

Nama : Hamdan Syaifuddin Zuhri

NIM : 1103220220

Kelas : TK-45-G09

---

## **Analisis Tugas Robotika Week 12**

### **A. Introduction to Localization and Filtering Theory**

Teori lokalisasi dan penyaringan (filtering theory) adalah landasan penting dalam bidang robotika dan sistem otonom. Teori ini menawarkan perangkat matematis dan komputasi untuk memperkirakan posisi dan pergerakan robot di tengah lingkungan yang tidak pasti. Program-program yang disediakan memperkenalkan konsep utama serta teknik yang diterapkan dalam lokalisasi, termasuk penggunaan Kalman Filter, Particle Filter, dan integrasi data dari berbagai sensor. Berikut analisis filtering theory:

#### **1. Kalman Filter untuk Lokalisasi**

Kalman Filter diterapkan pada sistem linear dengan noise yang mengikuti distribusi Gaussian. Filter ini berfungsi untuk memprediksi kondisi sistem dan melakukan koreksi berdasarkan hasil pengukuran, dengan memadukan informasi awal yang dimiliki dan pengamatan yang terpengaruh oleh noise.

Kelebihan:

- Sederhana dan efisien untuk sistem linear.
- Memberikan estimasi posisi yang halus dengan memanfaatkan dinamika sistem dan pengukuran.

Contoh: Program menunjukkan estimasi posisi robot dalam pergerakan linear. Hasilnya berupa jalur posisi sebenarnya, posisi yang diukur (dengan noise), dan posisi yang diestimasi menggunakan Kalman Filter.

#### **2. Particle Filter**

Particle Filter digunakan pada sistem non-linear dengan noise yang tidak mengikuti distribusi Gaussian. Teknik ini memperkirakan posisi dengan merepresentasikan distribusi probabilitas melalui kumpulan partikel.

Kelebihan:

- Dapat digunakan pada sistem yang kompleks dan non-linear.
- Fleksibel terhadap berbagai jenis noise.

Contoh: Program ini menampilkan distribusi partikel yang menggambarkan kemungkinan posisi robot. Setelah proses pembaruan bobot dan resampling dilakukan, estimasi akhir posisi diperoleh dari partikel-partikel yang memiliki relevansi tertinggi.

### 3. Extended Kalman Filter

EKF merupakan perluasan dari Kalman Filter yang dirancang untuk sistem non-linear, dengan pendekatan linearisasi terhadap dinamika sistem.

Kelebihan:

- Efisien dalam menangani sistem non-linear dengan noise Gaussian.
- Ideal untuk aplikasi robotika, seperti navigasi dan perencanaan jalur.

Contoh: EKF digunakan untuk memprediksi dan mengoreksi posisi robot berdasarkan model non-linear, menghasilkan estimasi jalur yang akurat.

### 4. IMU dan LIDAR

Sensor fusion dilakukan untuk meningkatkan akurasi dengan memanfaatkan keunggulan masing-masing sensor.

Kelebihan:

- IMU menyediakan data pergerakan relatif, sementara Lidar memberikan data absolut seperti jarak.
- Kombinasi ini menghasilkan estimasi posisi yang lebih andal.

Contoh: Data dari IMU dan Lidar digabungkan menggunakan metode rata-rata berbobot (weighted average) untuk menghasilkan estimasi posisi yang lebih akurat.

## B. Implementasi Kalman Filter Untuk Robot pada Webots

Kalman Filter adalah metode yang efektif untuk meningkatkan estimasi posisi robot dengan mengintegrasikan prediksi dari model gerakan dan pembaruan berdasarkan pengukuran sensor. Berikut adalah analisis dari kode yang diberikan:

### 1. Prediksi dan Pembaruan dalam Kalman Filter

#### a. Langkah Prediksi:

- Data dari encoder roda digunakan untuk menghitung estimasi rata-rata pergerakan robot (disimpan dalam variabel `u`).
- Posisi awal robot (`x`) diperbarui dengan menambahkan nilai pergerakan:  $x_{pred} = x + u$ .
- Ketidakpastian posisi (`P`) diperbarui dengan menambahkan noise proses:  $P_{pred} = P + Q$ , di mana noise proses (`Q`) bernilai 0.1 dalam kode.

#### b. Langkah Koreksi (Pembaruan):

- Data sensor jarak (`z`) digunakan untuk memperbarui estimasi posisi. Kalman Gain (`K`) dihitung untuk menentukan kontribusi pengukuran terhadap prediksi.
- Posisi robot diperbarui menggunakan:  $x = x_{pred} + K * (z - x_{pred})$ . Kalman Gain (`K`) memberikan bobot terhadap pengukuran baru.
- Ketidakpastian posisi (`P`) diperbarui menjadi lebih kecil menggunakan rumus:  $P = (1 - K) * P_{pred}$ , menghasilkan estimasi yang lebih akurat.

### 2. Input dan Pengukuran Sensor

#### a. Input dari Model Gerakan:

Data dari encoder roda kiri dan kanan memberikan estimasi pergerakan rata-rata robot, yang disimpan dalam variabel `u`.

#### b. Pengukuran dari Sensor:

Sensor jarak memberikan data posisi robot relatif terhadap objek atau batas tertentu. Namun, pengukuran ini sering terpengaruh oleh noise.

### 3. Manfaat Penggunaan Kalman Filter

#### a. Penggabungan Informasi:

Kalman Filter secara optimal mengombinasikan prediksi dari model gerakan dan data pengukuran sensor berdasarkan tingkat ketidakpastian masing-masing.

#### b. Mengurangi Ketidakpastian:

Ketidakpastian posisi ( $P$ ) berkurang pada setiap iterasi, menghasilkan estimasi yang semakin akurat.

#### c. Mengatasi Noise pada Data Sensor:

Kalman Filter dirancang untuk mengatasi noise pada pengukuran sensor, memberikan hasil estimasi yang lebih andal.

### 4. Penerapan Real-Time

#### a. Kode ini diimplementasikan dalam simulasi real-time menggunakan platform

Webots. Pada setiap langkah waktu ( $TIME\_STEP$ ), posisi robot dihitung dan diperbarui menggunakan data dari sensor jarak dan encoder roda.

#### b. Estimasi posisi robot dicetak secara langsung, memungkinkan pemantauan posisi secara real-time.

### 5. Keterbatasan dan Potensi Peningkatan

#### a. Asumsi Linearitas:

Model dalam kode mengasumsikan gerakan robot linear, yang dapat kurang akurat untuk pergerakan melengkung atau lingkungan kompleks.

#### b. Noise Tetap:

Noise proses ( $Q$ ) dan noise pengukuran ( $R$ ) diatur sebagai nilai tetap. Dalam aplikasi nyata, nilai ini dapat bervariasi dan memerlukan penyetelan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi.

#### c. Penggabungan Multi-Sensor:

Kode hanya memanfaatkan satu sensor jarak. Untuk aplikasi yang lebih kompleks, mengintegrasikan data dari beberapa sensor, seperti IMU atau Lidar, dapat meningkatkan akurasi estimasi posisi.