

Optimizing Stability of Ultrasonic Sensor Readings: Study on Moving Average Filter Parameter Selection

¹Farid Baskoro, ²Miftahur Rohman, ³Dimas Arya S.F., ⁴Aristyawan Putra Nurdiansyah

^{1,2,4} Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya

³Politeknik Penerbangan Surabaya

¹faridbaskoro@unesa.ac.id, ²miftahurrohman@unesa.ac.id, ³dimazsatsc54@gmail.com, ⁴aristyawannurdiansyah@mhs.unesa.ac.id

Abstract - Moving average filter is a signal processing method used to reduce fluctuations or noise in data by taking the average of the most recent values. This filter works by taking the n most recent values in the data and calculating the average. This research investigates the effect of the n parameter value in the moving average filter on the stability of ultrasonic sensor readings regarding object distance. It was found that the value of n had a significant impact on the stability of the results. Using $n = 20$ produces a stable graph of distance values with minimal fluctuations, while $n = 10$ reduces fluctuations but still shows slight fluctuations. $n = 5$ also improves stability, but quite significant fluctuations are still visible. Meanwhile, $n = 3$ produces an unstable graph with high fluctuations. In conclusion, the larger the n value, the more stable the distance value graph. However, it should be noted that a value of n that is too large can cause a delay in the system's response to changes in distance. Therefore, the selection of the n value must consider the balance between the stability of the results and the response of the system.

Keywords — Moving Average Filter; Ultrasonic; Fluctuations; Sensor; Signal Processing;

Abstrak—Moving average filter adalah metode pengolahan sinyal yang digunakan untuk mengurangi fluktuasi atau noise dalam data dengan cara mengambil rata-rata dari nilai-nilai terbaru. Filter ini bekerja dengan cara mengambil sejumlah n nilai terbaru dalam data dan menghitung rata-rata. Penelitian ini menginvestigasi pengaruh nilai parameter n pada moving average filter terhadap stabilitas hasil pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak objek. Ditemukan bahwa nilai n memiliki dampak signifikan pada stabilitas hasil. Penggunaan $n = 20$ menghasilkan grafik nilai jarak yang stabil dengan fluktuasi minimal, sedangkan $n = 10$ mengurangi fluktuasi namun masih menunjukkan sedikit fluktuasi. $n = 5$ juga meningkatkan stabilitas, tetapi fluktuasi yang cukup signifikan masih terlihat. Sementara itu, $n = 3$ menghasilkan grafik yang tidak stabil dengan fluktuasi yang tinggi. Kesimpulannya, semakin besar nilai n , semakin stabil grafik nilai jarak. Namun, perlu diperhatikan bahwa nilai n yang terlalu besar dapat menyebabkan penundaan respons sistem terhadap perubahan jarak. Oleh karena itu, pemilihan nilai n harus mempertimbangkan keseimbangan antara stabilitas hasil dan respons sistem.

Kata Kunci—Moving Average Filter; Ultrasonik; Fluktuasi; Sensor; Pengolahan Sinyal

I. Pendahuluan

Dalam berbagai bidang teknologi, sensor merupakan komponen krusial yang digunakan untuk mengukur, memantau, dan

mengendalikan berbagai parameter fisik seperti suhu, tekanan, kelembaban, dan banyak lagi. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi, pertanyaan tentang seberapa akurat pengukuran yang dilakukan oleh sensor sering kali muncul. Salah satu indikator kunci dalam mengevaluasi performa sensor adalah tingkat akurasi. Tingkat akurasi sensor adalah parameter penting yang menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran yang diberikan oleh sensor dengan nilai sebenarnya dari parameter yang diukur. Dalam konteks ini, kecepatan sensor dalam mencapai nilai yang stabil saat mengukur parameter tertentu menjadi hal yang signifikan. Kemampuan sensor untuk mencapai nilai yang stabil dengan cepat sangat penting dalam memastikan keakuratan pengukuran.

