

INDOOR LOCALIZATION USING ACCELEROMETER AND GYROSCOPE SMARTPHONE BASED

Anggreini Intan Permata Sari¹, Arkham Zahri Rakhman*²

^{1,2}Teknik Informatika, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia
Email: ¹anggreini.14115006@student.itera.ac.id, ²arkham@if.itera.ac.id

(Naskah masuk: 25 Januari 2021, diterima untuk diterbitkan: 09 Maret 2021)

Abstract

Indoor localization is one of the more accurate technologies to be used to determine indoors or buildings. Pedestrian Dead Reckoning (PDR) is a method of determining the user's position by adding a method that occurs to a known initial position. The displacement that occurs is estimated with the help of an accelerometer sensor attached to the user as a step detector and to determine the direction towards the user using a gyroscope sensor. System testing is carried out in the Institut Teknologi Sumatera's campus environment on the 2nd floor of Building C and D. The results from the detection of steps get an error rate of 1.13% using a threshold of 0.8.

Keywords: *accelerometer sensor, Global Positioning System, Gyroscope sensor, indoor localization, Pedestrian Dead Reckoning*

INDOOR LOCALIZATION MENGGUNAKAN ACCELEROMETER DAN GYROSCOPE BERBASIS SMARTPHONE

Abstrak

*Indoor Localization merupakan salah satu teknologi yang lebih akurat untuk digunakan sebagai menentukan posisi di dalam ruangan atau gedung. Pedestrian Dead Reckoning (PDR) adalah metode penentuan posisi pengguna dengan cara menambahkan perpindahan yang terjadi terhadap posisi awal yang telah diketahui. Perpindahan yang terjadi diestimasi dengan bantuan sensor accelerometer yang ada pada *smartphone* pengguna sebagai pendeteksi langkah dan untuk menentukan arah hadap pengguna menggunakan sensor gyroscope. Pengujian sistem ini dilakukan di lingkungan kampus Institut Teknologi Sumatera di Lantai 2 Gedung C dan D. Hasil yang dihasilkan dari pendeteksian langkah mendapatkan *error rate* sebesar 1.13% dengan menggunakan *threshold* sebesar 0.8.*

Kata kunci: *Global Positioning System, indoor localization, Pedestrian Dead Reckoning (PDR), sensor accelerometer, sensor Gyroscope*

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu *Global Positioning System* (GPS) menjadi teknologi yang sangat berguna bagi kehidupan untuk mencari lokasi suatu objek diatas bumi, cuaca disuatu daerah, navigasi dan lain-lain [1]. Pembangunan bangunan bertingkat yang memiliki banyak ruang tersusun dari puluhan bahkan ratusan ruangan dan koridor sering kali membuat seseorang merasa kesulitan dalam mencari dan menuju sebuah lokasi di dalam sebuah bangunan [2]. Sistem navigasi diketahui dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut. *Global Positioning System* (GPS) mempunyai manfaat yang sangat besar pada sistem navigasi, namun sistem ini memiliki akurasi yang rendah saat pengguna berada di suatu ruangan atau bangunan [3]. Hal ini terjadi karena ketidakmampuan gelombang radio yang

dikirimkan oleh satelit untuk menembus benda padat dan tebal dan berlapis seperti tembok ruangan, gedung bertingkat dan lain sebagainya.

Indoor Localization merupakan teknologi yang memberikan layanan untuk menentukan posisi seseorang atau benda yang berada di dalam ruangan atau gedung [4]. *Indoor Localization* memanfaatkan beberapa teknologi lain, seperti Bluetooth, Radio Frequency Identification (RFID), sinar inframerah, *ultrasound*, dan sinyal Wi-Fi [5]. Pemanfaatan *Base Transceiver Station* (BTS) jaringan telepon seluler dapat digunakan untuk menentukan posisi di dalam ruangan, namun tingkat akurasi yang dihasilkan sangat kecil yakni sekitar 100m hingga 35km [6]. Pemanfaatan sinyal WiFi sebagai *Access Point* sebagai data sinyal untuk menginformasikan posisi pengguna pada suatu gedung terdapat kekurangan

yaitu sinyal Wi-Fi pada suatu gedung tidak tersebar secara merata yang membuat sistem tidak dapat berjalan di beberapa titik yang tidak terjangkau sinyal Wi-Fi dengan baik [7]. Penelitian yang memanfaatkan sinyal Wi-Fi untuk menggantikan GPS di dalam ruangan, memiliki hasil akurasi pendeteksian posisi sebesar 88,953%. Hasil akurasi penelitian ini tergolong rendah dari penelitian *indoor localization* lainnya, dikarenakan sinyal Wi-Fi tidak tersebar merata. Sistem ini terdapat kekurangan yaitu jika sinyal Wi-Fi tidak terdeteksi atau mengalami gangguan maka sistem tidak dapat digunakan [8].

