

Aplikasi *Sensor Fusion* untuk Mendeteksi Posisi dan Arah Pergerakan Ponsel Pintar di Dalam Ruangan

Rosa Eunike Ruth Gaghana^{#1}, Maclaurin Hutagalung^{#2}, Herry Imanta Sitepu^{#3}

[#]Departemen Teknologi Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur no 80-84, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

¹rosagaghana@gmail.com

²maclaurin@gmail.com

³hisitepu@gmail.com

Abstract— *The development of cellular technology and telecommunications is currently giving birth to more specific services, such as location-based smart phone services in the room. Indoor location-based services on mobile require an accurate and real-time position and orientation detection system. One technology that is often used to detect position is the Global Positioning System (GPS), but it is difficult to use to detect indoor positions. The use of accelerometer, gyroscope, magnetometer and GPS on smartphone is one method that can facilitate the system without the need of additional devices. This research combines accelerometer, gyroscope and magnetometer (sensor fusion) to get the latest position and orientation from the smartphone. Data from each sensor has a varied amount of noise and is relatively large so that to get the position and orientation of a smartphone that is minimal noise can use the Kalman filter algorithm on the detection algorithm that will be built in computing software. Transferring sensor data from a smartphone to a computing device can be bridged by a data recorder application that runs on a smartphone. The results of this study are expected to be the basis or new input for indoor location-based services.*

Keywords— *Sensor fusion, smartphone, sensors, position, orientation*

Abstrak— Perkembangan teknologi dan telekomunikasi seluler saat ini begitu cepat melahirkan layanan yang lebih spesifik, seperti layanan berbasis lokasi ponsel pintar dalam suatu ruangan (*indoor positioning system*). Layanan berbasis lokasi dalam ruangan pada ponsel membutuhkan sistem deteksi posisi dan orientasi yang akurat dan real-time. Salah satu teknologi yang sering digunakan untuk mendeteksi posisi adalah *Global Positioning System (GPS)*, namun *GPS* sulit digunakan untuk mendeteksi posisi di dalam ruangan. Penggunaan sensor akselerometer, giroskop, magnetometer dan *GPS* pada ponsel merupakan salah satu metode yang dapat memudahkan sistem untuk mendapatkan posisi dan orientasi ponsel di dalam ruangan. Sensor-sensor tersebut lebih mudah diakses dan tidak memerlukan perangkat tambahan. Untuk itu, penelitian ini akan melakukan penggabungan sensor akselerometer, giroskop dan magnetometer (*sensor fusion*) untuk mendapatkan posisi dan orientasi dari ponsel. Data dari setiap sensor memiliki jumlah *noise* yang bervariasi dan tergolong besar sehingga untuk mendapatkan posisi dan orientasi ponsel yang minim *noise* dapat menggunakan algoritme filter Kalman pada algoritme deteksi yang akan dibangun. Perpindahan data sensor dari ponsel ke

perangkat komputasi dapat dijumpai oleh aplikasi perekam data yang berjalan di dalam ponsel. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar atau input bagi layanan-layanan yang berbasis lokasi di dalam ruangan.

Kata Kunci— *Sensor fusion, ponsel pintar, sensor, posisi, orientasi*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini begitu cepat dan signifikan dalam melahirkan layanan-layanan baru yang semakin mempermudah kehidupan manusia. Salah satu layanan baru yang muncul adalah layanan berbasis lokasi ponsel pintar dalam suatu ruangan (*indoor positioning system*). Layanan tersebut biasanya digunakan untuk mobilisasi dalam ruangan ataupun sistem pendukung pada suatu bangunan.

Pada layanan ponsel pintar berbasis lokasi dalam ruangan, sistem deteksi posisi dan orientasi merupakan komponen penentu kualitas layanan yang akurat [1]. Dalam hal ini, istilah posisi mewakili jarak perpindahan ponsel dari satu tempat ke tempat yang lain sedangkan orientasi merupakan arah pergerakan ponsel dari satu tempat ke tempat yang lain. Nilai posisi dan orientasi direpresentasikan dalam satuan yang memiliki arah atau vektor.

Ponsel dengan layanan berbasis lokasi dalam ruangan yang tidak memiliki sistem deteksi posisi dan orientasi yang optimal sangat rentan terjadi kesalahan pengukuran atau perhitungan. Hal ini disebabkan karena data posisi dari ponsel sulit dilacak oleh *Global Positioning System (GPS)* sebagai teknologi yang sering dipakai untuk menentukan posisi tidak dapat bekerja optimal di dalam ruangan. Selain sistem deteksi posisi dan orientasi yang tidak akurat dan invalid, kinerja yang buruk antar komponen dapat menambah beban kerja dari sistem.

Layanan berbasis lokasi dalam ruangan yang rentan mengalami kesalahan pengukuran dan perhitungan dapat menyebabkan kerugian kepada penggunanya. Kesalahan pengukuran dan perhitungan ini dapat disebabkan oleh jumlah *noise* yang besar pada data sensor yang didapat sehingga informasi yang disampaikan kepada pengguna tidak akurat. Selain itu, informasi dari hasil pengukuran yang tidak dikemas dan tidak disampaikan dengan baik dapat menyebabkan

pengguna keliru menyimpulkan hasil dari deteksi posisi dan orientasi yang telah dilakukan.

