
20	165	30	87,287	84,471	81,216	84,237	81,216	60,743
20	170	30	90,619	86,308	83,097	87,287	83,097	61,651
20	175	30	90,647	88,016	84,607	87,292	84,607	62,510
20	180	30	92,694	89,708	86,224	90,619	86,224	63,390
20	185	30	95,252	91,300	88,030	90,647	88,030	64,277
20	190	30	96,746	93,192	89,773	92,694	89,773	65,168
20	195	30	98,292	94,726	91,477	95,252	91,477	66,056
20	200	30	99,153	96,428	93,012	96,748	93,012	66,924
20	205	30	102,730	98,435	94,956	98,292	94,956	67,842
20	210	30	104,039	100,192	96,772	99,153	96,772	68,750
20	215	30	105,233	101,889	98,465	102,730	98,465	69,647
20	220	30	107,110	103,653	100,194	104,039	100,194	70,549
20	225	30	108,808	105,584	101,916	105,233	101,916	71,452
20	230	30	110,621	107,162	103,657	107,110	103,657	72,359
20	235	30	112,563	108,867	105,438	108,808	105,438	73,273
20	240	30	113,239	110,488	106,999	110,621	106,999	74,165
20	245	30	115,980	112,244	108,797	112,563	108,797	75,062
20	250	30	117,963	114,075	110,630	113,239	110,630	75,906
20	255	30	118,524	115,656	112,209	115,980	112,209	76,907
20	260	30	120,179	117,179	113,803	117,963	113,803	77,809
20	265	30	123,304	119,192	115,703	118,524	115,703	78,743
20	270	30	125,057	121,005	117,574	120,179	117,574	79,679
20	275	30	125,673	122,547	119,194	123,304	119,194	80,594
20	280	30	127,814	124,405	120,918	125,057	120,918	81,520
20	285	30	129,643	126,298	122,663	125,673	122,663	82,450
20	290	30	131,322	127,902	124,395	127,814	124,395	83,381
20	295	30	132,126	129,316	125,998	129,643	125,998	84,292

Kemudian data divisualisasikan memakai sebuah grafik untuk memudahkan dalam melihat kenaikan data suhu yang akan dianalisis. Grafik dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini



Gambar 9 Grafik Hasil Pengukuran

Dapat diamati bahwa nilai Raw data suhu tanpa filter paling rendah ialah 31,972 °C dan mengalami kenaikan hingga mencapai puncak 132,126°C. Kemudian data suhu dengan Moving average memiliki nilai terendah yaitu 31,907 °C dan tertinggi pada 129,316 °C. Selanjutnya data suhu dengan EMA filter

memiliki nilai terendah yaitu 31,972 °C dan tertinggi pada 125,998 °C. Kemudian data suhu dengan Median filter memiliki nilai terendah yaitu 30,679 °C dan tertinggi pada 129,643. Selanjutnya ialah menggunakan LPF filter menghasilkan nilai terendah yaitu 31,972 °C dan nilai tertinggi pada 125,998 °C. Dan yang terakhir ialah Kalman filter menghasilkan nilai terendah 31,972 °C dan nilai tertinggi ialah 84,292°C

4.2 Analisis

Selanjutnya untuk menentukan filter terbaik dalam mengeliminasi suhu ruang berdasarkan hasil Mean Squared Error (MSE), kita perlu memilih filter dengan nilai MSE terendah. Berikut adalah langkah-langkah dan rumus yang digunakan:

4.2.1 Rumus Mean Squared Error (MSE):

Mean Squared Error dihitung dengan rumus:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Di mana:

- y_i = nilai aktual
- $\hat{y}_i$ = nilai hasil filter
- n = jumlah data

4.2.2 Interpretasi Nilai MSE

Semakin kecil nilai MSE, semakin baik performa filter dalam mendekati nilai aktual.