Pada penelitian ini, membangun *Indoor Localization* menggunakan metode *Pedestrian Dead Reckoning* (PDR). *Pedestrian Dead Reckoning* (PDR) adalah metode penentuan posisi pengguna dengan cara menambahkan perpindahan yang terjadi terhadap posisi awal yang telah diketahui. Perpindahan yang terjadi diestimasi dengan bantuan sensor *accelerometer* yang melekat pada pengguna [6]. Perpindahan objek direpresentasikan dengan langkah kaki, sehingga pengenalan langkah dan estimasi panjang langkah menjadi hal yang penting untuk mengetahui besarnya perpindahan yang terjadi. Sensor *accelerometer* dapat memberikan ukuran akselerasi pergerakan pengguna dalam tiga arah (x, y, dan z) yang dapat diproses lebih lanjut untuk mengenali pola langkah pengguna. Diadopsinya sensor *accelerometer* pada ponsel cerdas semakin mendukung pemanfaatan PDR untuk mengetahui pergerakan pengguna. PDR menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* merupakan salah satu alternatif untuk masalah jaringan telepon seluler yang memiliki akurasi yang sangat kecil dan sinyal Wi-Fi yang tidak tersebar merata yang mengakibatkan sistem tidak berjalan di beberapa titik.

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan dalam penelitian ini, diharapkan sistem *Indoor Localization* menggunakan metode PDR dapat memberikan informasi yang akurat dan optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang *Indoor Localization* bukanlah yang pertama kali, sebelumnya ada beberapa penelitian sejenis yang membahas hal ini. Pratama dan Widyawan tahun 2013[6] mengembangkan *Indoor Localization* menggunakan PDR dengan memanfaatkan beberapa sensor yang ada di *smartphone* yaitu *accelerometer* dan *magnetometer*. Pada penelitian yang dilakukan oleh *pratama* mencakup beberapa operasi dasar yakni deteksi orientasi, filtrasi, deteksi langkah, dan estimasi jarak perpindahan. Pada penelitian ini pada proses filtrasi menggunakan proses *High-pass filtering* dan *Low-pass filtering*. *High-pass filtering* berfungsi untuk menghilangkan pengaruh gravitasi, sedangkan *Low-pass filtering* berfungsi meminimalisir *noise* pada sinyal yang berfrekuensi tinggi. Untuk mendeteksi

langkah dengan cara mendeteksi titik puncak dari akselerasi yang telah dibaca. Dengan penetapan ambang batas dinamik, dengan skema *relative-threshold*. Namun pada penelitian ini terdapat kelemahan, yaitu pada sensor *magnetometer* yang sangat sensitif pada medan magnet di lingkungan sekitar yang mengakibatkan kinerja sensor untuk menentukan arah orientasi terganggu.

Penelitian lainnya pernah dilakukan oleh Hui-Huang, dkk tahun 2014 [9]. Pada penelitian tersebut mengembangkan aplikasi *Indoor Localization* yang juga berbasis *smartphone* namun menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Metode *Pedestrian Dead Reckoning* digunakan dalam membangun sistem ini. Poin kalibrasi ditandai di lantai dan di peta pada aplikasi. Pengguna pertama kali menemukan tanda kalibrasi, berdiri di atasnya dan menghadap kearah yang ditentukan. Ketika pengguna mulai bergerak di peta sistem, sistem merekam waktu *real-time* dari panjang langkah dan perubahan orientasi untuk setiap langkah dari sensor. Kompas digital dapat digunakan dalam penentuan arah. Namun, kompas digital tidak cocok digunakan di dalam lingkungan karena mudah terpengaruh oleh medan magnet dari sumber lain. Pada pendeteksi langkah, penelitian ini menggunakan *Zero-crossing* dimana ketika *sign accelerometer* berubah dari positif ke negatif dan kembali lagi ke positif maka pengguna dianggap sedang berjalan[10][11]. Hasil dari pengujian tersebut mendapatkan *error* sebesar 6.9% yang artinya mengalami kesalahan 69 cm dalam 10 m. Hal ini diakibatkan karena pengguna tidak benar-benar memegang *smartphone* di depan tubuh.

Winia, dkk pada tahun 2016 [7]. Pada penelitian tersebut melakukan pengembangan metode *Indoor Positioning System* menggunakan sensor *motion* yaitu *accelerometer* dan *magnetometer* sebagai solusi *real time tracking indoor position* terutama saat penentuan posisi pengguna yang tidak dapat ditentukan dengan cepat karena infrastruktur gedung yang kurang memadai seperti sinyal Wi-Fi pada gedung yang tidak tersebar secara merata. Secara umum alur kerja sistem yang digunakan yaitu sistem menampilkan posisi awal pengguna pada peta, setelah itu sistem akan mendeteksi pergerakan menggunakan menggunakan sensor dan sensor akan terus mengumpulkan data selama aplikasi masih berjalan[12]. Jika terjadi perubahan nilai pada data sensor, maka aplikasi akan melakukan *update* posisi pengguna. Pada penelitian ini menggunakan pendeteksian arah dan langkah pengguna, metode ini digunakan dengan cara menghitung nilai signifikansi dari nilai perubahan sensor. Sistem ini menganggap segala pergerakan adalah ke depan. Pengujian pada sistem menghasilkan rata-rata persentase akurasi untuk pendeteksian langkah dan arah terhadap pengguna adalah sebesar 94.8% dan 94.48%. Pada penelitian ini hanya mengandalkan metode deteksi langkah dan

arah hadap tanpa memperhitungkan panjang langkah yang mengakibatkan kesalahan pada langkah menjadi besar.

