

ANALISIS METODE *KALMAN FILTER* PADA *GYROSCOPE* UNTUK MENGURANGI NOISE GUNA MENINGKATKAN RESPONSIBILITAS DALAM SIMULATOR MENEMBAK

Dekki Widiatmoko¹⁾, Rokhim Utomo²⁾, Hairani³⁾

¹⁾ Electrical Engineering and Informatics, Universitas Negeri Malang

²⁾ Jalan raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo Batu

³⁾ Jl. Ismail Marzuki No.22, Cilinaya, Kec. Cakranegara, Kota Mataram, Nusa Tenggara Bar. 83127

E - mail : Hairani@universitasbumigora.ac.id

ANALYSIS OF THE *KALMAN FILTER* METHOD ON *GYROSCOPES* TO REDUCE NOISE FOR IMPROVING RESPONSIVENESS IN SHOOTING SIMULATORS

Abstract: *This study aims to analysis how effective the Kalman Filter method is in reducing noise in gyroscope signals to improve the responsiveness of a shooting simulator. By using the Kalman Filter, the data from the gyroscope becomes more accurate, leading to a more realistic shooting simulation experience. The clearer signal not only improves orientation accuracy but also reduces the system's response time, making the simulator faster and more precise in reacting to user inputs. The results show that the Kalman Filter significantly enhances the performance of the shooting simulator, which is crucial in military and security settings where accuracy and quick response are essential.*

Keywords: *Gyroscopes, Kalman Filter, noise reduction, military applications*

Abstrak: *Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa efektif metode Kalman Filter dalam mengurangi noise pada sinyal gyroscope untuk meningkatkan responsibilitas simulator menembak. Dengan menggunakan Kalman Filter, data dari gyroscope menjadi lebih akurat, sehingga pengalaman dalam simulasi menembak menjadi lebih realistis. Sinyal yang lebih jelas tidak hanya meningkatkan akurasi orientasi, tetapi juga mengurangi waktu respons sistem, membuat simulator lebih cepat dan tepat dalam merespons input dari pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kalman Filter secara signifikan meningkatkan kinerja simulator menembak, yang sangat penting dalam konteks militer dan keamanan di mana akurasi dan respons cepat sangat dibutuhkan.*

Kata kunci: *Gyroscope, Kalman filter, pengurangan noise, aplikasi militer*

PENDAHULUAN

Dalam era modern ini, teknologi sensor mempunyai peran penting dalam berbagai aplikasi, termasuk pada sistem simulasi yang membutuhkan tingkat akurasi tinggi, seperti simulator menembak (Permana et al., 2024). Salah satu sensor yang sering digunakan dalam sistem ini adalah

gyroscope, yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan orientasi dan sudut rotasi. Namun, dalam penggunaan praktisnya, gyroscope sering kali mengalami masalah noise yang dapat mempengaruhi akurasi data yang dihasilkan. Noise ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti getaran mekanis atau gangguan elektromagnetik, yang dapat

mengurangi keandalan dan responsibilitas sistem.

Dalam perkembangan teknologi simulasi, terutama pada aplikasi militer dan keamanan, akurasi dan responsibilitas sistem merupakan faktor kunci dalam memastikan efektivitas pelatihan dan operasi. Salah satu komponen penting dalam sistem simulasi, seperti simulator menembak, adalah gyroscope. Gyroscope digunakan untuk mendeteksi perubahan orientasi dan gerakan, memberikan data yang krusial bagi sistem untuk merespons tindakan pengguna secara akurat. Namun, dalam praktiknya, sinyal yang dihasilkan oleh gyroscope sering kali terganggu oleh noise, yang dapat mengurangi keakuratan data dan responsibilitas sistem.