4.2.3 Hasil Perhitungan

Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *Jupyter Lab*, sebuah platform berbasis *Python* yang umum digunakan dalam analisis data, statistik, dan pengembangan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*). *Jupyter Lab* menyediakan lingkungan interaktif yang memungkinkan integrasi kode, visualisasi, dan dokumentasi secara bersamaan, sehingga sangat mendukung proses eksplorasi dan pengolahan data secara efisien. Untuk menghitung nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebagai metrik evaluasi akurasi prediksi, digunakan *library sklearn.metrics*, yang merupakan bagian dari *modul Scikit-Learn*. Fungsi `mean_squared_error()` dari *library* ini digunakan untuk membandingkan antara data aktual dan hasil prediksi model, dengan sintaks sebagai berikut:

```

import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.metrics import
mean_squared_error
file_path = "Dat Filter.xlsx" # Ganti dengan
path file Excel Anda
data = pd.read_excel(file_path)
data = data.dropna()
required_columns = ['Jarak', 'Time', 'Room
Temp', 'Raw Temp', 'MA Temp', 'EMA Temp',
'Median Temp', 'LPF Temp', 'Kalman Temp']
ma_temp = data['MA Temp'].values
ema_temp = data['EMA Temp'].values
median_temp = data['Median Temp'].values
lpf_temp = data['LPF Temp'].values
kalman_temp = data['Kalman Temp'].values
mse_ma = mean_squared_error(true_values,
ma_temp)
mse_ema = mean_squared_error(true_values,
ema_temp)
mse_median =
mean_squared_error(true_values,
median_temp)
mse_lpf = mean_squared_error(true_values,
lpf_temp)
mse_kalman =
mean_squared_error(true_values,
kalman_temp)
mse_values = {
    "Moving Average": mse_ma,
    "Exponential Moving Average": mse_ema,
    "Median Filter": mse_median,
    "Low-Pass Filter": mse_lpf,
    "Kalman Filter": mse_kalman,
}
best_filter = min(mse_values,
key=mse_values.get)
print(f"\nFilter terbaik untuk mengeliminasi
suhu ruang adalah: {best_filter}")

```

Ketika program dijalankan maka akan muncul hasil rekomendasi filter terbaik. Hasil compile dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini

```

Mean Squared Error (MSE):
Moving Average: 10.5634
Exponential Moving Average: 40.2701
Median Filter: 10.8855
Low-Pass Filter: 40.2701
Kalman Filter: 799.6851

```

Filter terbaik untuk mengeliminasi suhu ruang adalah: Moving Average

Gambar 1 Hasil MSE

Hasil tersebut menunjukkan bahwa Moving Average adalah filter terbaik untuk mengeliminasi suhu ruang pada sensor MLX80614 dengan nilai MSE terendah sebesar

10.5634. Hal ini dapat divalidasi ulang dengan cara dihitung memakai rumus Mean Squared Error seperti dibawah ini :

Moving Average:

$$MSE = \frac{1}{n} ((31,972 - 31,907)^2 + (32,389 - 32,527)^2 + \dots)$$

$$MSE = 10.5634$$

Exponential Moving Average:

$$MSE = \frac{1}{n} ((31,972 - 31,972)^2 + (32,389 - 32,055)^2 + \dots)$$

$$MSE = 40.2701$$

Median Filter:

$$MSE = \frac{1}{n} ((31,972 - 30,679)^2 + (32,389 - 31,907)^2 + \dots)$$

$$MSE = 10.8855$$

Low-Pass Filter:

$$MSE = \frac{1}{n} ((31,972 - 31,972)^2 + (32,389 - 32,055)^2 + \dots)$$

$$MSE = 40.2701$$

Kalman Filter:

$$MSE = \frac{1}{n} ((31,972 - 31,972)^2 + (32,389 - 32,251)^2 + \dots)$$

$$MSE = 799.6851$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan metode Mean Squared Error (MSE), berikut adalah hasil MSE untuk setiap algoritma filter yang diuji dalam mengeliminasi suhu ruang pada sensor MLX80614:

- A. Moving Average: 10.5634
- B. Exponential Moving Average: 40.2701
- C. Median Filter: 10.8855
- D. Low-Pass Filter: 40.2701
- E. Kalman Filter: 799.6851

Dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa Moving Average adalah filter terbaik untuk mengeliminasi suhu ruang pada sensor MLX80614 dengan nilai MSE terendah sebesar 10.5634. Hal ini menunjukkan bahwa Moving Average memiliki kemampuan terbaik dalam menghasilkan nilai yang