Penelitian ini menggunakan metode *Pedestrian Dead Reckoning* dalam sistem *Indoor Localization*. Penelitian ini mengadopsi sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang tertanam pada *smartphone*. *Pedestrian Dead Reckoning* dipilih dalam penelitian ini karena dapat melakukan akumulasi estimasi perpindahan dengan hanya mengandalkan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang tertanam pada *smartphone*. *Pedestrian Dead Reckoning* memiliki tiga tahapan yaitu deteksi langkah, estimasi panjang langkah, dan penentuan arah hadap. *Adaptive threshold* digunakan pada penelitian ini karena memungkinkan akurasi pada deteksi langkah lebih besar pada kecepatan berjalan yang berbeda-beda. Penelitian ini menggunakan metode deteksi titik puncak percepatan vertikal untuk mendeteksi terjadinya sebuah langkah, percepatan vertikal dihasilkan oleh dampak ketika kaki menyentuh tanah. Pendekatan *Scarlett* digunakan karena mampu mengestimasi panjang langkah lebih baik daripada pendekatan yang lainnya[12][13]. Sensor *gyroscope* digunakan untuk menentukan arah hadap pengguna. Untuk menentukan posisi awal pengguna, penelitian ini memanfaatkan teknologi *QR code*. *QR code* adalah visual *landmark* yang sangat menjanjikan karena respon dari *QR code* sangat cepat dan mudah.

2.1. Pedestrian Dead Reckoning (PDR)

PDR adalah sebuah metode penentuan posisi pengguna dengan cara menambahkan perpindahan yang terjadi terhadap posisi awal pengguna yang telah diketahui. Perpindahan yang terjadi diestimasi dengan bantuan sensor *accelerometer* yang melekat pada ponsel yang dibawa pengguna [14][15]. Perpindahan objek atau perpindahan pengguna direpresentasikan dengan sebuah langkah kaki, sehingga mengetahui terjadinya sebuah langkah dan estimasi panjang langkah menjadi poin yang sangat penting untuk mengetahui besarnya perpindahan yang terjadi.

Prosedur PDR dapat ditunjukkan oleh gambar 1 dan diuraikan sebagai berikut :

1. Step Detection

Pembacaan data dari sensor *accelerometer* untuk mendeteksi terjadinya sebuah langkah pejalan kaki.

2. Step Length Estimation

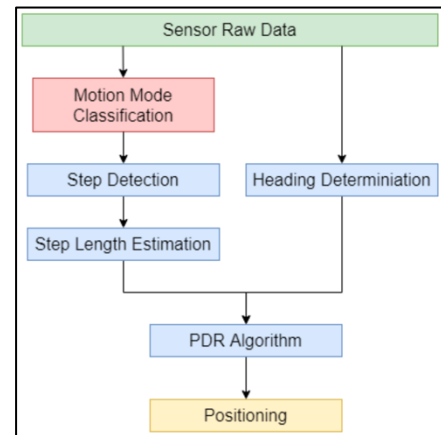
Melakukan estimasi panjang langkah dengan menggunakan pendekatan *Scarlett* untuk mengetahui besaran perpindahan yang terjadi.

3. Heading Determination

Memperkirakan arah pengguna dengan menggunakan sensor *gyroscope*.

4. Positioning

Menampilkan pembaruan perpindahan posisi pengguna dari posisi awal.



Gambar 1. Algoritma *Pedestrian Dead Reckoning*

2.2. Step Detection

Sensor *accelerometer* digunakan untuk mengukur nilai percepatan dalam Sumbu X, Y, dan Z. Pada pendeteksian langkah, data yang dihasilkan dari sensor *accelerometer* diubah menjadi nilai *magnitude* (jumlah vektor) percepatannya. *Magnitude* dirumuskan seperti persamaan (1) :

$$\text{Magnitude} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

Pada saat kaki berada pada *fase stance*, percepatan kaki bernilai nol ($a_f(t) = 0$), dimana a_f adalah nilai *magnitude*. Beberapa metode dapat digunakan untuk menganalisis data akselerasi misalnya deteksi puncak (*peak detection*) dan deteksi perlintasan titik nol (*zero crossing*).

2.3. Step Length Estimation

Metode statik mengasumsikan bahwa setiap langkah yang dilakukan oleh seseorang memiliki panjang yang sama, yang dapat ditentukan melalui persamaan (2) [6] :

$$\text{Stepsize} = \text{height} \times k \quad (2)$$

2.4. Heading Determination

Ini merupakan contoh sub-bab kedua. Isinya dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Penentuan arah menggunakan Sensor *Gyroscope*. Sensor *gyroscope* adalah sensor yang dapat mengukur perubahan kecepatan sudut suatu perangkat. Dengan kata lain sensor dapat mengukur berapa derajat *smartphone* diputar sepanjang Sumbu X, Sumbu Y, dan Sumbu Z. Parameter yang dihasilkan oleh sensor dikonversi dari radian ke derajat agar dapat dengan mudah dipahami oleh pengguna.

