

**Nama : Arif Al Imran**

**NIM : 1103210193**

## **Analisis Simulasi**

### **1. simulasi Python**

Kalman Filter adalah algoritma filtering berbasis probabilitas yang digunakan untuk memperkirakan keadaan suatu sistem dinamis. Dalam program ini, Kalman Filter digunakan untuk memperkirakan posisi robot berdasarkan model gerak linier sederhana dengan pengukuran sensor yang terpengaruh noise. Algoritma ini menggabungkan prediksi posisi dari model gerak dengan data pengukuran untuk menghasilkan estimasi posisi yang lebih akurat. Setiap iterasi terdiri dari dua tahap utama: prediksi, yang memprediksi keadaan berikutnya menggunakan model dinamis, dan update, yang memperbarui estimasi berdasarkan pengukuran sensor menggunakan Kalman Gain.

Particle Filter adalah metode berbasis simulasi Monte Carlo untuk memperkirakan distribusi probabilitas suatu sistem dinamis. Dalam implementasi ini, posisi robot diperkirakan dengan memanfaatkan sekumpulan partikel yang merepresentasikan kemungkinan keadaan robot. Setiap partikel diperbarui berdasarkan model gerak, lalu dihitung bobotnya sesuai dengan kesesuaian terhadap pengukuran sensor. Resampling dilakukan untuk memastikan partikel fokus pada daerah yang paling relevan. Hasil akhirnya adalah estimasi posisi robot yang dihitung sebagai rata-rata berbobot dari posisi partikel.

Lokalisasi menggunakan IMU dan LiDAR bertujuan untuk menentukan posisi dan orientasi robot secara akurat dalam lingkungan tertentu. IMU (Inertial Measurement Unit) menyediakan data gerakan, seperti akselerasi dan rotasi, sementara LiDAR (Light Detection and Ranging) memberikan informasi jarak ke objek di sekitar robot. Program ini menggabungkan data dari kedua sensor dengan algoritma filtering, seperti Particle Filter, untuk mengestimasi posisi robot. Hasilnya adalah representasi posisi robot yang lebih stabil dan akurat meskipun terdapat noise dari sensor.

EKF adalah versi non-linier dari Kalman Filter yang digunakan untuk memperkirakan keadaan sistem dengan model dinamis yang tidak linier. Dalam implementasi ini, EKF digunakan untuk navigasi robot yang bergerak dalam lintasan melingkar sederhana. Algoritma ini mencakup dua tahap utama: prediksi, di mana posisi robot diprediksi berdasarkan model gerak non-linier, dan update, yang memperbarui estimasi dengan pengukuran posisi aktual dari sensor. Jacobian digunakan untuk mengaproksimasi fungsi non-linier, sehingga memungkinkan estimasi akurat meskipun modelnya kompleks.

Dalam konteks navigasi, Particle Filter digunakan untuk memperkirakan posisi robot dalam lingkungan yang lebih dinamis. Program ini mensimulasikan navigasi robot menggunakan partikel yang diperbarui sesuai dengan kecepatan gerak robot dan orientasi. Setiap partikel dinilai berdasarkan seberapa dekat posisinya dengan data pengukuran sensor. Setelah itu, resampling dilakukan untuk menjaga relevansi partikel. Teknik ini sangat cocok untuk sistem non-linier atau non-Gaussian, dan mampu menghasilkan estimasi posisi yang robust meskipun terdapat banyak noise pada sensor.

## 2. Simulasi Webots

Simulasi ini mengimplementasikan sistem lokalisasi robot menggunakan Kalman Filter, sebuah algoritma estimasi yang powerful untuk memperkirakan posisi robot berdasarkan data sensor yang mengandung noise. Kode tersebut menggunakan controller Robot dari Webots untuk mengontrol sebuah robot dengan dua roda dan dilengkapi sensor jarak. Implementasi Kalman Filter dalam kode ini terdiri dari dua tahap utama: prediksi dan koreksi. Pada tahap prediksi, sistem memperkirakan posisi robot berdasarkan data odometri dari encoder roda. Perhitungan ini menggunakan rata-rata jarak yang ditempuh kedua roda untuk memperkirakan perpindahan robot. Sistem juga memperhitungkan noise proses dengan menambahkan nilai konstanta 0.1 pada kovarian error. Pada tahap koreksi, sistem menggunakan data dari sensor jarak untuk memperbaiki estimasi posisi. Gain Kalman dihitung berdasarkan rasio antara ketidakpastian prediksi dan total ketidakpastian (termasuk noise pengukuran). Gain ini kemudian digunakan untuk memperbarui estimasi posisi dengan mempertimbangkan perbedaan antara pengukuran sensor dan prediksi posisi.

Proses ini juga memperbarui nilai ketidakpastian sistem. Dalam implementasinya, robot diinisialisasi dengan dua motor roda yang diatur dalam mode kecepatan, dilengkapi dengan encoder pada masing-masing roda untuk mengukur pergerakan, serta sensor jarak untuk pengukuran lingkungan. Sistem dimulai dengan posisi awal 0.0 dan nilai ketidakpastian awal 1.0. Pada setiap langkah waktu ( $\text{TIME\_STEP} = 32$ ), sistem mengambil data dari encoder dan sensor jarak, kemudian menerapkan Kalman Filter untuk memperbarui estimasi posisi robot. Keunggulan implementasi ini terletak pada kemampuannya untuk menggabungkan informasi dari berbagai sensor (sensor jarak dan encoder) sambil memperhitungkan ketidakpastian pada masing-masing pengukuran. Hal ini menghasilkan estimasi posisi yang lebih akurat dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu sensor saja. Namun, implementasi ini masih tergolong sederhana karena hanya mempertimbangkan posisi dalam satu dimensi dan menggunakan nilai noise yang konstan.