Pada umumnya, *noise* pada data sensor merupakan data yang dihasilkan dari gangguan internal dan eksternal pada sensor sehingga menyebabkan ketidaktepatan sensor membaca pergerakan ponsel. Ketidaktepatan tersebut dapat menghasilkan proyeksi pergerakan ponsel yang tidak sesuai dengan keadaan aktual di lapangan. Jumlah dan sumber *noise* yang dihasilkan oleh setiap sensor bergantung kepada objek yang diukur oleh sensor tersebut. Hal ini menandakan bahwa perlu metode atau algoritme yang tepat untuk mereduksi *noise* dari setiap data-data sensor.

Untuk mendukung layanan berbasis lokasi dalam ruangan agar dapat menghasilkan *output* yang akurat, maka penelitian ini akan mengembangkan sistem yang dapat mendeteksi posisi dan pergerakan ponsel pintar di dalam ruangan. Teknik yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah menggabungkan pengukuran sensor akselerometer untuk pengukuran percepatan dari arah pergerakan, sensor giroskop untuk mengukur perputaran atau rotasi ponsel dan sensor magnetometer untuk mengukur arah medan magnet dari ponsel terhadap bumi [2][3] serta GPS. Penelitian ini akan menggunakan sensor-sensor yang terdapat di dalam ponsel karena data dari hasil pengukuran lebih mudah didapatkan, lebih mudah diakses kapan dan di mana saja [4].

Penggabungan keempat sensor tersebut dikenal dengan sebutan *Sensor Fusion*. *Sensor fusion* merupakan menggabungkan beberapa sensor untuk melakukan pengukuran sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan oleh satu sensor saja [2]. Hal ini dapat terjadi karena data yang berasal dari berbagai sensor dapat memberikan perspektif berbeda pada pengukuran yang dilakukan sehingga ketika digabungkan hasilnya akan menjadi lebih akurat.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah sistem yang memiliki kemampuan deteksi posisi dan orientasi dari ponsel pintar di dalam ruangan kemudian menampilkan hasil pengukuran yang telah diolah dalam tampilan yang efisien dan mudah dimengerti.

Hasil penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan informasi mengenai posisi dan pergerakan dari ponsel secara akurat. *Output* dari perangkat ini dapat diolah dan dikembangkan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam suatu sistem atau digunakan sebagai data pelengkap suatu layanan.

II. METODOLOGI

Pengembangan sistem deteksi posisi dan orientasi dalam ruangan perlu melakukan peninjauan pustaka sebagai dasar pengembangan. Tinjauan pustaka dilakukan untuk mengetahui hal-hal yang terkait dengan penelitian atau pengembangan sistem ini.

A. Riset Terkait

1) Ponsel Pintar (*Smartphone*)

Ponsel pintar (*smartphone*) merupakan telepon seluler yang memiliki kemampuan seperti komputer namun secara terbatas

[5]. Ponsel pintar memungkinkan penggunaannya merasakan kecanggihan teknologi melalui fitur-fitur yang interaktif dan modern seperti gambar, video, musik, kamera, layar sentuh dan fitur-fitur yang lain. Selain itu fitur dasar dari telepon seluler seperti telepon dan pesan singkat mengalami peningkatan performa pada ponsel pintar.

Komponen yang mendukung ponsel pintar sehingga dapat menyampaikan fitur-fitur canggihnya kepada pengguna adalah sistem operasi. Terdapat beberapa sistem operasi yang saat ini berjalan pada seluruh ponsel pintar di seluruh dunia, yaitu Android, iOS, KaiOS, Windows, Samsung dan beberapa sistem operasi yang lain.

2) *Sensor Akselerometer*

Sensor akselerometer merupakan sensor yang baik digunakan untuk memonitor pergerakan ponsel [5]. Saat ini sensor akselerometer tertanam di dalam hampir semua ponsel pintar yang ada di seluruh dunia. Sensor akselerometer juga merupakan sensor yang menggunakan energi ponsel 10 kali lebih sedikit dari sensor-sensor yang lain ketika melakukan pengukuran.

Sensor ini berfungsi untuk mengukur percepatan dari ponsel dalam tiga sumbu koordinat yaitu sumbu X, Y dan Z. Sumbu koordinat pada ponsel tidak akan berpindah seiring dengan orientasi layar atau pergerakan ponsel [5]. Percepatan dari ponsel akan tetap dibaca positif ketika ponsel digerakan menjauh dari tubuh meskipun layar ponsel menghadap ke atas dan bukan menghadap ke tubuh manusia. Hal ini pun berlaku bagi pergerakan ponsel disegala sumbu dengan orientasi layar yang berbeda-beda.

