

Tentu, selain optimasi kode yang sudah kita bahas, ada beberapa "jurus" lain yang sering dipakai pengembang aplikasi navigasi tingkat tinggi untuk menutupi kelemahan GPS murni.

Berikut adalah metode-metode alternatif untuk meningkatkan presisi dan pengalaman pengguna dalam *GPS Maze Runner* kamu:

1. Sensor Fusion (Menggunakan Kompas & Akselerometer)

GPS hanya memberikan koordinat, tapi tidak tahu ke arah mana ponsel menghadap secara akurat saat diam. Kamu bisa menggabungkan data GPS dengan **Device Orientation API**.

- **Cara Kerja:** Gunakan sensor magnetometer (kompas) untuk memutar arah pandang pemain di labirin.
- **Kelebihan:** Pergerakan jadi jauh lebih intuitif. Saat kamu berputar badan, ikon di layar juga berputar.
- **Implementasi:** Gunakan `window.addEventListener('deviceorientation', ...)` untuk mendapatkan nilai *alpha* (derajat kompas).

2. Pedometer Mode (Dead Reckoning)

Jika GPS sangat tidak stabil (misal di area banyak gedung), kamu bisa beralih ke metode **Relative Movement** menggunakan **Step Counter**.

- **Cara Kerja:** Daripada mengandalkan titik koordinat satelit yang melompat-lompat, kamu mendekripsi "langkah kaki" menggunakan akselerometer.
- **Logika:** 1 Langkah kaki di dunia nyata = Maju 1 kotak di labirin sesuai arah hadap kompas.
- **Kelebihan:** Sangat halus (smooth) dan tidak terpengaruh oleh gangguan sinyal satelit seaat.

3. Algoritma Kalman Filter

Ini adalah standar industri untuk navigasi (digunakan di pesawat dan mobil otonom). Ini adalah metode matematika yang memprediksi posisi masa depan berdasarkan posisi sebelumnya dan data sensor.

Kalman filter bekerja dengan cara meminimalkan *mean square error*. Persamaan dasarnya melibatkan prediksi status:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_k$$

Dan pembaruan berdasarkan pengukuran sensor:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1})$$

- **Sederhananya:** Algoritma ini secara cerdas akan mengabaikan data GPS yang tiba-tiba

"melompat" jauh karena dianggap sebagai *noise* (gangguan).

4. Penggunaan External GNSS Receiver (RTK)

Jika kamu ingin akurasi hingga hitungan **sentimeter** (seperti alat pemetaan profesional), kamu tidak bisa mengandalkan chip GPS bawaan HP.

- **Metode:** Menggunakan modul GPS eksternal (seperti **u-blox ZED-F9P**) yang terhubung ke HP via Bluetooth.
- **RTK (Real-Time Kinematic):** Metode ini menggunakan koreksi sinyal dari stasiun pangkalan (base station) di darat untuk mengoreksi error atmosfer.

Perbandingan Metode

Metode	Akurasi	Kemudahan Implementasi	Kebutuhan Alat
GPS Murni	5-10m	Sangat Mudah	HP Saja
Smoothing (Moving Average)	3-5m	Mudah	HP Saja
Sensor Fusion (Pedometer)	Relatif	Sedang	Sensor HP (Gyro/Accel)
Kalman Filter	Sangat Halus	Rumit (Math)	HP Saja
External RTK	1-2cm	Sulit	Modul Tambahan

Saran saya: Untuk proyek labirin ini, metode **Pedometer (Step Counting)** dikombinasikan dengan **Compass** adalah yang paling efektif. Ini akan membuat pemain merasa benar-benar "berjalan" di dalam labirin tanpa rasa frustrasi karena titik yang melompat-lompat.

Apakah kamu ingin saya buatkan draf kode untuk mendeteksi langkah kaki (Step Counter) menggunakan akselerometer HP?