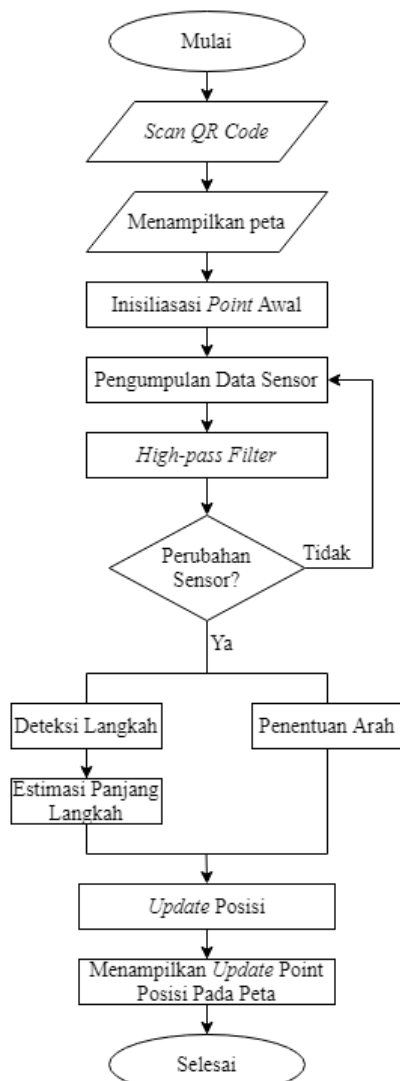
3. METODE PENELITIAN

Sistem *Indoor Localization* yang dibangun pada penelitian ini merupakan sistem yang dapat memberikan informasi pergerakan pengguna dan

posisi pengguna di dalam gedung C dan D lantai 2 Institut Teknologi Sumatera (ITERA), gedung ini dipilih sebagai contoh gambaran gedung pada umumnya. Sistem ini menggunakan sensor tertanam pada *smartphone* yaitu sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Data yang diambil dari sensor *accelerometer* merupakan data akselerasi yang terjadi pada pergerakan *smartphone* akibat langkah kaki. Data akselerasi dari sensor *accelerometer* yang dikumpulkan akan melalui proses filtrasi menggunakan metode *high-pass filtering*. Setelah data melalui proses filtrasi, data dari sensor *accelerometer* dan *gyroscope* memasuki proses metode (PDR). Untuk menentukan posisi awal, pengguna harus melakukan scan QR Code yang telah disediakan di dalam gedung. Hasil akhir dari sistem ini adalah menampilkan pergerakan pengguna dan posisi pengguna.

3.1. Diagram Alir Keseluruhan Sistem

Diagram alir keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.

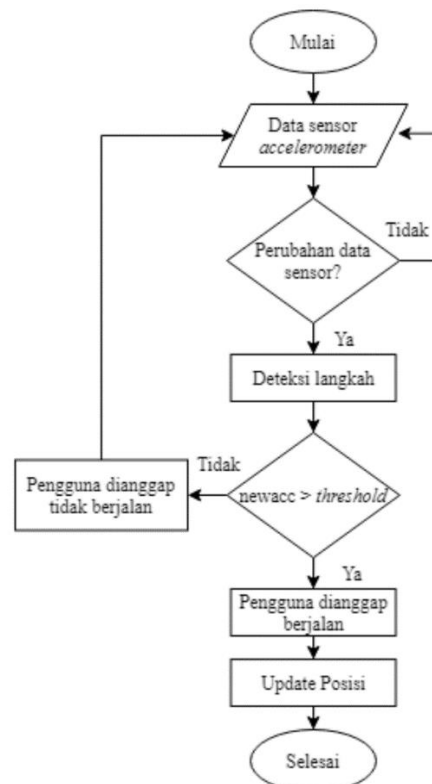


Gambar 2. Diagram Alir Keseluruhan Sistem

Sistem *Indoor Localization* yang dibangun mengadopsi sensor yang tertanam pada *smartphone*. Sistem akan memberikan arahan kepada pengguna untuk melakukan scanning QR Code terdekat, hal ini dilakukan untuk mengetahui posisi awal pengguna. Setelah melakukan *scanning*, sistem akan menginisialisasikan titik *point* dan menampilkan kedalaman peta. Sistem akan mengumpulkan data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dari *smartphone*. Setelah mengumpulkan data sensor sistem akan melakukan *preprocessing* data. Apabila sistem merekam data sensor dan mengalami perubahan data yang tinggi maka sistem akan melakukan pendeteksian langkah, estimasi panjang langkah dan penentuan langkah. Setelah itu, sistem akan memperbaharui posisi pengguna dan menampilkan titik *point* ke peta.