3) *Sensor Giroskop*

Sensor giroskop berfungsi sebagai pengukur rotasi atau perputaran ponsel dalam satuan radian per detik. Pengukuran oleh sensor giroskop dilakukan berdasarkan perhitungan kecepatan sudut dari ponsel dalam tiga arah atau sumbu X, Y, Z [6]. Sensor ini termasuk dalam kategori sensor gerak pada sistem operasi Android dan juga banyak terdapat pada ponsel pintar sekarang ini.

Perputaran atau rotasi ponsel pada setiap sumbu memiliki sebutannya masing-masing. Ketika ponsel berotasi di sumbu X pergerakan tersebut disebut sebagai pitch, pada sumbu Y disebut roll dan pada sumbu Z disebut yaw atau azimuth [6]. Aturan perputaran ponsel pada setiap sumbu memiliki aturan yang sama seperti sensor akselerometer, yaitu perputaran ponsel pada suatu sumbu tidak terpengaruh pada orientasi layar terhadap tubuh manusia.

4) *Sensor Magnetometer*

Sensor magnetometer berfungsi sebagai pengukur kuat dan arah medan magnet yang ada di sekitar perangkat. Magnetometer terbagi dalam dua jenis, yaitu tipe skalar dan vektor. Magnetometer vektor adalah jenis yang dipakai pada penelitian ini dan berfungsi untuk mengukur arah medan magnet dalam ketiga sumbu (X, Y, Z) dengan satuan mikro tesla (μT) [5].

5) *Sensor Fusion*

Sensor fusion merupakan penggabungan beberapa sensor yang dapat meningkatkan keakuratan sistem dibandingkan dengan pengukuran satu sensor saja [2]. Objek yang digabungkan adalah data hasil pengukuran target yang sama dari sensor-sensor.

Sensor fusion memiliki 4 tipe umum yang dibagi berdasarkan berbagai aspek [2]. Tipe-tipe tersebut adalah *C³I vs. embedded real-time apps*, *three-level categorization*, *categorization based on input-output* dan *categorization based on sensor configuration*.

B. Sistem Existing dan Sistem yang Diusulkan

Penelitian mengenai sistem deteksi posisi dan orientasi ponsel pintar di dalam ruangan telah dilakukan oleh banyak peneliti. Beberapa hasil dari penelitian-penelitian tersebut dikemas dalam bentuk aplikasi pada ponsel dengan pendekatan sistem deteksi yang berbeda-beda [1]-[4], [6]-[10] dan ditampilkan di Tabel I. Salah satu aplikasi yang dibangun mampu mendeteksi posisi suatu ponsel di dalam gedung yang terkoneksi dengan Wi-Fi yang ada di gedung tersebut [8].

Sedangkan sistem yang diusulkan pada penelitian ini adalah sistem yang dapat mendeteksi posisi dan orientasi ponsel pintar di dalam ruangan. Sistem yang akan dibangun terdiri dari aplikasi Android untuk merekam data dan algoritme *sensor fusion* pada perangkat lunak Matlab. Aplikasi Android digunakan untuk mempermudah pengambilan data sensor dari ponsel. Penelitian ini akan menggunakan empat sensor yaitu sensor akselerometer, giroskop, magnetometer dan GPS yang sudah tertanam dalam ponsel.

TABEL I

SISTEM EKSISTING DARI SISTEM DETEKSI POSISI DAN ORIENTASI

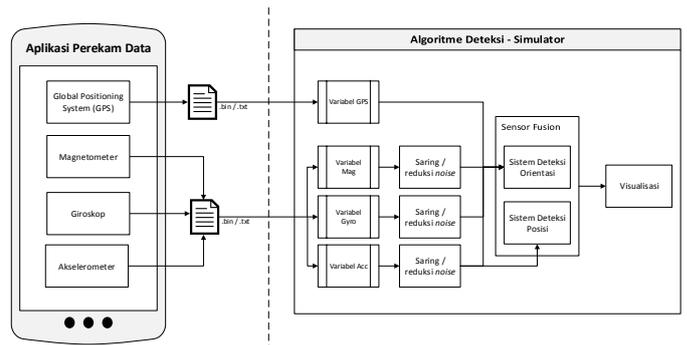
Penelitian	Produk / Output	Teknologi
SmartPDR [7]	Aplikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor akselerometer • Sensor giroskop • Sensor magnetometer
Android Wifi Location App [1]	Aplikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritme PDR • Sensor inframerah • Sensor frekuensi radio • Sensor ultrasonik • Wifi
<i>Fusion of WiFi, Smartphone Sensors and Landmarks Using the Kalman Filter for Indoor Localization</i> [9]	Sistem deteksi	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritma K-mean • Wifi • Algoritme PDR • Sensor giroskop • Sensor akselerometer • Sensor magnetometer
Aplikasi perekam data/monitor sensor dari MATLAB	Aplikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Filter Kalman Seluruh sensor dalam ponsel