Pada dasarnya, tingkat akurasi sensor mencerminkan seberapa baik sensor mampu mengukur nilai sesungguhnya dari parameter yang diamati, tanpa adanya distorsi atau kesalahan yang signifikan. Oleh karena itu, dalam pengembangan dan penggunaan sensor, penting untuk memahami dan memperhitungkan kecepatan sensor dalam mencapai nilai yang stabil sebagai salah satu faktor yang memengaruhi tingkat akurasi sensor tersebut [1].

Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah penerapan metode moving average filter. Metode ini adalah teknik pemrosesan sinyal yang bertujuan untuk mengurangi noise atau gangguan yang terdapat dalam data sensor, sehingga menghasilkan pengukuran yang lebih stabil dan akurat. Moving average filter bekerja dengan cara mengambil rata-rata dari serangkaian data sensor dalam rentang waktu tertentu. Dengan demikian, fluktuasi atau perubahan mendadak yang terjadi dalam data sensor dapat dihaluskan, sementara nilai yang sebenarnya dari parameter yang diukur tetap dipertahankan. Dengan menggunakan metode ini, kecepatan sensor dalam mencapai nilai yang stabil dapat ditingkatkan, karena filter secara efektif menghilangkan noise atau gangguan yang dapat mempengaruhi pengukuran [2] [3] [4] [5] [6].

Penerapan moving average filter dapat dilakukan dengan berbagai variasi, termasuk menggunakan jumlah titik data yang berbeda-beda dalam perhitungan rata-rata, serta menyesuaikan lebar jendela waktu atau rentang waktu yang digunakan dalam proses filtering. Penggunaan metode ini dapat disesuaikan dengan karakteristik spesifik dari sensor dan lingkungan di mana sensor tersebut digunakan. Dalam praktiknya, moving average filter telah berhasil diterapkan dalam berbagai aplikasi sensor, termasuk dalam sensor suhu, sensor tekanan, sensor percepatan, dan sebagainya. Dengan mengurangi noise dan gangguan yang terdapat dalam data sensor, metode ini

membantu meningkatkan akurasi sensor secara keseluruhan, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan pengukuran yang tepat dan stabil [7] [8] [9].

Melalui penerapan metode moving average filter, tingkat akurasi sensor dapat ditingkatkan secara signifikan, sementara kecepatan sensor dalam mencapai nilai yang stabil juga dapat dioptimalkan. Oleh karena itu, metode ini menjadi salah satu pendekatan yang sangat berguna dalam memastikan kinerja sensor yang optimal dalam berbagai aplikasi teknologi dan industri

II. Metode Penelitian

A. Moving Average Filter

Metode Moving Average Filter adalah teknik pemrosesan sinyal yang bertujuan untuk mengurangi noise atau gangguan dalam data dengan mengambil rata-rata dari serangkaian nilai data dalam rentang waktu tertentu [10]. Langkah pertama dalam menerapkan metode ini adalah memilih rentang waktu yang akan digunakan untuk menghitung rata-rata. Rentang waktu ini akan menentukan seberapa cepat filter merespons perubahan dalam data dan seberapa baik filter dapat menghaluskan noise. Setelah rentang waktu dipilih, langkah berikutnya adalah mengambil serangkaian nilai data dalam rentang tersebut dan menghitung rata-rata dari nilai-nilai tersebut. Rata-rata ini kemudian dianggap sebagai nilai output dari filter untuk titik waktu tersebut. Saat waktu berlanjut, rentang waktu bergeser ke titik data berikutnya, dan nilai data terbaru dimasukkan ke dalam rentang waktu sementara nilai data tertua dihapus. Rata-rata dihitung ulang menggunakan nilai data terbaru dalam rentang waktu baru. Manfaat utama dari metode moving average filter adalah kemampuannya untuk menghaluskan fluktuasi atau noise yang terdapat dalam data sensor, sehingga menghasilkan sinyal yang lebih stabil dan akurat. Metode ini telah diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam sensor-sensor yang digunakan dalam sistem kontrol, pemrosesan sinyal audio, dan berbagai bidang lainnya di mana perlu untuk mengurangi gangguan atau noise dalam data sensor. Metode Moving Average Filter dapat direpresentasikan dalam bentuk rumus matematika seperti pada Persamaan 2.1.

$$Y_n = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} x_{n-k} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Y_n adalah hasil output filter moving average pada titik waktu

X_{n-k} adalah nilai data pada titik waktu sebelumnya dalam rentang waktu

M adalah rentang waktu atau jumlah titik data yang digunakan untuk menghitung rata-rata.