3.2. Diagram Alir Deteksi Langkah

Diagram alir deteksi langkah dapat dilihat pada Gambar 3.



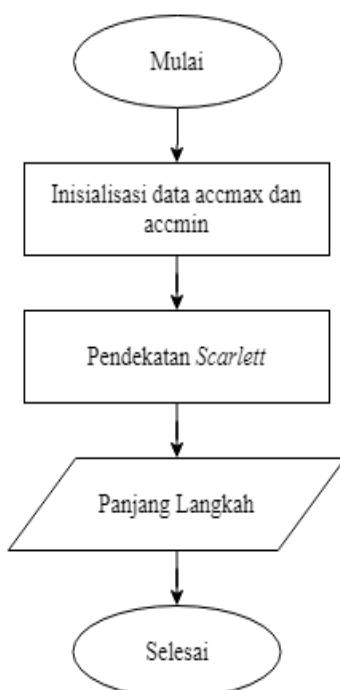
Gambar 3. Diagram Alir Deteksi Langkah

Pada proses deteksi langkah, data accelerometer yang telah melewati proses filtering akan diproses kembali ke dalam sistem. Apabila sensor mengalami perubahan, sistem akan melakukan proses pengecekan kemungkinan terjadinya sebuah langkah. Jika data magnitude pada sensor accelerometer lebih besar dari threshold maka pengguna dianggap berjalan. Sebaliknya, jika data magnitude pada sensor accelerometer tidak lebih

besar dari threshold, maka pengguna tidak dianggap sedang berjalan.

3.3. Diagram Alir Estimasi Panjang Langkah

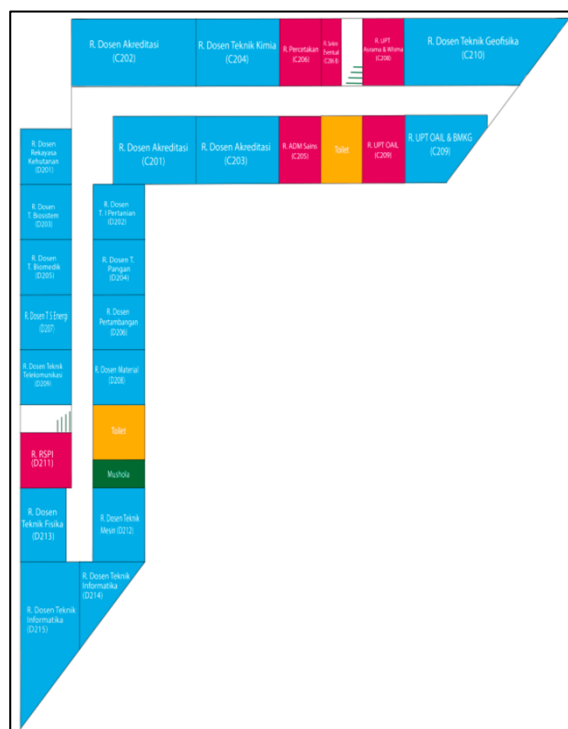
Pada proses pendekteksian panjang langkah, pertama yang dilakukan adalah menginisialisasi data *accelerometer* yang telah difiltrasi. Data tersebut terdiri dari data *accelerometer* maksimum dan minimum. Langkah selanjutnya sistem akan melakukan proses perhitungan dengan pendekatan *scarlett*. Hasil dari perhitungan adalah estimasi panjang langkah yang dilakukan oleh pengguna. Diagram alir estimasi panjang langkah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Kerja Sistem Estimasi Panjang Langkah

Sensor *gyroscope* digunakan pada saat proses penentuan arah. Pada proses ini hanya membutuhkan sumbu z pada sensor *gyroscope* karena posisi *smartphone* berada di depan tubuh pengguna dan mengayunkan *smartphone* sesuai arah mata angin. Sistem akan menginisialisasi data sumbu z, bias, dan sensitif dari sensor *gyroscope*. Sistem akan menghapus bias *gyroscope*, karena semakin rendah bias yang dihasilkan maka semakin kecil kesalahan saat mengintegrasikan output dari data *gyroscope*. Sudut diperoleh dengan mengintegrasikan kecepatan sudut dengan waktu. Hasil dari proses ini adalah angka dengan satuan derajat dan arah mata angin. Diagram alir estimasi penentuan arah dapat dilihat pada Gambar 4.

Peta yang digunakan pada sistem ini adalah peta lantai 2 Gedung C dan Gedung D Institut Teknologi Sumatera. Peta digambar dengan skala 1:275. Pada Gambar 5 memperlihatkan rancangan peta yang akan digunakan.



Gambar 5. Peta Gedung C dan D ITERA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat merancang dan mengimplementasikan sistem *Indoor Localization*, digunakan beberapa perangkat pendukung. Sistem yang dibuat menggunakan perangkat keras laptop/PC dan *smartphone* sebagai alat pengujian. Perangkat lunak utama yang digunakan sebagai text editor adalah *Android Studio*. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan pada tahap pengembangan sistem dapat dilihat pada tabel 1.