C. Perancangan Sistem

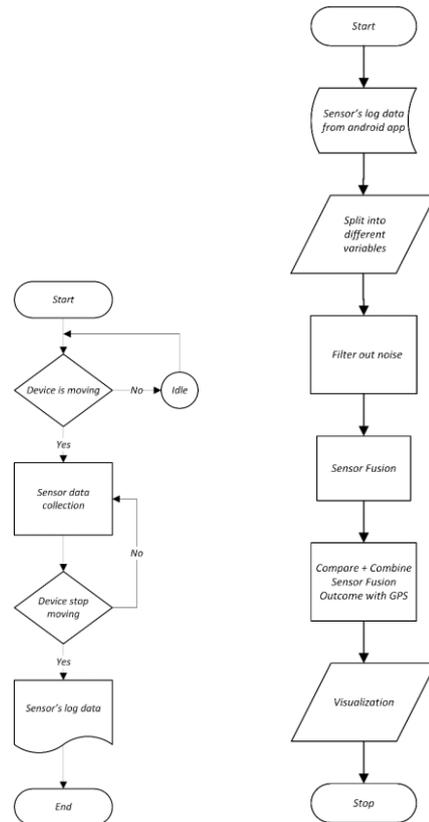
Perancangan sistem merupakan tahap kedua dalam membangun sistem deteksi posisi dan orientasi ponsel pintar dalam ruangan. Arsitektur sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 1, serta cara kerja algoritme deteksi dan aplikasi perekam data yang digambarkan pada Gambar 2.

1) Perancangan Algoritme Deteksi

Salah satu cara untuk mendeteksi posisi ponsel adalah dengan menentukan perpindahan ponsel. Perpindahan ponsel dapat ditentukan melalui percepatan gerak ponsel yang dideteksi oleh sensor akselerometer. Secara teori, jarak perpindahan dan kecepatan dapat dikalkulasikan menggunakan Persamaan 1 berikut:



Gambar 1 Arsitektur Sistem



Gambar 2 Cara kerja aplikasi perekam data (kiri) dan algoritme deteksi (kanan)

$$\int a dt \quad v_t = v_0 \pm a \times t \quad s = v_0 \times t \pm \frac{1}{2} \times a \times t^2 \quad (1)$$

Di mana a merupakan percepatan ponsel dalam satuan meter/detik², v_t dan v_0 adalah kecepatan sekarang dan sebelumnya dalam satuan meter/detik, s adalah perpindahan posisi ponsel dalam satuan meter dan t merupakan waktu.

Pada penerapannya, penggunaan Persamaan 1 di atas tidak dapat diterapkan secara langsung kepada data-data sensor yang masih banyak mengandung *noise*. Hal tersebut akan mengakibatkan hasil kalkulasi yang tidak akurat karena *noise* yang masih terkandung dalam data akselerasi ikut dihitung bersamaan dengan data yang sebenarnya.

Sehingga untuk mendapatkan kalkulasi data yang minim *noise* dapat menggunakan filter Kalman. Penerapan filter Kalman untuk mendeteksi posisi dapat dipenuhi dengan memodelkan data percepatan dari sensor akselerometer dan kemudian memasukan model tersebut ke dalam persamaan prediksi *state* yang dijabarkan pada Persamaan 2 dan 3.

$$F = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \Delta t^2 \\ \Delta t \end{bmatrix}, \quad \hat{x}_{k-1} = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}, \quad u_k = [a] \quad (2)$$

$$\hat{x}_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \Delta t^2 \\ \Delta t \end{bmatrix} [a] \quad (3)$$

Selain untuk mendapatkan posisi dan orientasi, filter Kalman dapat digunakan untuk menentukan orientasi dari ponsel. Pendeteksian orientasi ponsel pintar di dalam ruangan melibatkan sensor akselerometer, giroskop dan magnetometer. Penerapan filter Kalman untuk mendeteksi orientasi dapat diperoleh menggunakan Persamaan 4 untuk diterapkan pada proses kalkulasi.

$$x_k = \begin{bmatrix} \theta_k \\ b_k \\ a_k \\ d_k \end{bmatrix} = F_k \begin{bmatrix} \theta_{k-1} \\ b_{k-1} \\ a_{k-1} \\ d_{k-1} \end{bmatrix} + w_k \quad (4)$$

2) Perancangan Aplikasi Perekam Data

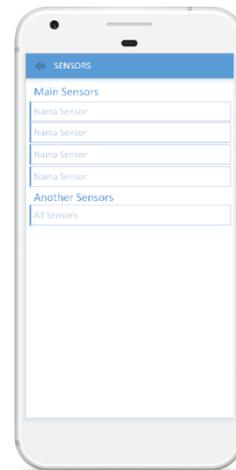
Aplikasi perekam data ditujukan untuk merekam data-data sensor yang terdapat di dalam ponsel. Untuk dapat merekam data, setiap sensor harus dapat diakses terlebih dahulu menggunakan *listener* yang disediakan oleh sistem operasi Android. Penggunaan *listener* pada aplikasi perekam data dapat diterapkan dalam berbagai cara atau berdasarkan logika *developer*. Pada penelitian ini algoritme yang digunakan untuk mengakses sensor dan merekam data akan menggunakan algoritme dengan performa lebih tinggi karena sistem deteksi yang akan dibangun bergerak dalam ranah *low-latency*.

