

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan frekuensi rendah telah menjadi permasalahan dalam lingkungan industri modern karena kemampuannya untuk merambat jauh dan sulit diredam oleh metode pasif seperti material penyerap suara. Dampak kebisingan ini tidak hanya mengganggu kenyamanan, tetapi juga dapat menimbulkan masalah kesehatan serius seperti gangguan tidur, peningkatan stres, serta risiko penyakit *kardiovaskular* (Stanovská dkk., 2024). Metode *Active Noise Control* (ANC) menjadi solusi karena mampu menghasilkan sinyal *anti-noise* untuk mereduksi kebisingan secara aktif melalui interferensi destruktif. Keunggulan ANC dibandingkan dengan metode pasif terletak pada kemampuannya meredam *noise* frekuensi rendah yang sulit diatasi oleh material penyerap suara konvensional (Yang dkk., 2023).

Efektivitas sistem *Active Noise Control* (ANC) sangat bergantung pada algoritma yang digunakan untuk mengestimasi dan menyesuaikan sinyal *anti-noise* secara adaptif. Algoritma *Least Mean Square* (LMS) banyak diterapkan karena kesederhanaannya, namun memiliki keterbatasan saat digunakan dalam lingkungan *noise* nonstasioner, terutama terkait konvergensi yang lambat dan akurasi estimasi yang rendah (Zhou dkk., 2023). Sebagai alternatif, *Kalman Filter* menawarkan estimasi optimal berbasis model *state-space*, namun penerapannya terbatas pada sistem linier (X. Liu dkk., 2023). *Extended Kalman Filter* (EKF) kemudian dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan menerapkan pendekatan *linearization* lokal sehingga dapat digunakan pada sistem nonlinier. Dalam penelitian ini, EKF diterapkan dalam sistem ANC berbasis simulasi MATLAB: R2024a dengan kanal akustik yang dimodelkan secara nonlinier dan bersifat *time-varying*. Model kanal ini mencerminkan kondisi lingkungan nyata yang dinamis, di mana respons terhadap *noise* berubah-ubah dan tidak selalu bersifat linier. EKF dipilih karena kemampuannya dalam menyesuaikan parameter

estimasi secara adaptif serta tetap stabil saat menghadapi dinamika sistem yang kompleks dan tidak stasioner. Meskipun EKF telah menunjukkan efektivitasnya dalam berbagai aplikasi sistem adaptif dan kontrol, kajian yang mendalam mengenai penerapannya dalam sistem ANC berbasis simulasi, khususnya pada kanal nonlinier dan jenis noise realistis seperti *white noise* dan *pink noise*, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas EKF dalam skenario ANC yang kompleks dan lebih mendekati kondisi lingkungan nyata.

White noise dan *pink noise* digunakan sebagai representasi *noise* lingkungan yang umum ditemukan pada berbagai kondisi nyata. *White noise* bersifat acak dengan spektrum energi yang merata di seluruh frekuensi, sedangkan *pink noise* memiliki distribusi energi yang lebih dominan pada frekuensi rendah. Pemilihan kedua jenis *noise* ini bertujuan untuk menguji kemampuan adaptif sistem ANC berbasis EKF dalam menghadapi *noise* stasioner maupun nonstasioner secara komprehensif (Wen dkk., 2020). Dengan demikian, hasil dari simulasi diharapkan mencerminkan performa sistem dalam kondisi *noise* yang menyerupai kenyataan.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan evaluasi sistem *Active Noise Control* (ANC) berbasis algoritma *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam lingkungan simulasi MATLAB: R2024a. Sistem dirancang untuk mereduksi *noise* menggunakan pendekatan estimasi waktu nyata melalui proses prediksi dan pembaruan yang bersifat adaptif. Dalam simulasi, dua jenis *noise* umum digunakan, yaitu *white noise* dan *pink noise*, yang merepresentasikan karakteristik *spektral* yang berbeda. Evaluasi performa sistem dilakukan dengan menggunakan parameter kuantitatif berupa *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Minimum Mean Square Error* (MMSE), guna menilai efektivitas algoritma dalam mereduksi gangguan secara akurat. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pengendalian *noise* yang adaptif, serta mengeksplorasi potensi EKF sebagai solusi estimasi dan kontrol yang handal dalam sistem ANC berbasis simulasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada penerapan *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam *Active Noise Control* (ANC) berbasis simulasi MATLAB: R2024a untuk meningkatkan efektivitas peredaman *noise* dinamis. Namun, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam sistem *Active Noise Control* (ANC) berbasis simulasi MATLAB: R2024a?
2. Bagaimana performa *Active Noise Control* (ANC) berbasis *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam mereduksi *noise*, yang diukur menggunakan parameter *Minimum Mean Square Error* (MMSE) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR)?
3. Bagaimana pengaruh *white noise* dan *pink noise* terhadap kinerja *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam *Active Noise Control* (ANC)?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, terdapat beberapa ruang lingkup yang diterapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan sepenuhnya dalam lingkungan simulasi MATLAB: R2024a tanpa menggunakan perangkat keras eksternal.
2. *Noise* yang disimulasikan dalam penelitian ini terbatas pada *white noise* (*Gaussian noise*) dan *pink noise*, yang merupakan representasi umum dari kebisingan lingkungan, seperti lalu lintas dan kebisingan industri.
3. Model *Active Noise Control* (ANC) yang digunakan merupakan model ideal, tanpa mempertimbangkan kompleksitas lingkungan nyata, seperti pantulan suara (*reverberation*) dan faktor akustik lainnya.
4. Evaluasi performa sistem hanya berfokus pada efektivitas metode *Extended Kalman Filter* (EKF).

5. Parameter evaluasi kinerja yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Minimum Mean Square Error* (MMSE).
6. Simulasi menggunakan sinyal acuan berupa sinyal sinusoidal dan sinyal acak *Gaussian* dengan durasi dan frekuensi sampling tertentu yang telah ditentukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam *Active Noise Control* (ANC) berbasis simulasi MATLAB: R2024a. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengimplementasikan *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam sistem *Active Noise Control* (ANC) berbasis simulasi MATLAB: R2024a.
2. Mengevaluasi performa sistem ANC berbasis EKF dalam mereduksi *noise* menggunakan parameter *Minimum Mean Square Error* (MMSE) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR).
3. Menganalisis pengaruh jenis *white noise* dan *pink noise* terhadap *Extended Kalman Filter* (EKF) dalam sistem *Active Noise Control* (ANC).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut:

- a. Secara teoritis:

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu di bidang kontrol adaptif dan pemrosesan sinyal digital, khususnya dalam penerapan *Extended Kalman Filter* (EKF) pada *Active Noise Control* (ANC). Hasil studi ini memperluas pemahaman tentang efektivitas EKF dalam mereduksi berbagai jenis *noise* pada kanal nonlinier dan *time-varying*, sehingga dapat memperkaya literatur akademik terkait estimasi dan kontrol sistem dinamis.

b. Secara praktis:

Secara praktis, penelitian ini memberikan referensi penerapan EKF dalam sistem ANC berbasis simulasi MATLAB R2024a, yang berguna bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam merancang sistem kontrol adaptif. Evaluasi performa EKF terhadap *white noise* dan *pink noise* dapat dijadikan acuan dalam pengembangan sistem ANC yang lebih responsif terhadap dinamika lingkungan nyata.