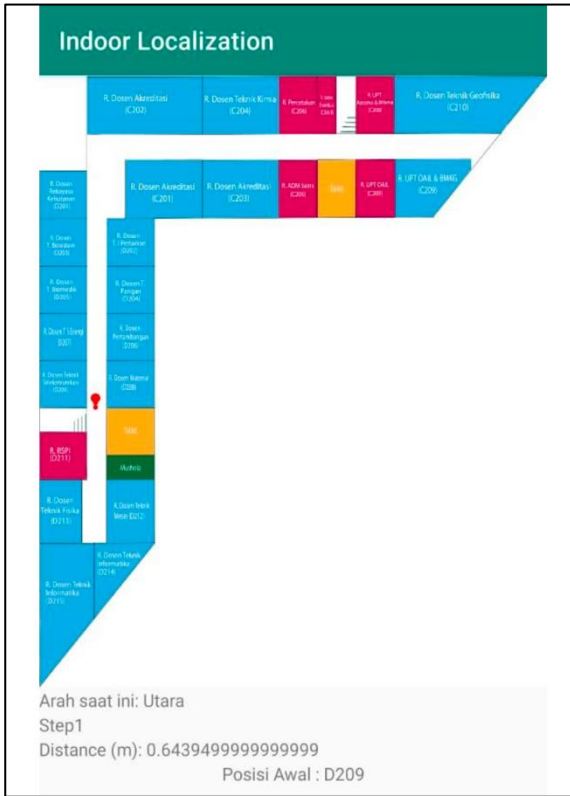
Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras	Spesifikasi	
PC / Laptop	Processor	Intel 8 Core™ i5-7200 CPU @ 2.71GHz
PC / Laptop	RAM	8GB
Smartphone	Versi Android	10 (Android X)
Smartphone	RAM	4GB

4.1. Tampilan Antarmuka

Halaman posisi pengguna dapat memberikan informasi posisi awal pengguna, dapat melihat pergerakan pengguna, melihat jumlah langkah, melihat arah, dan melihat jumlah jarak yang ditempuh. Pada halaman ini juga menampilkan informasi peta Lantai 2 Gedung C dan Gedung D Institut Teknologi Sumatera. Pada Gambar 5 dengan memanfaatkan *method —onDraw()* dapat menggambar sebuah lingkaran yang diinisialisasi sebagai pengguna dan dapat menempatkan gambar peta Lantai 2 Gedung C dan D Institut Teknologi Sumatera sebagai *background canvas*. Titik ini nantinya akan bergerak jika sistem mendeksi terjadinya sebuah pergerakan atau terdeksinya

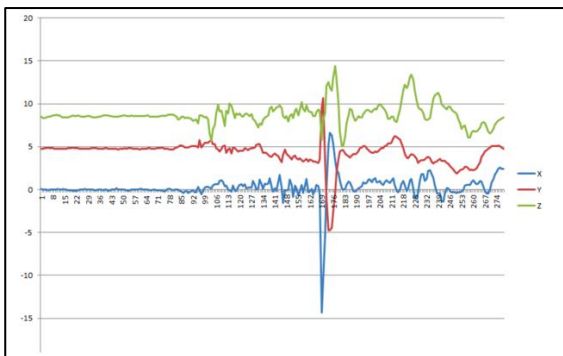
sebuah langkah. Gambar 6 adalah potongan kode untuk menggambar sebuah titik lingkaran di canvas yang diinisialisasikan sebagai pengguna. Fungsi dari *drawcircle* adalah untuk menggambar sebuah lingkaran yang berwarna merah dan memiliki radius sebesar 10 px dengan posisi koordinat x dan y.



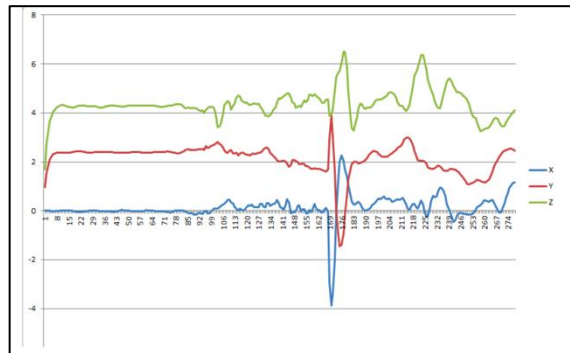
Gambar 6. Tampilan Antar Muka

4.2. Hasil Filtrasi Data Sensor Accelerometer

Pada tahap implementasi pendekteksian langkah terdapat tahap melakukan filtering data dengan menggunakan metode *high-pass filtering*. Data yang digunakan pada tahap filtrasi adalah data yang dihasilkan dari sensor *accelerometer*. *High-pass filtering* berfungsi menghilangkan gaya gravitasi yang dihasilkan dari sensor *accelerometer*. Gambar 7 adalah data dari sensor *accelerometer* yang belum di filtrasi. Gambar 8 adalah data dari sensor *accelerometer* yang sudah di filtrasi dengan metode *high-pass filtering*.