Antarmuka aplikasi perekam data akan didesain sebaik mungkin untuk menghasilkan aplikasi dengan pengalaman pengguna (*user interface*) yang baik. Selain fitur utama untuk merekam data, aplikasi yang akan dibangun akan memiliki beberapa fitur tambahan seperti monitor seluruh sensor di dalam ponsel dan juga rancangan fitur visualisasi deteksi untuk masukan bagi penelitian lebih lanjut. Berikut

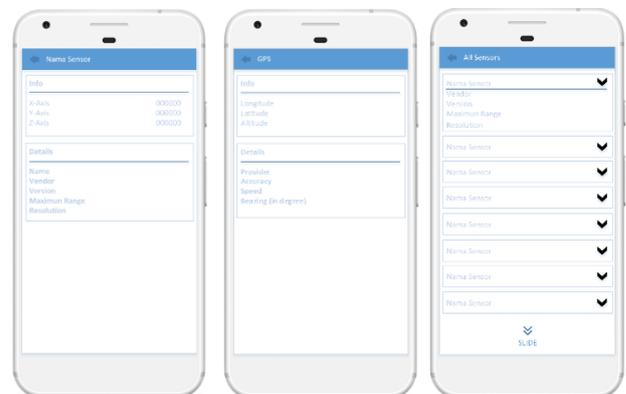
merupakan desain aplikasi yang ditampilkan pada Gambar 3 sampai Gambar 6. Gambar 3 menampilkan penampikan awal aplikasi ketika dijalankan berupa *splash screen* dan tampilan awal (menu Home).



Gambar 3 Desain *Splash screen* (kiri) dan tampilan awal Home (kanan)



Gambar 4 Desain tampilan menu Sensors



Gambar 5 Desain tampilan informasi detail sensor (kiri), tampilan informasi detail GPS (tengah) dan tampilan daftar sensor pada ponsel (kanan)

Tampilan *splash screen* akan menampilkan logo aplikasi dengan latar belakang berwarna putih sebagai tanda bahwa aplikasi sedang dijalankan. Tampilan ini akan berjalan selama 3 detik lalu akan dilanjutkan ke menu utama. Tampilan awal (menu Home) terdiri dari tampilan nama aplikasi dan tampilan menu dari fitur-fitur aplikasi.

Pada menu pertama yaitu menu Sensors, pengguna dapat melihat informasi mengenai sensor utama yang digunakan pada aplikasi serta daftar sensor yang ada di dalam ponsel pengguna. Desain tampilan dari menu pertama atau menu Sensors dapat dilihat pada Gambar 4.

Selain tampilan daftar sensor utama, menu Sensors juga dapat memungkinkan pengguna melihat informasi detail mengenai setiap sensor. Tampilan informasi atau detail sensor dapat berubah mengikuti pilihan dari pengguna. Jumlah sensor pada ponsel dapat bervariasi berdasarkan jenis dan kecanggihan ponsel sehingga tampilan daftar sensor didesain seadaptif mungkin agar dapat mengakomodasi hal tersebut. Desain tampilan dari fitur informasi dan daftar semua sensor dapat dilihat pada Gambar 5

Menu terakhir adalah menu Log Data yang merupakan fitur utama pada aplikasi ini. Bagian ini ditujukan untuk merekam data sensor (menu *log data*) kemudian disimpan dalam bentuk dokumen terpisah untuk keperluan tertentu. Desain menu ini ditampilkan pada Gambar 6.

D. Implementasi

1) Implementasi Algoritme Deteksi

Untuk mendeteksi posisi ponsel di dalam ruangan, masing-masing data sensor akselerometer pada setiap sumbu diterapkan filter Kalman untuk mendapatkan kecepatan dan jarak perpindahan ponsel pada sumbu tersebut. Berikut merupakan algoritme dan hasil penerapan filter Kalman pada data salah satu sumbu sensor akselerometer yang ditunjukkan pada Algoritme I. Gambar 7 menampilkan hasil implementasi filter Kalman pada data sumbu Y sensor akselerometer dengan ponsel yang bergerak maju kemudian berbalik arah.

Sebelum mendapatkan orientasi ponsel, filter Kalman digunakan untuk menghasilkan rotasi ponsel dari penggabungan data sensor akselerometer, giroskop dan magnetometer. Rotasi ponsel yang dihasilkan nantinya akan digabungkan kembali dengan data posisi dan kecepatan untuk



Gambar 6 Desain tampilan menu *Log Data*

mendapatkan orientasi ponsel. Berikut merupakan algoritme untuk menggabungkan data sensor-sensor tersebut yang ditunjukkan pada Algoritme II. Gambar 8 menampilkan hasil tangkapan layar dari visualisasi rotasi ponsel ketika ponsel bergerak maju kemudian berbalik arah.