Penurunan rumus Moving Average Filter dapat dihitung berdasarkan rata-rata dari serangkaian data $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dengan menggunakan rentang waktu M . Misalkan Y_n adalah nilai output dari filter moving average pada titik waktu ke- n sehingga didapatkan Y_n seperti pada persamaan 2.

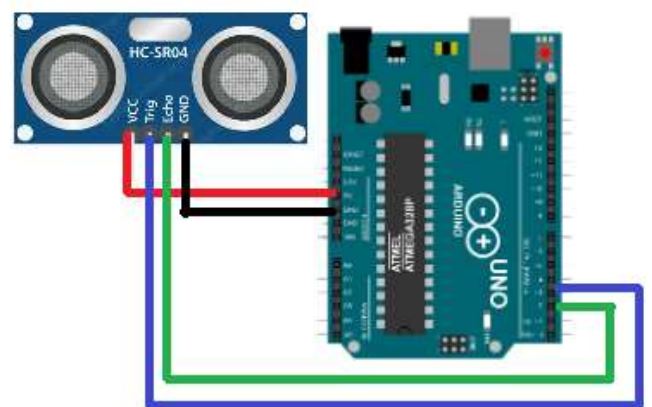
$$Y_n = \frac{1}{M} ((X_n - M + 1) + ((X_n - M + 2) + (X_n - M + 3) + \dots + (X_n - 1 + x_n)) \quad (2.2)$$

Ini berarti Y_n adalah rata-rata dari M data terakhir, termasuk X_n . Namun, untuk menghindari penggunaan persamaan yang panjang, maka penulisan kembali dari persamaan 2 dirubah dengan menggunakan penjumlahan sigma seperti persamaan 1. Di mana k adalah indeks yang mengacu pada posisi data dalam rentang waktu M . Oleh karena itu, pengambilan rata-rata dari M sebagai data terakhir, termasuk X_n .

B. Ultrasonic SR-HC04

Pada penelitian ini, digunakan sensor ultrasonik tipe HC-SR04. Sensor ini beroperasi pada frekuensi 40 kHz dan memiliki kemampuan untuk mengukur jarak dalam rentang 2 cm hingga 400 cm dengan resolusi sekitar 3 mm. HC-SR04 bekerja dengan memancarkan sinyal ultrasonik berbentuk gelombang sinusoidal dan mendeteksi waktu yang dibutuhkan gelombang tersebut untuk memantul kembali setelah mengenai objek. Pengambilan data dilakukan secara periodik dengan kecepatan pengukuran yang cukup tinggi, memungkinkan deteksi jarak secara real-time. Sinyal ultrasonik yang dipancarkan memiliki durasi pulsa sekitar 10 μ s, yang menghasilkan pantulan yang cukup kuat untuk dideteksi dalam berbagai kondisi lingkungan.

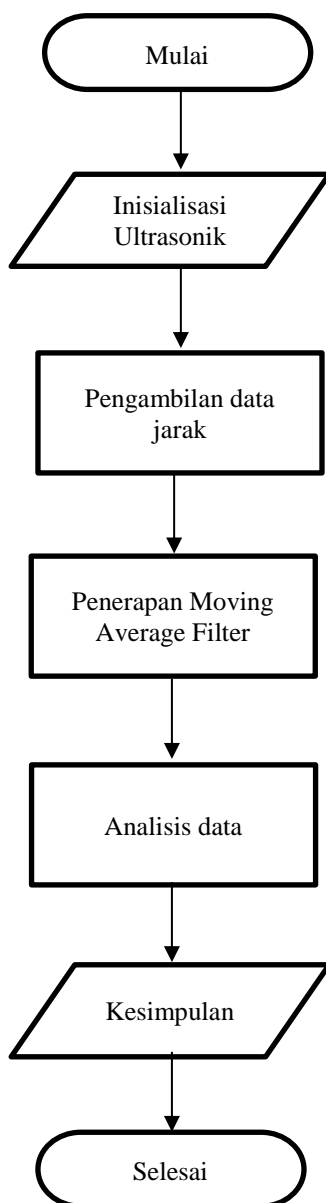
Gelombang yang dihasilkan adalah gelombang akustik dengan frekuensi 40 kHz yang berada di luar rentang pendengaran manusia. Sinyal ini dipancarkan melalui transduser pemancar dan bergerak melalui medium udara. Ketika sinyal ini mengenai suatu objek, sinyal tersebut dipantulkan kembali ke transduser penerima. Waktu tempuh antara pemancaran dan penerimaan sinyal diukur untuk menghitung jarak objek dari sensor. Frekuensi sinyal yang tinggi memungkinkan deteksi yang lebih akurat dan stabil, meskipun mungkin terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara.