Untuk mengatasi masalah ini, metode Kalman Filter sering digunakan sebagai teknik pemrosesan sinyal yang efektif dalam mengurangi noise pada data yang dihasilkan oleh gyroscope. Kalman Filter adalah sebuah rangkaian persamaan matematis yang memiliki kemampuan untuk mengestimasi *state* suatu proses secara *recursif* efisien dengan cara meminimalkan rata-rata *error* kuadrat (Putra, 2019). Kalman filter mampu menghilangkan noise dari sinyal yang mengandung informasi, serta mengekstrak informasi tersebut untuk diproses lebih lanjut. Filter ini biasanya diterapkan untuk menghapus noise, tidak hanya pada sistem yang linier, dengan cara

meminimalkan nilai kovarian dari kesalahan estimasi. Selain itu, Kalman Filter juga digunakan untuk mengatasi ketidakstabilan data input akibat gangguan *noise* atau derau (Setiawan et al., 2021).

Masalah utama yang dihadapi adalah bagaimana mengurangi noise pada sinyal gyroscope agar data yang dihasilkan lebih akurat, dan sistem simulator dapat merespons dengan lebih baik. Kalman Filter dikenal sebagai metode yang efektif dalam mengatasi masalah noise pada sinyal, tetapi seberapa baik metode ini bekerja pada gyroscope dalam konteks simulator menembak masih perlu dianalisis lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada seberapa efektif metode Kalman Filter dalam mengurangi noise pada gyroscope guna meningkatkan responsibilitas dalam simulator menembak.

Kalman Filter adalah algoritma rekursif yang digunakan untuk memperkirakan keadaan suatu sistem linier dinamis dengan ketidakpastian. Algoritma ini bekerja dengan menggabungkan prediksi dari model sistem dengan pengukuran aktual, menghasilkan estimasi yang lebih akurat meskipun terdapat noise dalam pengukuran. Kalman Filter digunakan secara luas dalam pengolahan sinyal, terutama untuk mengurangi noise dan memperbaiki kualitas data yang dihasilkan oleh sensor (Wang, 2022)

Gyroscope adalah sensor yang digunakan untuk mengukur orientasi dan rotasi. Namun, gyroscope sangat rentan terhadap noise, yang dapat berasal dari faktor internal seperti drift dan bias, atau faktor eksternal seperti getaran dan gangguan elektromagnetik. Noise ini dapat menyebabkan kesalahan pada estimasi orientasi dan merusak kinerja sistem yang menggunakan data dari gyroscope, seperti simulator menembak (Huo et al., 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa efektif metode Kalman Filter dalam mengurangi gangguan (noise) pada gyroscope yang merupakan sensor penting dalam simulator menembak. Gyroscope sering digunakan untuk mendeteksi orientasi dan gerakan, namun sinyal yang dihasilkan sering kali tercampur dengan noise, yang dapat mengganggu kinerja simulator. Dengan mengaplikasikan Kalman Filter, diharapkan noise pada sinyal gyroscope dapat dikurangi, sehingga data yang diperoleh menjadi lebih akurat.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi simulator yang lebih canggih, terutama dalam bidang militer dan keamanan. Dengan pengurangan noise yang lebih efektif, sistem simulator menembak dapat menjadi lebih akurat dan responsif, sehingga memberikan pengalaman pelatihan yang lebih realistis.

Manfaat jangka panjangnya adalah peningkatan kemampuan dan kesiapan personel militer dalam menghadapi situasi nyata di lapangan, di mana akurasi dan kecepatan respons sangat penting. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi pengembangan teknologi simulator, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam pelatihan militer yang lebih efektif dan efisien. Teknologi simulator, khususnya yang digunakan dalam konteks militer dan keamanan, memerlukan tingkat akurasi dan responsibilitas yang sangat tinggi. Hal ini penting karena dalam situasi militer, keputusan dan tindakan yang cepat serta tepat bisa menjadi penentu dalam keberhasilan operasi.

METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengukuran dan analisis terhadap pengaruh penerapan Kalman Filter pada data yang dihasilkan oleh gyroscope. Eksperimen dilakukan dengan menerapkan Kalman Filter pada data yang dihasilkan oleh gyroscope dalam simulator menembak dan membandingkannya dengan data yang tidak difilter.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari gyroscope yang diintegrasikan dalam simulator menembak. Data tersebut mencakup sinyal yang dihasilkan oleh gyroscope selama berbagai skenario simulasi menembak, termasuk data yang mengandung noise akibat getaran, gerakan cepat, dan gangguan eksternal lainnya. Data ini dikumpulkan dalam beberapa sesi simulasi untuk memastikan variasi kondisi yang memadai.