2) Implementasi Aplikasi Perekam Data

Berikut merupakan hasil implementasi dari aplikasi perekam data yang telah dirancang. Gambar 9 sampai Gambar 11 akan menampilkan hasil tangkapan layar dari aplikasi perekam data yang telah dibangun.

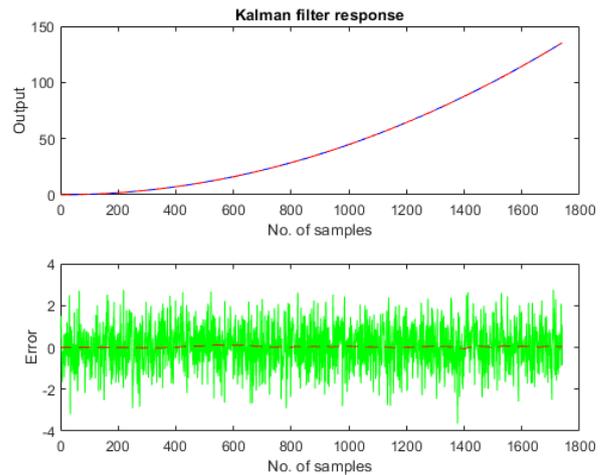
ALGORITME I SISTEM DETEKSI POSISI

Algoritme untuk menentukan jarak perpindahan dan kecepatan ponsel

Input: Data sensor akselerometer

Output: Vektor perpindahan dan kecepatan ponsel

- Inisialisasi *state equation* dan *measurement equation*
- *Plant* model berdasarkan persamaan *state* dan *measurement* dengan *noise* model
- Menetapkan nilai *covariance* dari *noise* pada sensor dan *noise* pada pengukuran
- Estimasi *state* (kecepatan atau posisi) dan error selanjutnya
- Perbarui *state* (kecepatan atau posisi) dan error selanjutnya
- Bandingkan error *covariance* sebelum dan sesudah kalkulasi
- Visualisasi seluruh *state* dan error



Gambar 7 Implementasi filter Kalman untuk mendapatkan kecepatan

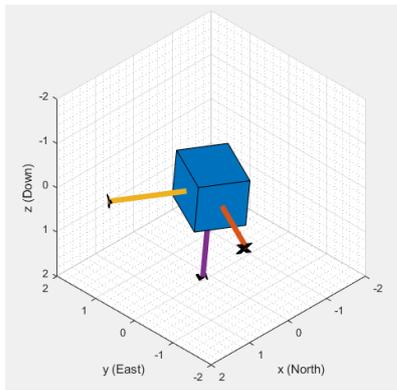
ALGORITME II DETEKSI POSISI

Algoritme untuk menentukan rotasi ponsel ketika bergerak

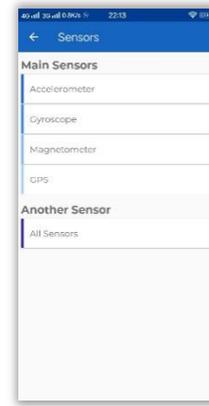
Input: Data sensor akselerometer, giroskop dan magnetometer

Output: Orientasi ponsel dalam bentuk data *quaternion*

- Inisialisasi variabel untuk data sensor-sensor
- Definisikan filter yang akan digunakan (pembuatan objek)
- Filter data-data sensor (sudah termasuk isolasi error pada data)
- Hasil orientasi ponsel divisualisasikan



Gambar 8 Hasil tangkapan layar dari hasil kalkulasi rotasi ponsel



Gambar 10 Hasil tangkapan layar tampilan *splash screen* dan menu Home



Gambar 9 Hasil tangkapan layar tampilan *splash screen* dan menu Home

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengujian merupakan tahap terakhir dalam pembangunan sistem dan ditujukan untuk mengetahui kesiapan sistem dalam mendeteksi posisi dan orientasi di dalam ruangan. Secara garis besar, tujuan utama dari pengujian sistem terbagi dalam dua poin yaitu untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran yang dilakukan dan memastikan kebutuhan fungsional sistem terpenuhi.

Tingkat akurasi dari pengukuran dapat diperoleh dengan membandingkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh sistem dengan keadaan aktual di lapangan. Pengukuran akan dilakukan secara bersamaan agar hasil pengukuran yang akan dibandingkan menghasilkan perbandingan keadaan yang tepat.

Hasil keluaran algoritme deteksi dapat diuji dengan membandingkan hasil keluaran dengan pergerakan aktual ponsel di lapangan. Data aktual yang digunakan untuk menguji hasil keluaran adalah jarak perpindahan ponsel. Skenario untuk menerapkan pengujian ditampilkan pada Tabel II.