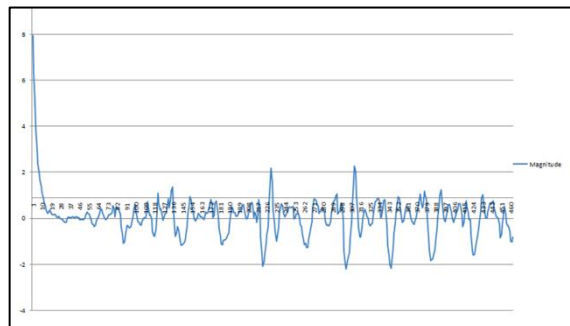
Gambar 7. Accelometer Tanpa Filtrasi



Gambar 8. Accelometer dengan Filtrasi

4.3. Hasil Filtrasi Data Magnitude Sensor Accelerometer

Pada tahap pendekteksian langkah, data yang digunakan adalah data *magnitude* dari sensor *accelerometer* yang sudah melewati tahap filtrasi. Data *magnitude* dari sensor *accelerometer* yang melebihi *threshold* maka pengguna akan dianggap. Gambar 9 merupakan data *magnitude* yang melebihi *threshold*.



Gambar 9. Magnitude saat berjalan

4.4. Pengujian Fungsional Sensor

Pengujian fungsionalitas merupakan pengujian yang dilakukan terhadap jalannya fungsi - fungsi pada sistem yang telah dibuat. Metode yang digunakan adalah metode *blackbox*. Melakukan pengujian sensor sangat penting dilakukan karena untuk mengetahui ketersediaan sensor pada *smartphone* dan mengetahui fungsi dari sensor yang akan digunakan pada sistem. Pada Tabel 2 menjelaskan tentang detail pengujian dari sensor yang digunakan yaitu sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*.

Pada Tabel 3. menjelaskan tentang hasil dari pengujian sensor. Sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope* mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Sistem dapat mengakses sensor dan membaca data yang dihasilkan dari masing-masing sensor. Sensor *accelerometer* dapat digunakan untuk melakukan pendeteksiian langkah dan estimasi panjang langkah, sedangkan sensor *gyroscope* dapat digunakan untuk melakukan penentuan arah pengguna.

Tabel 2. Detail Pengujian Sensor

No	Item	Detail Pengujian
1	Sensor <i>Accelerometer</i>	Pengujian dilakukan untuk mengetahui ketersediaan sensor <i>accelerometer</i> dan mengetahui cara mengakses sensor. Data <i>Accelerometer</i> akan digunakan untuk mendeteksi sebuah langkah dan estimasi panjang langkah.
2	Sensor <i>Gyroscope</i>	Pengujian dilakukan untuk mengetahui ketersediaan sensor <i>gyroscope</i> dan mengetahui cara mengakses sensor. Data <i>gyroscope</i> akan digunakan untuk melakukan penentuan arah pengguna

Tabel 3. Detail Pengujian Sensor

Item	Hasil yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Sensor <i>Accelerometer</i>	Berhasil mengakses sensor, sistem dapat membaca data yang dihasilkan dari sensor <i>accelerometer</i> , dan dapat menampilkan data ke layar <i>smartphone</i>	Sistem berhasil mengakses sensor, sistem dapat membaca data yang dihasilkan dari sensor <i>accelerometer</i> , dan dapat menampilkan data ke layar <i>smartphone</i> .	Sesuai Harapan
Sensor <i>Gyroscope</i>	Berhasil mengakses sensor, sistem dapat membaca data yang dihasilkan dari sensor <i>gyroscope</i> , dan dapat menampilkan data ke layar <i>smartphone</i>	Sistem berhasil mengakses sensor, sistem dapat membaca data yang dihasilkan dari sensor <i>gyroscope</i> , dan dapat menampilkan data ke layar <i>smartphone</i>	Sesuai Harapan

Berdasarkan detail pengujian sensor yang telah ditunjukkan oleh tabel 3, memberikan hasil yang sesuai harapan, yaitu sistem telah berhasil mengakses sensor yang diberikan dan dapat menampilkan ke layar *smartphone*.

4.5. Pengujian Akurasi Deteksi Langkah

Pengujian akurasi deteksi langkah pada tabel 4, pengujian dilakukan dengan cara tester melakukan step 50 langkah dan di lakukan sebanyak 30 kali dengan *threshold* 0.84, 0.85, dan 0.86 . *Threshold* dipilih dengan menerapkan metode empiris untuk mencari *threshold*. Tabel 4.10 adalah tabel yang berisi jumlah langkah yang terdeteksi dengan menggunakan *threshold* sebesar 0.84. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa 11 dari 30 pengujian mendapatkan hasil yang tidak tepat. Data menunjukkan bahwa *error rate* deteksi langkah menggunakan *threshold* 0.84 adalah sebesar 1.13%. Secara persentase, tingkat akurasi untuk pendeteksian langkah adalah sebesar 98.87%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Deteksi Langkah Threshold 0.84