mendekati suhu aktual, menjadikannya pilihan yang paling efektif dan akurat dibandingkan dengan algoritma filter lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. H. Tanjung, "Termometer Non Contact Menggunakan Sensor Suhu Infrared MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tubuh Berbasis SMS GateWay," *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, vol. 2, no. 1, pp. 19–28, Jul. 2022, doi: 10.57152/ijeere.v2i1.176.
- [2] T. Hidayat, S. Riki Mustafa, and Basorudin, "Bilik Sistem Pengukuran Suhu Tubuh Dan Semprotan Hand Sanitizer Otomatis Menggunakan Sensor Suhu Mlx90614," *Riau Jurnal Teknik Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 34–38, Jul. 2024, doi: 10.61876/rjti.v3i2.2881.
- [3] A. Ismamudi and W. Pramusinto, "PENERAPAN NODEMCU DAN SENSOR SUHU MLX90614 UNTUK HAND SANITIZER OTOMATIS BERBASIS IOT," *SKANIKA*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, Jan. 2023, doi: 10.36080/skanika.v6i1.2995.
- [4] A. H. Kuspranoto and M. Ulin Nuha ABA, "PENERAPAN DIGITAL MOVING AVERAGE FILTER PADA SKIN SENSOR INFANT WARMER UNTUK MENGUKUR SUHU," *MEDIKA TRADA*, vol. 5, no. 2, pp. 58–65, Dec. 2024, doi: 10.59485/jtemp.v5i2.93.
- [5] A. S. Fiddariani and B. Sumanto, "Studi Penerapan Filter Digital pada Sistem Pemantau Parameter di Kolam Ikan," *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 1, p. 30, Apr. 2024, doi: 10.22146/juliet.v5i1.87377.
- [6] M. Y. Baihaqi and W. Wijaya, "Penerapan Filter Kalman untuk Meningkatkan Akurasi dan Presisi Sensor Suhu LM35," *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 93–101, Apr. 2021, doi: 10.24002/konstelasi.v1i1.4282.
- [7] D. B. Nugroho, M. Dirayati, D. Y. L. Silaban, R. Oktavia, and O. F. Purba, "Analisis Pengaruh Jarak Elektrode terhadap Kinerja Sensor IDE Berlapis Grafit untuk Mengukur Suhu," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 12, no. 02, Jul. 2024, doi: 10.23960/jtaf.v12i02.429.
- [8] L. Wang, H.-B. Tao, H. Dong, Z.-B. Shao, and F. Wang, "A Non-Linear Temperature Compensation Model for Improving the Measurement Accuracy of an Inductive Proximity Sensor and Its Application-Specific Integrated Circuit Implementation," *Sensors*, vol. 20, no. 17, p. 5010, Sep. 2020, doi: 10.3390/s20175010.
- [9] I. Paramudita, T. A. Wahyu Wijanarko, A. P. Amanda, and P. Bakti, "PENGARUH JARAK UKUR DAN JENIS TERMOMETER INFRAMERAH PADA HASIL PENGUKURAN SUHU TUBUH SEBAGAI SKRINING AWAL COVID-19," *Jurnal Standardisasi*, vol. 23, no. 2, p. 133, Jul. 2021, doi: 10.31153/js.v23i2.884.
- [10] W. O. S. N. Alam, A. N. Aliansyah, F. E. Larobu, L. Mulyawati, A. Asminar, and I. Galugu, "Tingkat akurasi Sensor AMG8833 dan Sensor MLX90614 dalam Mengukur Suhu Tubuh," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 1, p. 169, May 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i1.114543.
- [11] A. Imran and M. Rasul, "PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN ESP32," 2020.
- [12] M. O. Sibuea, "Pengukuran suhu dengan sensor suhu inframerah MLX90614 berbasis Arduino," 2019.
- [13] S. A. Nugroho, S. Aprilia, F. Anindyahadi, and N. S. Budi, "PERANCANGAN ALAT UKUR KADAR pH DAN SUHU AIR BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6398.
- [14] Y. Ju, B. Wahlberg, and H. Hjälmarsson, "Excess Mean Squared Error of Empirical Bayes Estimators," Mar. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2503.11863>
- [15] S. Bernard, J. Wang, and M. Fuge, "DETC2022-90065 MEAN SQUARED ERROR MAY LEAD YOU ASTRAY WHEN OPTIMIZING YOUR INVERSE DESIGN METHODS," 2022.
- [16] P. Vos, "Rethinking Mean Square Error: Why Information is a Superior Assessment of Estimators," Dec. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2412.08475>
- [17] M. F. Wicaksono, S. Syahrul, and M. Dwi Rahmatya, "Development of Laboratory Equipment Inventory System Using Radio Frequency and Internet of Things," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, vol. 7, no. 2, p. 249, Aug. 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i2.21114.
- [18] S. Makridakis and S. C. Wheelwright, "Adaptive Filtering: An Integrated Autoregressive/Moving Average Filter for