1) Hasil Pengujian Ponsel Bergerak Maju dan Berbalik Arah

Berikut merupakan hasil pengujian dari skenario ponsel bergerak maju lalu berbalik arah. Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 12 menampilkan visualisasi hasil

TABEL II

SKENARIO PENGUJIAN ALGORITME DETEKSI

No.	Deskripsi	Hasil yang Diharapkan
1	Ponsel bergerak maju dan berbalik arah	Visualisasi deteksi ponsel menunjukkan hasil yang mendekati pola ponsel yang bergerak maju dan berbalik arah
2	Ponsel bergerak maju dan mundur	Visualisasi deteksi ponsel menunjukkan hasil yang mendekati pola ponsel yang bergerak maju dan mundur
3	Ponsel bergerak naik tangga dan turun tangga	Visualisasi deteksi ponsel menunjukkan hasil yang mendekati pola ponsel yang bergerak naik dan turun tangga

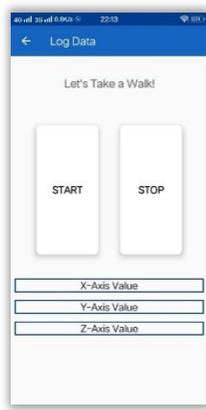
deteksi dan data-data posisi dari ponsel yang bergerak maju sejauh 7 meter kemudian berbelok ke kanan sejauh 4 meter kemudian berbelok ke kiri lagi lalu lurus sejauh 7 meter. Singkatnya, ponsel bergerak maju kemudian berbalik arah dengan total panjang lintasan 18 meter.

2) Hasil Pengujian Ponsel Bergerak Maju dan Mundur

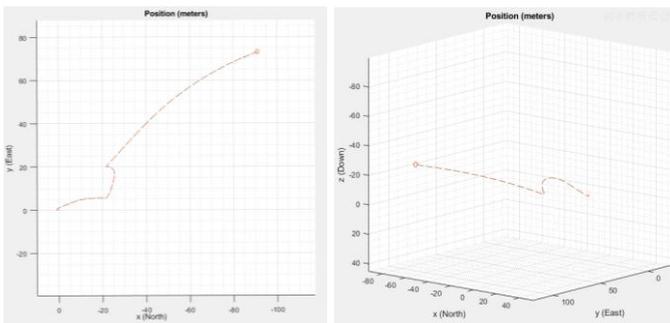
Berikut merupakan hasil pengujian dari skenario ponsel bergerak maju kemudian mundur kembali. Gambar 13 menggambarkan ponsel bergerak maju pada lintasan lurus sejauh 7 meter kemudian mundur kembali sejauh 7 meter atau kembali ke posisi semula. Panjang seluruh lintasan yang dilalui ponsel adalah 14 meter meskipun posisi ponsel setelah melakukan pergerakan kembali ke posisi semula.

3) Hasil Pengujian Ponsel Bergerak Naik dan Turun Tangga

Berikut merupakan hasil pengujian dari skenario ponsel bergerak naik tangga lalu lurus dan berbelok kemudian turun tangga. Gambar 14 menggambarkan detail pergerakan ponsel yang bergerak naik tangga dengan panjang kurang lebih 6 meter lalu lurus di tempat rata sejauh 0,5 meter kemudian



Gambar 11 Hasil tangkapan layar fitur utama perekaman data



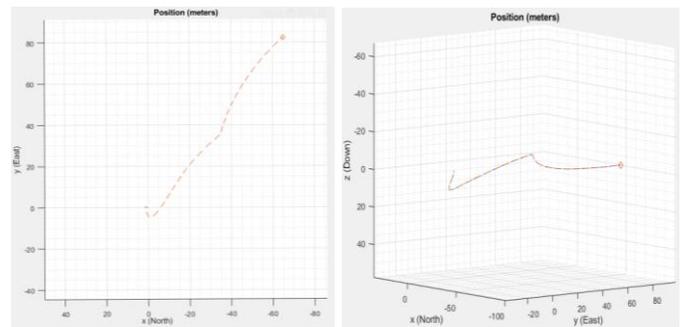
Gambar 12 Hasil pengujian skenario ponsel bergerak maju lalu berbalik arah

berbelok ke kanan dan lurus sepanjang 1 meter. Berbelok lagi ke kanan sejauh kurang lebih 6 meter lalu berbelok lagi ke kanan sejauh 2 meter. Berbelok lagi ke kanan sejauh 6 meter lalu berbelok ke kanan sejauh 1 meter lalu turun tangga dengan panjang kurang lebih 6 meter. Berdasarkan pergerakan ponsel tersebut, dapat dinyatakan bahwa ponsel telah melalui lintasan sepanjang kurang lebih 28,5 meter.