No	Jumlah Langkah	Error Rate (%)
1	46	8
2	51	2
3	53	6
4	50	0
5	50	0
6	49	2
7	48	4
8	50	0
9	50	0
10	50	0
11	50	0
12	50	0
13	49	2
14	50	0
15	50	0
16	49	2
17	49	2
18	50	0
19	50	0
20	49	2
21	50	0
22	50	0
23	50	0
24	50	0
25	50	0
26	49	2
27	49	2
28	50	0
29	50	0
30	50	0
Rata-Rata	49.7	1.13

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian *indoor localization* menggunakan sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope* berbasis *smartphone* yang telah dilakukan dan hasil pengujian yang telah diuraikan, menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu : Metode Pedestrian Dead Reckoning (PDR) dapat diimplementasikan pada sistem Indoor *Localization* berbasis *smartphone*. Metode ini juga dapat memberikan informasi pergerakan pengguna (diinisialisasikan dengan titik merah) dan posisi pengguna di dalam ruangan atau di dalam gedung. Menggunakan QR code sebagai penentuan posisi awal pengguna dalam *indoor localization* memiliki beberapa keuntungan yaitu sangat mudah digunakan, dapat meminimalisir kesalahan pemindaian posisi, dan meminimalisir kesalahan koordinat posisi awal pengguna. *Threshold* yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.84 dengan tingkat akurasi pendeteksian langkah sebesar 98.87%.

Penelitian lanjutan akan berfokus pada peningkatan akurasi deteksi posisi awal menggunakan *BLE Beacon*, dan pendeteksian *indoor localization* untuk gedung bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Adams and E. Cohen, Understanding GPS: principles and applications. 2018.
 [2] A. F. . Alifa Ridho, Hari Ginardi R.V, "Sistem Navigasi Indoor Menggunakan Sinyal Wi-fi dan Kompas Digital Berbasis

- Integrasi dengan Smartphone untuk Studi Kasus pada Gedung Bertingkat,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 2–6, 2016.
- [3] H. Fredrick, “Why Doesn’t GPS Work Inside a Building? It Still Works.” [Online]. Available: <https://itstillworks.com/doesnt-gps-work-inside-building-18659.html>. [Accessed: 19-Dec-2019].
- [4] A. Aryasena, R. V. H. Ginardi, and F. Baskoro, “Perancangan Indoor Localization Menggunakan Bluetooth Untuk Pelacakan Posisi Benda di Dalam Ruangan,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 326–330, 2016.
- [5] N. Y. Arrifa, R. V. Ginardi, and A. M. Shiddiqi, “Implementasi Indoor Localization Menggunakan Sinyal Wi-Fi dan Decision Tree untuk Pelacakan Keberadaan Seseorang di Kampus Teknik Informatika ITS,” *J. Tek. POMITS*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2013.
- [6] A. R. Pratama, “Pedestrian Dead Reckoning pada Ponsel Cerdas sebagai Sistem Penentuan Posisi dalam Ruangan,” *JNTEI J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf. UGM*, vol. 2, no. 3, pp. 20–25, 2013.
- [7] D. W. Mahandhira, H. Ginardi, and D. A. Navastara, “Penggunaan Accelerometer dan Magnetometer pada Sistem Real Time Tracking Indoor Position untuk Studi Kasus Pada Gedung Teknik Informatika ITS,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [8] A. R. Musthafa, R. V. H. Ginardi, and A. Arunanto, “Sistem Navigasi Indoor Menggunakan Sinyal Wi-Fi dan Kompas Digital Berbasis Integrasi dengan Smartphone untuk Studi Kasus pada Gedung Bertingkat,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [9] H. H. Hsu, W. J. Peng, T. K. Shih, T. W. Pai, and K. L. Man, “Smartphone Indoor Localization with Accelerometer and Gyroscope,” *Proc. 2014 Int. Conf. Network-Based Inf. Syst. NBIS 2014*, pp. 465–469, 2014.
- [10] P. Pombinho, A. Afonso, and M. Carmo, “Indoor Positioning Using a Mobile Phone with an Integrated Accelerometer and Digital Compass,” *INForum*, no. May 2014, pp. 443–446, 2010.
- [11] F. Gu, K. Khoshelham, J. Shang, and F. Yu, “Sensory landmarks for indoor localization,” *4th Int. Conf. Ubiquitous Positioning, Indoor Navig. Locat. Serv. - Proc. IEEE UPINLBS 2016*, pp. 201–206, 2016.
- [12] Stefan Steiniger, Moritz Neun, and Alistair Edwards, “Foundations of Location Based Services,” *Lecture Notes on LBS*, pp. 1–28, 2006.
- [13] J. W. Kim, H. J. Jang, D.-H. Hwang, and C. Park, “A Step, Stride and Heading Determination for the Pedestrian Navigation System,” *J. Glob. Position. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 273–279, 2004.
- [14] S. Technology, A. Mathur, and C. Science, “Indoor Positioning using MEMS Sensor,” 2017.
- [15] J. Scarlett, “Enhancing the Performance of Pedometers Using a Single Accelerometer,” *Analog Device*, pp. 1–16, 2007.