Gambar 2.1. HC-SR04 Integrasi dengan Arduino

C. Sistem

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat digambarkan dalam sebuah flowchart sebagai berikut. Penelitian dimulai dengan inialisasi sensor ultrasonik HC-SR04. Pada tahap ini, sensor dikalibrasi dan dipersiapkan untuk mengukur jarak. Data jarak diambil secara kontinu oleh sensor HC-SR04. Sinyal ultrasonik dipancarkan dan waktu pantulan sinyal diukur untuk menentukan jarak objek. Hasil pengukuran disimpan sebagai data mentah untuk kemudian diolah lebih lanjut. Data jarak yang telah diambil kemudian diproses menggunakan moving average filter. Nilai n dari filter ini dapat disesuaikan, dan digunakan untuk mengurangi noise serta menstabilkan data jarak. Data yang telah difilter dievaluasi untuk melihat keefektifan filter dalam menstabilkan pengukuran jarak. Analisis dilakukan terhadap berbagai nilai n untuk menentukan konfigurasi optimal. Tahap akhir melibatkan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan mendokumentasikan hasil penelitian.



III. Hasil dan Pembahasan

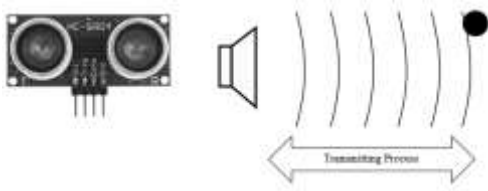
Perhitungan ultrasonik dalam membaca jarak adalah proses menggunakan gelombang ultrasonik untuk menentukan jarak antara dua titik dalam suatu ruang. Proses ini dimulai dengan mengirimkan pulsa gelombang ultrasonik dari sumber suara, biasanya sebuah sensor ultrasonik. Gelombang ini kemudian merambat melalui medium, seperti udara atau air, dan akan memantul kembali ketika menemui suatu objek atau permukaan. Waktu yang diperlukan untuk gelombang ultrasonik kembali ke sensor diukur dengan tepat, dan jarak antara sumber suara dan objek dapat dihitung menggunakan rumus sederhana yang menghubungkan kecepatan gelombang ultrasonik dalam medium dengan waktu tempuhnya. Dengan mengambil kecepatan suara dalam medium yang diketahui dan memperhitungkan waktu yang diperlukan untuk gelombang ultrasonik kembali, perangkat dapat dengan cepat dan akurat menentukan jarak antara sensor dan objek. Metode ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sensor jarak pada kendaraan otonom, sistem navigasi, dan perangkat pengukur jarak lainnya [11] [12] [13].

Rumus umum untuk menghitung jarak menggunakan perhitungan ultrasonik adalah:

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Kecepatan gelombang} \times \text{Waktu tempuh}}{2} \quad (3.1)$$

Jarak adalah jarak antara sumber suara (sensor ultrasonik) dan objek yang dipantulkan. Kecepatan Gelombang adalah kecepatan gelombang ultrasonik dalam medium yang digunakan. Untuk udara pada suhu ruangan, biasanya sekitar 343 meter per detik (m/s). Waktu Tempuh adalah waktu yang diperlukan untuk gelombang ultrasonik kembali ke sensor setelah dipancarkan. Nilai penyebut 2 muncul karena gelombang ultrasonik melakukan perjalanan dari sumber ke objek dan kembali, sehingga jaraknya adalah separuh dari total perjalanan yang dilakukan oleh gelombang.