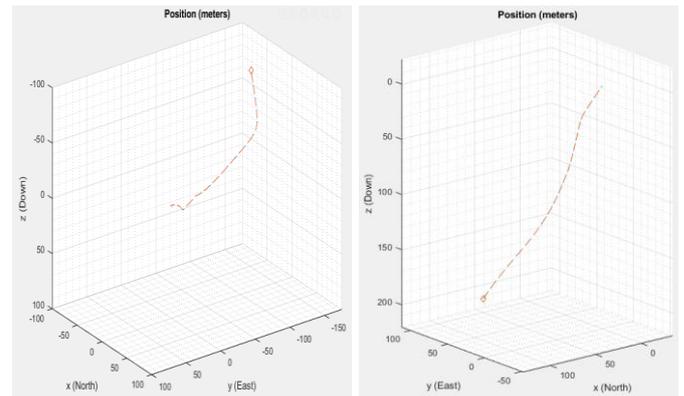
IV. KESIMPULAN

Berdasarkan proses implementasi dan pengujian-pengujian yang telah dilakukan pada sistem yang dibangun, dapat disimpulkan bahwa aplikasi perekam data yang dibangun telah berhasil merekam dan menyimpan data sensor dalam bentuk dokumen serta penerapan *sensor fusion* pada sensor akselerometer, giroskop, magnetometer dan GPS telah berhasil diterapkan. Algoritme deteksi sudah memiliki sistem deteksi orientasi yang cukup akurat namun masih memiliki sistem deteksi yang belum akurat.

Agar penelitian mengenai sistem deteksi dan orientasi selanjutnya dapat menjadi lebih maksimal, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengembangan fungsi aplikasi perekam data tidak hanya untuk merekam data saja tetapi bisa melakukan visualisasi langsung di dalam aplikasi tersebut. selain itu, penelitian selanjutnya harus dapat mengembangkan algoritme atau persamaan-persamaan pada sistem deteksi posisi untuk mendapatkan hasil yang akurat dan



Gambar 13 Hasil pengujian skenario ponsel bergerak maju kemudian mundur



Gambar 14 Hasil pengujian skenario ponsel bergerak naik tangga dan turun tangga

meningkatkan performa sistem deteksi orientasi dan mereduksi *noise* pada hasil keluarannya.

DAFTAR REFERENSI

- [1] W. Kang, S. Nam, Y. Han, dan S. Lee, "Improved heading estimation for smartphone-based indoor positioning systems," *2012 - IEEE 23rd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - (PIMRC)*, hlm. 2449-2453, Sydney, Sept. 2012.
- [2] U. Shala dan A. Rodriguez, "Indoor Positioning using Sensor-fusion in Android Devices," Tesis, Dept. Computer Science, Kristianstad Univ., Kristianstad, SWE, 2011.
- [3] B. Muset dan S. Emerich, "Distance Measuring using accelerometer and gyroscope sensors," *Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering*, vol. 5, hlm. 83-86, 2012.
- [4] J. Qian, J. Ma, R. Ying, P. Liu, dan L. Pei. "An improved indoor localization method using smartphone inertial sensors," *2013 - International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, hlm. 1-7, Montbeliard-Belfort, Okt. 2013.
- [5] Android Develop Team. "Sensor Overview." Internet: https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview, [17 Mei 2019].
- [6] Z.-A. Deng, Y. Hu, J. Yu, dan Z. Na, "Extended Kalman filter for real time indoor localization by fusing wifi and smartphone inertial sensors," *Micromachines*, vol. 6, no. 4, hlm. 523-543, Apr. 2015.
- [7] W. Kang dan Y. Han, "SmartPDR: smartphone-based pedestrian dead reckoning for indoor localization," *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 5, hlm. 2906-2916, Mei 2015.

- [8] S. M. Delgado dan A. D. Velasco, "Indoor Positioning using the Android Platform," Tesis, Dept. Computer Science & Engineering, Blekinge Inst. of Tech., Karlskrona, SWE, 2014.
- [9] Z. Chen, H. Zou, H. Jiang, Q. Zhu, Y. Soh, dan L. Xie, "Fusion of wifi, smartphone sensors, and landmarks using the Kalman filter for indoor localization," *Sensors*, vol. 15, no. 1, hlm. 715–732, Jan. 2015.
- [10] O. Walter, J. Schmalenstroeer, A. Engler, dan R. Haeb-Umbach, "Smartphone-based sensor fusion for improved vehicular navigation," *2013 - 10th Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC)*, hlm. 1-6, 2013.

Rosa Eunike Ruth Gaghana, kelahiran Manado, Sulawesi Utara tahun 1999 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Harapan Bangsa dengan konsentrasi *Media & Internet Technology* pada Agustus 2019.

Maclaurin Hutagalung, menerima gelar Sarjana Teknik Elektro dari Institut Teknologi Bandung, Magister Sains dari *University of Twente*, Belanda di bidang Sinyal, Sistem, dan Kendali, dan Doktor dari *Tokyo Institute of Technology* di bidang Sistem Kendali Nonlinear. Sejak tahun 2012 aktif sebagai pengajar di program studi Teknik Komputer Institut Teknologi Harapan Bangsa. Minat penelitian pada kestabilan sistem dinamis, estimasi, dan sistem kendali.

Herry Imanta Sitepu, menempuh pendidikan S1 di Teknik Elektro ITB dan lulus tahun 1999, dan memperoleh gelar magister dan doktor di jurusan yang sama di ITB. Sejak tahun 2006 aktif sebagai pengajar di Prodi Teknik Komputer ITHB. Minat penelitian: *computer networking, programming* dan *distributed system*.