- Time Series Forecasting,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 28, no. 2, pp. 425–437, Jul. 1977, doi: 10.1057/jors.1977.76.
- [19] F. R. G. Cruz, C. C. Paglinawan, C. N. V. Catindig, J. C. B. Lamchek, D. D. C. Almiranez, and A. F. Sanchez, “Photoplethysmography Circuit Design for Peak-to-Peak Voltage Monitoring via Arduino Uno with Moving Average Filter,” in *Proceedings of the 2019 9th International Conference on Biomedical Engineering and Technology*, New York, NY, USA: ACM, Mar. 2019, pp. 6–12. doi: 10.1145/3326172.3326191.
- [20] Amneh A. Al-Mbaideen, “Application of Moving Average Filter for the Quantitative Analysis of the NIR Spectra,” *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 74, no. 7, pp. 686–692, Jul. 2019, doi: 10.1134/S1061934819070013.
- [21] Amneh A. Al-Mbaideen, “Application of Moving Average Filter for the Quantitative Analysis of the NIR Spectra,” *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 74, no. 7, pp. 686–692, Jul. 2019, doi: 10.1134/S1061934819070013.
- [22] M. R. Abujiya, M. H. Lee, and M. Riaz, “Improving the Performance of Exponentially Weighted Moving Average Control Charts,” *Qual Reliab Eng Int*, vol. 30, no. 4, pp. 571–590, Jun. 2014, doi: 10.1002/qre.1509.
- [23] M. I. Al-arrafi, A. Nurdiansyah, and A. Ramadhanu, “Optimalisasi Metode Median Filter untuk Mereduksi Noise pada Citra Kematangan Buah Jambu Madu,” *Journal of Education Research*, vol. 5, no. 4, pp. 5954–5958, Dec. 2024, doi: 10.37985/jer.v5i4.1858.
- [24] L. A. Kusumo, “Implementation of Median Filter in Data Processing of Temperature and Humidity Monitoring System with DHT 11 and DHT 22 Sensors,” *Sistem Kendali & Jaringan) E-ISSN*, vol. 4, pp. 2808–3520, 2025, doi: 10.58982/krisnadana.v4i2.723.
- [25] S. Dey, R. Bhattacharya, F. Schwenker, and R. Sarkar, “Median Filter Aided CNN Based Image Denoising: An Ensemble Approach,” *Algorithms*, vol. 14, no. 4, p. 109, Mar. 2021, doi: 10.3390/a14040109.
- [26] S. Soltani, H. Pakniat, and N. Yasrebi, “A wide stopband, high selectivity microstrip low-pass filter for wireless communications,” *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 185, p. 155443, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.aue.2024.155443.
- [27] P. S. Tomar and M. S. Parihar, “The Design and Investigation of the Low-Pass Filter with High Selectivity and Ultra-Wide Stopband,” *IETE J Res*, vol. 70, no. 3, pp. 2366–2371, Mar. 2024, doi: 10.1080/03772063.2023.2185303.
- [28] S. Yildiz, A. Aksen, S. Kilinc, and S. B. Yarman, “Low pass filter design with improved stop-band suppression and synthesis with transformer-free ladders,” *IET Circuits, Devices & Systems*, vol. 15, no. 6, pp. 504–510, Sep. 2021, doi: 10.1049/cds2.12045.
- [29] E. J. Armando, D. Hanyurwimfura, O. Gatera, and A. Nduwumuremyi, “Enhancing Agricultural Internet of Things Data Accuracy: Evaluating Kalman Filter-Based Sensor Denoising Techniques,” *Journal of Biosystems Engineering*, vol. 50, no. 1, pp. 47–58, Mar. 2025, doi: 10.1007/s42853-025-00252-5.
- [30] B. Satria and M. Debora Br Barus, “Implementation of Angklung Beat Density With Arduino and Piezoelectric Sensor Using Kalman Filter Applied for Reduce Noise Sensor,” *Technology and Social Sciencesinjects*, vol. 3, pp. 346–5, Oct. 2022.
- [31] D. Sbarbaro, T. A. Johansen, and J. Yañez, “Adaptive Kalman Filtering for Compensating External Effects in On-Line Spectroscopic Measurements,” *Sensors*, vol. 25, no. 8, p. 2513, Apr. 2025, doi: 10.3390/s25082513.