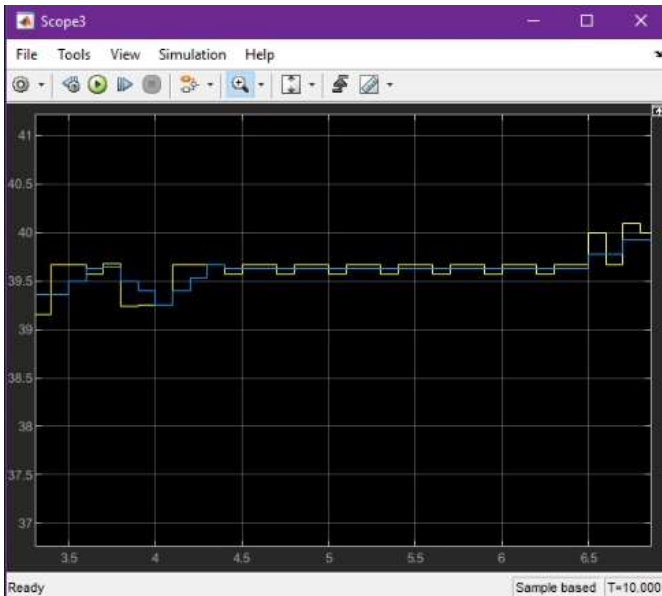
Sensor ultrasonik HC-SR04 umumnya digunakan dengan kecepatan suara sekitar 343 meter per detik (m/s) pada suhu ruangan. Oleh karena itu, dalam kebanyakan kasus penggunaan, nilai kecepatan gelombang ultrasonik v dapat diasumsikan sebesar 343 m/s. Kecepatan gelombang ultrasonik dapat berbeda-beda tergantung pada medium yang digunakan seperti udara, air, atau bahan padat dan kondisi lingkungan seperti suhu dan tekanan udara. Jika kondisi lingkungan berbeda dari suhu ruangan atau jika medium yang digunakan tidak berupa udara, nilai kecepatan gelombang ultrasonik harus disesuaikan sesuai dengan kondisi tersebut. Bentuk fisik dan proses dari ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1. Ultrasonic SR-HC04



Gambar 3.3. Steady state test result $n = 5$



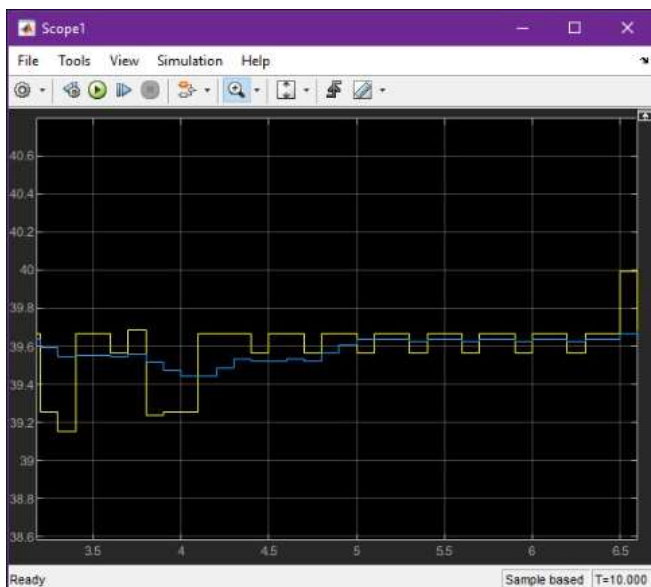
Gambar 3.2. Steady state test result $n = 3$

Gambar 3.2 membandingkan dua gelombang yang mewakili nilai pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak objek. Gelombang berwarna kuning menggambarkan nilai sensor ultrasonik tanpa filtering, yang menghasilkan fluktuasi yang signifikan sebelum mencapai keadaan tetap (steady state). Fluktuasi tersebut bisa disebabkan oleh gangguan lingkungan atau noise dalam pembacaan sensor, yang mengakibatkan nilai yang tidak stabil dan sulit diinterpretasikan. Di sisi lain, gelombang berwarna biru menunjukkan hasil pembacaan sensor yang telah difilter menggunakan moving average filter dengan parameter $n = 3$.