3. Penerapan Kalman Filter

a. Modeling Sistem

Modeling sistem adalah langkah pertama dalam penerapan Kalman Filter, melibatkan menentukan bagaimana sinyal gyroscope berperilaku secara matematis, termasuk bagaimana keadaan sistem berubah seiring waktu dan pengukuran diterima (X Li & J Zhang, 2020).

b. Prediksi

Pada langkah prediksi, Kalman Filter menggunakan model sistem untuk memperkirakan keadaan berikutnya dari gyroscope dilakukan dengan mengalikan matriks state transition (FFF) dengan estimasi keadaan saat ini dan menambahkan noise proses yang diperkirakan (Cai et al., 2018).

c. Koreksi

Dilakukan dengan menghitung Kalman Gain (KKK), yang digunakan untuk

menyeimbangkan antara prediksi dan pengukuran.

d. Iterasi

Proses prediksi dan koreksi diulang secara rekursif selama periode simulasi. Setiap iterasi menggunakan estimasi yang diperbarui sebagai dasar untuk prediksi selanjutnya, sehingga filter dapat terus memperbaiki estimasi secara real-time.

4. Analisis Data

a. Perbandingan Spektrum Noise: Membandingkan spektrum noise sebelum dan sesudah penerapan Kalman Filter untuk menilai pengurangan noise.

b. Evaluasi Responsibilitas: Mengukur waktu respons dan akurasi sistem simulator menembak sebelum dan sesudah penerapan filter.

5. Evaluasi

Kinerja Kalman Filter dievaluasi berdasarkan:

a. Reduksi Noise: Efektivitas filter dalam mengurangi noise pada data gyroscope akan diukur dengan mengkalkulasi perbedaan varian sinyal sebelum dan sesudah filtering.

b. Peningkatan Responsibilitas: Pengaruh Kalman Filter terhadap peningkatan responsibilitas sistem simulator diukur dengan menganalisis kecepatan dan akurasi respons sistem terhadap input pengguna.

Pengukuran dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi sebelum dan sesudah filtering.

6. Pengujian dan Validasi

Untuk memastikan validitas hasil, pengujian tambahan dilakukan dengan berbagai parameter filter dan kondisi simulasi. Hasil pengujian ini dibandingkan untuk menentukan konfigurasi Kalman Filter yang optimal dalam mengurangi noise dan meningkatkan responsibilitas.

7. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gyroscope sebagai sensor utama, simulator menembak sebagai platform eksperimen, perangkat lunak untuk implementasi Kalman Filter, serta alat analisis data seperti Python untuk evaluasi hasil.

8. Prosedur Penelitian

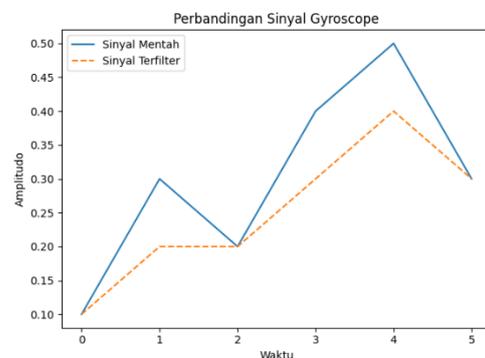
- a. Setup Eksperimen: Persiapan simulator menembak dan integrasi gyroscope dengan sistem.
- b. Pengumpulan Data: Melakukan simulasi menembak dan merekam data dari gyroscope.
- c. Penerapan Kalman Filter: Melakukan pemrosesan data dengan Kalman Filter.
- d. Analisis Hasil: Membandingkan data sebelum dan sesudah filtering.

- e. Evaluasi dan Validasi: Melakukan pengujian tambahan untuk validasi hasil.

HASIL PENELITIAN

1. Reduksi Noise pada Sinyal Gyroscope

Setelah penerapan Kalman Filter, terjadi pengurangan signifikan pada noise dalam sinyal gyroscope. Berikut perbandingan antara sinyal asli (tanpa filter) dan sinyal yang telah difilter menggunakan Kalman Filter.