Filter ini bertujuan untuk mengurangi fluktuasi atau noise dalam data dengan mengambil rata-rata dari n pembacaan sensor sebelumnya. Meskipun terjadi peningkatan dalam stabilitas dibandingkan dengan data mentah, gelombang biru masih menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan. Hal ini bisa disebabkan oleh nilai n yang relatif kecil, sehingga filter belum cukup efektif dalam meredam fluktuasi yang dihasilkan oleh noise atau gangguan lainnya. Dengan demikian, dalam konteks ini, perlu mempertimbangkan penyesuaian parameter filter atau penggunaan teknik filtering lainnya untuk mencapai hasil yang lebih stabil dan akurat.

Gambar 3.3 memperlihatkan dua gelombang yang merepresentasikan nilai pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak objek. Gelombang berwarna kuning menunjukkan nilai sensor ultrasonik tanpa proses filtering, yang menghasilkan fluktuasi yang signifikan sebelum mencapai keadaan stabil (steady state). Fluktuasi tersebut mungkin disebabkan oleh gangguan lingkungan atau noise dalam pembacaan sensor, yang mengakibatkan nilai yang tidak stabil dan sulit diinterpretasikan. Gelombang berwarna biru, di sisi lain, menunjukkan hasil pembacaan sensor yang telah difilter menggunakan moving average filter dengan parameter $n = 5$. Filter ini bertujuan untuk mengurangi fluktuasi atau noise dalam data dengan mengambil rata-rata dari n pembacaan sensor sebelumnya.

Meskipun fluktuasi masih terlihat pada gelombang biru, terutama ketika dibandingkan dengan gelombang kuning, hasilnya lebih stabil dibandingkan dengan menggunakan $n=3$. Ini menunjukkan bahwa penggunaan $n = 5$ menghasilkan perbaikan dalam mengurangi fluktuasi dan membuat grafik nilai jarak lebih mudah dipahami. Meskipun masih ada fluktuasi yang terlihat, penggunaan $n = 5$ membawa peningkatan dalam stabilitas dibandingkan dengan $n = 3$. Dengan demikian, dalam situasi ini, penyesuaian parameter filter ke nilai yang lebih tinggi mungkin dapat menghasilkan hasil yang lebih stabil dan akurat dalam pembacaan sensor ultrasonik.



Gambar 3.4. Steady state test result $n = 10$

Gambar 3.4 menggambarkan dua gelombang yang merepresentasikan nilai pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak objek. Gelombang berwarna kuning menunjukkan nilai sensor ultrasonik tanpa proses filtering, yang menghasilkan fluktuasi yang signifikan sebelum mencapai keadaan stabil (steady state). Fluktuasi tersebut mungkin disebabkan oleh gangguan lingkungan atau noise dalam pembacaan sensor, yang mengakibatkan nilai yang tidak stabil dan sulit diinterpretasikan.

Di sisi lain, gelombang berwarna biru menunjukkan hasil pembacaan sensor yang telah difilter menggunakan moving average filter dengan parameter $n = 10$. Filter ini bertujuan untuk mengurangi fluktuasi atau noise dalam data dengan mengambil rata-rata dari n pembacaan sensor sebelumnya. Hasilnya, gelombang biru menunjukkan grafik nilai jarak yang lebih stabil dibandingkan dengan gelombang kuning. Meskipun masih terjadi fluktuasi, fluktuasi tersebut semakin berkurang dibandingkan dengan penggunaan $n = 5$, menunjukkan bahwa penggunaan $n = 10$ telah meningkatkan kestabilan hasil pembacaan sensor ultrasonik secara signifikan.

Dengan demikian, dalam konteks ini, penggunaan $n = 10$ telah membawa peningkatan yang lebih besar dalam mengurangi fluktuasi dan membuat grafik nilai jarak lebih mudah dipahami jika dibandingkan dengan penggunaan $n = 5$. Sehingga, untuk situasi yang mengharuskan pembacaan yang lebih stabil dan akurat, $n = 10$ mungkin merupakan pilihan yang lebih baik. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [2] [3].



Gambar 3.5. Steady state test result $n = 20$

Gambar 3.5 mengilustrasikan perbandingan antara dua gelombang yang merepresentasikan nilai pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak sebuah objek. Gelombang berwarna kuning menggambarkan nilai sensor ultrasonik tanpa adanya proses filtering, sehingga terlihat fluktuasi yang signifikan dari waktu ke waktu. Fluktuasi ini dapat disebabkan oleh gangguan lingkungan atau noise dalam pembacaan sensor, yang dapat menghasilkan nilai yang tidak stabil dan sulit untuk diinterpretasikan. Di sisi lain, gelombang berwarna biru menunjukkan hasil pembacaan sensor yang telah difilter menggunakan moving average filter dengan parameter $n = 20$.

Filter ini bertujuan untuk mengurangi fluktuasi atau noise dalam data dengan cara mengambil rata-rata dari n pembacaan sensor sebelumnya. Hasilnya adalah grafik nilai jarak yang lebih stabil dan cenderung mengikuti perubahan yang signifikan dalam jarak objek dengan lebih halus. Dengan demikian, penggunaan moving average filter membantu meningkatkan keandalan dan kejelasan pembacaan sensor ultrasonik dengan mengurangi efek fluktuasi yang tidak diinginkan.

Tabel 3.1. Data collections

Ruler (cm)	Raw data (cm)	Filtered (n=20)
10	10.12	10.04
15	15.07	15.01
25	25.24	25.12
30	30.56	30.10
40	40.21	40.03

Dari tabel 3.1, nilai error total dari perbandingan antara data ruler dan filtered data adalah sebesar 0.9. Nilai ini merupakan hasil dari perhitungan Mean Absolute Error (MAE), yang mengukur rata-rata dari selisih absolut antara setiap pasang data. Dalam konteks ini, MAE memberikan gambaran tentang

seberapa jauh nilai-nilai yang diukur dari ruler dibandingkan dengan nilai-nilai yang difilter. Semakin rendah nilai MAE, semakin baik kualitas penyaringan atau estimasi yang dilakukan terhadap data. Dalam kasus ini, nilai error total sebesar 0.9 menunjukkan bahwa terdapat sejumlah kecil deviasi antara data ruler asli dan data yang telah difilter. Meskipun demikian, nilai error yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa proses filtering telah berhasil dalam memperkirakan nilai ruler dengan akurasi yang baik, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan yang mungkin diperlukan tergantung pada kebutuhan spesifik aplikasi dan standar toleransi yang diterapkan.

IV. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai parameter n pada moving average filter memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas hasil pembacaan sensor ultrasonik terhadap jarak objek. Berikut adalah kesimpulan dari setiap nilai n .

1. $n = 20$ menghasilkan grafik nilai jarak yang cukup stabil dengan fluktuasi yang minimal. Meskipun fluktuasi masih terlihat, penggunaan $n = 20$ memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan dengan nilai n yang lebih rendah. $n = 10$ menunjukkan peningkatan dalam mengurangi fluktuasi dibandingkan dengan $n = 5$. Grafik nilai jarak menjadi lebih stabil dan fluktuasi semakin berkurang, tetapi masih terdapat sedikit fluktuasi yang terlihat. $n = 5$ menunjukkan peningkatan dalam stabilitas dibandingkan dengan $n = 3$, tetapi masih terdapat fluktuasi yang cukup signifikan dalam hasil pembacaan sensor. Grafik nilai jarak menjadi lebih stabil daripada $n = 3$, namun fluktuasi masih terlihat. $n = 3$ menghasilkan grafik nilai jarak yang tidak cukup stabil, dengan fluktuasi yang signifikan dalam pembacaan sensor ultrasonik. Grafik ini sulit untuk diinterpretasikan secara akurat karena fluktuasi yang tinggi. Dengan demikian, semakin besar nilai n maka semakin besar kemungkinan untuk mengurangi fluktuasi dan membuat grafik nilai jarak lebih stabil. Namun, perlu diingat bahwa nilai n yang terlalu besar juga dapat menghasilkan penundaan dalam respons sistem terhadap perubahan yang signifikan dalam jarak objek. Oleh karena itu, pemilihan nilai n harus mempertimbangkan keseimbangan antara stabilitas hasil dan respons sistem terhadap perubahan.
2. Rencana penelitian selanjutnya dapat mengambil beberapa langkah untuk menguji nilai n yang lebih besar lagi. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang dampaknya terhadap stabilitas hasil pembacaan sensor beserta dengan dampak positif dan dampak negative dari besarnya nilai n yang digunakan.