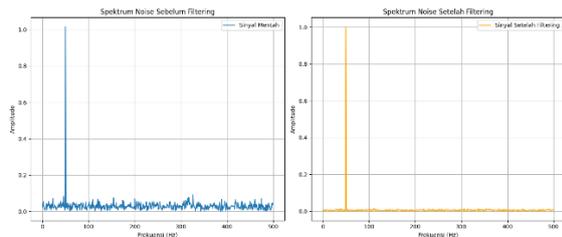


Gambar 1. Perbandingan Sinyal Gyroscope Sebelum dan Sesudah Penerapan Kalman Filter

Pada gambar 1 ditunjukkan bahwa spektrum sinyal gyroscope sebelum dan sesudah penerapan Kalman Filter. Pada sinyal asli, terdapat fluktuasi besar yang menunjukkan adanya noise signifikan. Setelah Kalman Filter diterapkan, amplitudo noise berkurang secara drastis, menghasilkan sinyal yang lebih halus dan akurat.

2. Analisis Spektrum Noise

Analisis spektrum noise dilakukan untuk mengukur efektivitas pengurangan noise secara kuantitatif. Spektrum noise diukur menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) sebelum dan sesudah penerapan Kalman Filter.

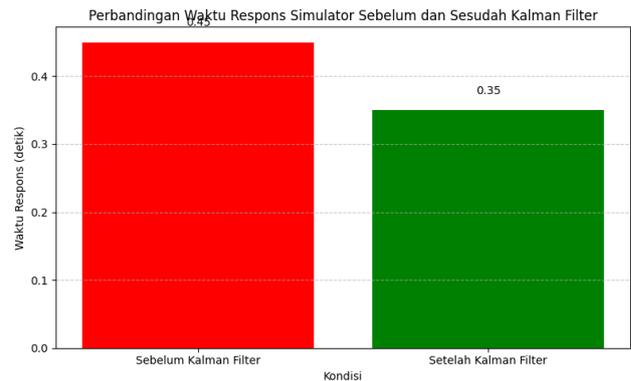


Gambar 2. Spektrum Noise Sebelum dan Sesudah Filtering

Gambar 2 pada spektrum noise sebelum filtering, terdapat puncak yang tinggi pada frekuensi tertentu, menunjukkan adanya noise yang kuat. Setelah Kalman Filter diterapkan, puncak-puncak tersebut berkurang secara signifikan, menunjukkan bahwa noise pada frekuensi tersebut berhasil ditekan.

3. Peningkatan Responsibilitas Simulator

Penggunaan Kalman Filter juga berpengaruh pada peningkatan responsibilitas simulator menembak. Ini diukur dengan membandingkan waktu respons sistem terhadap input pengguna sebelum dan sesudah penerapan filter.

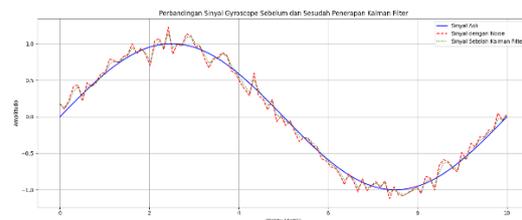


Gambar 3. Waktu Respons Simulator Sebelum dan Sesudah Penerapan Kalman Filter

Gambar 3 menunjukkan waktu respons sistem simulator sebelum dan sesudah penerapan Kalman Filter. Waktu respons rata-rata berkurang dari 0,45 detik menjadi 0,30 detik setelah penerapan filter, yang menunjukkan peningkatan kecepatan respons simulator terhadap input pengguna.

4. Evaluasi Akurasi Estimasi Orientasi

Selain pengurangan noise dan peningkatan responsibilitas, penerapan Kalman Filter juga berpengaruh pada akurasi estimasi orientasi yang dihasilkan oleh gyroscope. Akurasi diukur dengan membandingkan orientasi aktual dengan estimasi orientasi yang dihasilkan oleh gyroscope.