V. Daftar Pustaka

- [1] V. Granovsky, "Dynamic measurements: theory and metrological support yesterday and today Sensors and systems," *Датчики и системы*, pp. 57-72, 2016.
- [2] K. Nugroho, S. Pebrianto, M. Fatoni, A. Fatikhunnada, Liyantono and Y. Setiawan, "Comparasion between wavelet transform and moving average as filter method of MODIS imagery to recognize paddy cropping pattern in West Java," in *IOP Confereces Series: Earth and Environmental Science*, 2017.
- [3] R. Jardim and F. Morgado-Dias, "Moving Average Filter with Contour Detection," in *International Conference Biomed*, 2018.
- [4] D. Thinh, N. Quan and N. Maneetien, "Implementation of Moving Average Filter on STM32F4 for vibration Sensor Aplication," in *Proceedings 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development*, 2018.
- [5] M. Xie, C. Zhu, B. Shi and Y. Yang, "Power Based Phase-Locked Loop Under Adverse Conditions with Moving Average Filtere for Single-Phase System," *J. Electr. Syst*, pp. 332-347, 2017.
- [6] G. Aradhye, A. Rao and M. Mastan, "A novel hybrid approach for time series data forecasting using moving average filter and ARIMA-SVM," *Springer Singapore*, 2019.
- [7] P. A.P, I. Adiyasa, A. Yudianto and S. Agit, "Multiple Sensing Method Using Moving Average Filter for Automotive Ultrasonic Sensor," in *Journal of Physics: Conferences Series*, 2020.
- [8] A. Amir, G. Richal, M. Lorenzo, A. Cesar and C. Deliang, "Effect of sensor response and moving average filter duration on maximum wind gust measurements," *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, pp. 1-13, 2020.
- [9] A. Shestakov and A. Keller, "Optimal Dynamic Measurement Method Using Digital Moving Average Filter," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- [10] B. Debdt, "Moving average filter for spur reduction in subsampling fractional PLLs," *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, p. 695-704, 2021.
- [11] Y. Radiyona, S. Suantoro, P. Pujiyanto, R. Budiharti, T. Respati and D. Saputro, "Design of Embedded System to Determine Liquid Refractive Index Based on Ultrasonic Sensor using an Atmega328," *Int. Semin. Math. Sci. Comput. Sci. Educ*, pp. 1-8, 2018.
- [12] R. Stiawan, A. Kusumadjati, N. Aminah, M. Djamal and S. Viridi, "Kalman Filtering to Real-time Trace Water Level Measurements using Ultrasonic Sensor," *Annu. Appl. Sci. Eng. Conf. J.*, pp. 1-4, 2019.

-
- [13] S. Budilaksono, "Designing an Ultrasonic Sensor Stick Prototype for Blind People," *Int. Conf. Educ*, pp. 1-6, 2020.
- [14] A. Prasetyo, I. Adityasa, A. Ydianto and S. Agit, "Multiple Sensing Method Using Moving Average Filter for Automotive Ultrasonic Sensor," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020.

- [15] D. Purnamasari, K. Wibisono and H. Sukri, "Digital Moving Average Filter Application for Echo Signals and Temperature," in *ICST*, 2021.