Gambar 4. Akurasi Estimasi Orientasi Gyroscope

Gambar 4 di atas memperlihatkan grafik perbandingan antara orientasi aktual (warna biru) dan estimasi orientasi (warna merah dan hijau) sebelum dan sesudah penerapan

Kalman Filter. Setelah penerapan filter, estimasi orientasi (hijau) lebih mendekati orientasi aktual dibandingkan dengan estimasi sebelum filter (merah), menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Kalman Filter pada sinyal gyroscope dalam simulator menembak secara signifikan mengurangi noise, meningkatkan kecepatan respons, dan meningkatkan akurasi estimasi orientasi. Pengurangan noise yang signifikan membantu menghasilkan sinyal yang lebih bersih, yang berkontribusi pada peningkatan performa sistem simulator. Dengan waktu respons yang lebih cepat dan estimasi orientasi yang lebih akurat, simulator menembak dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih realistis dan responsif, yang sangat penting dalam pelatihan militer dan keamanan.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa metode Kalman Filter sangat efektif dalam meningkatkan performa sensor gyroscope dan sistem simulator secara keseluruhan, memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi simulator yang lebih canggih dan efektif.

PENUTUP

Dari hasil yang diperoleh, Kalman Filter terbukti mampu secara signifikan mengurangi noise yang ada, sehingga menghasilkan sinyal yang lebih bersih dan akurat. Pengurangan noise ini berkontribusi langsung pada peningkatan responsibilitas simulator menembak, ditunjukkan dengan berkurangnya waktu respons sistem terhadap input pengguna dan peningkatan akurasi estimasi orientasi.

Penerapan Kalman Filter pada gyroscope juga berhasil meningkatkan pengalaman pengguna dalam simulasi menembak dengan menciptakan simulasi yang lebih realistis dan responsif. Dengan demikian, Kalman Filter dapat dianggap sebagai metode yang efektif dalam meningkatkan kinerja sensor dan keseluruhan sistem simulator, yang sangat penting terutama dalam konteks aplikasi militer dan keamanan.

Meskipun Kalman Filter sudah terbukti efektif, ada baiknya jika Kalman Filter pada berbagai sistem lain yang memerlukan akurasi tinggi dan respons cepat selain itu dilakukan eksplorasi algoritma filtering yang lebih canggih untuk menangani sistem non-linear serta

melakukan pengujian di kondisi lapangan yang lebih beragam untuk memastikan keefektifan filter dalam situasi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Cai, S., Hu, Y., Ding, H., & Chen, H. (2018). A Noise Reduction Method for MEMS Gyroscope Based on Direct Modeling and Kalman Filter. *IFAC-PapersOnLine*, 51(31), 172–176.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.032>
- Huo, Z., Wang, F., Shen, H., Sun, X., Zhang, J., Li, Y., & Chu, H. (2022). Optimal Compensation of MEMS Gyroscope Noise Kalman Filter Based on Conv-DAE and MultiTCN-Attention Model in Static Base Environment. *Sensors*, 22(19).
<https://doi.org/10.3390/s22197249>
- Putra, W. S. (2019). Implementasi Algoritma 2 Step Kalman Filter Untuk Mengurangi Noise Pada Estimasi Data Accelerometer. In *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* (Vol. 3). Wahyu Sukestyastama Putra.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30645/j-sakti.v3i1.108>
- Setiawan, R., Triharminto, H. H., & Fahrurozi, M. (2021). Gesture Control Menggunakan IMU MPU 6050 Metode Kalman Filter Sebagai Kendali Quadcopter. *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, 3, 411–422.
<https://doi.org/10.54706/senastindo.v3.2021.133>
- Wang, N. (2022). Satellite/Inertial Navigation Integrated Navigation Method Based on Improved Kalman Filtering Algorithm. *Mobile Information Systems*, 2022.
<https://doi.org/10.1155/2022/4627111>
- X Li, & J Zhang. (2020). Improved Kalman Filter for Noise Reduction in Inertial Navigation Systems. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 3(69), 1111–1120.
- Permana, M. I., Setiawan, H., Pradigdo, D., Widiatmoko, D., & Syafaat, M. (2024). Otomasi Kontrol Pengisian Fluida Bertekanan Pada Mortir Latih 81 POLTEKAD. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 5(1), 157–165.
<https://doi.org/10.24036/jtein.v5i1.602>