

Wearable System untuk Mendeteksi Aktivitas Fisik menggunakan Nilai Ambang Batas Akselerasi

(Wearable System for Detecting Physical Activity using Acceleration Threshold)

Made Liandana^{[1]*}

^[1]Fakultas Informatika dan Komputer
Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Denpasar, Indonesia
E-mail: liandana@stikom-bali.ac.id

KEYWORDS:

Wearable device, Threshold, Walking, Sitting, Laying

ABSTRACT

Wearable devices can be used to detect activities. The size of the wearable device is relatively small and easy to wear on clothing so it does not complicate the movement of its users. In this study wearable devices or wearable systems were developed using a three-axis accelerometer sensor. The detected activities are walking, sitting and lying down. The technique used to detect activity is to use a threshold value. For walking activities use the y axis acceleration whose value has been reduced from the influence of gravity. The threshold value for the current activity consists of two, namely: the lower threshold value and the upper threshold value, the lower threshold value is between -1 to -2 and for the upper threshold value ranges from 1 to 2. The sitting and lying activity uses the value acceleration on the x, y, and z axes. For sitting activity the x-axis threshold value is between -0.5 to 0.5, the y-axis value is between 9 and 10, and the z-axis value is -0.5 to 0.5. The threshold value of lying activities on the x-axis is between -0.5 and 0.5, the y-axis is between -0.5 and 0.5, while the z-axis is between 9 and 10. The test results on wearable devices used to detect walking, sitting and lying activities show, the percentage of results of running activities by 60%, for testing sitting activity by 65, while for lying down activity by 60%, each test is carried out 20 times.

KATA KUNCI:

Wearable system, Ambang batas, jalan, Duduk, Berbaring.

ABSTRAK

Wearable device dapat digunakan untuk melakukan deteksi aktivitas. Ukuran wearable device yang relatif kecil dan mudah dikenakan pada pakaian sehingga tidak menyulitkan pergerakan dari penggunaannya. Pada penelitian ini telah dikembangkan wearable device atau wearable system yang menggunakan sensor accelerometer dengan tiga sumbu. Aktivitas yang dideteksi yaitu berjalan, duduk, dan berbaring. Teknik yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas adalah dengan menggunakan nilai ambang batas. Untuk aktivitas berjalan menggunakan akselerasi sumbu y yang nilainya telah direduksi dari pengaruh gravitasi. Nilai ambang batas untuk aktivitas berjalan terdiri dari dua, yaitu: nilai ambang batas bawah dan nilai ambang batas atas, ambang batas bawah nilainya antara -1 hingga -2 dan untuk ambang batas atas nilainya berkisar dari 1 hingga 2. Aktivitas duduk dan berbaring menggunakan nilai akselerasi pada sumbu x, y, dan z. Untuk aktivitas duduk nilai ambang batas sumbu x antara -0.5 hingga 0.5, nilai sumbu y antara 9 hingga 10, dan nilai sumbu z antara -0.5 hingga 0.5. Nilai ambang batas untuk aktivitas berbaring pada sumbu x antara -0.5 hingga 0.5, nilai sumbu y antara -0.5 hingga 0.5, sedangkan sumbu z antara 9 hingga 10. Hasil pengujian pada wearable device yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas berjalan, duduk, dan berbaring menunjukkan, presentase hasil aktivitas berjalan sebesar 60%, untuk pengujian aktivitas duduk sebesar 65, sedangkan untuk aktivitas berbaring sebesar 60 %, masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 20 kali.

I. PENDAHULUAN

Wearable device atau *wearable system* merupakan perangkat elektronik yang memiliki ukuran kecil sehingga mudah dikenakan pada bagian tubuh tanpa mengganggu pergerakan penggunanya [1][2].

Penetrasi *smartphone* yang mengalami titik jenuh, sehingga *wearable device* menjadi trend baru dalam teknologi *mobile* [3], pengguna *wearable device* diperkirakan mencapai 929 juta pada 2021 [4]. *Wearable system* telah berkembang menjadi teknologi yang mampu membantu manusia menjadi

lebih mudah, lebih aman, lebih sehat, dan lebih nyaman [5]. *Wearable system* dapat diterapkan untuk berbagai aplikasi, seperti pendidikan [5], kesehatan [6], olahraga [7], pertanian [8], transportasi [9], hingga *fashion* [10]. *Smart watch, wrist band, smart glass, smart jewellery, electronic garment, skin patch* adalah beberapa contoh dari *wearable device* [3].

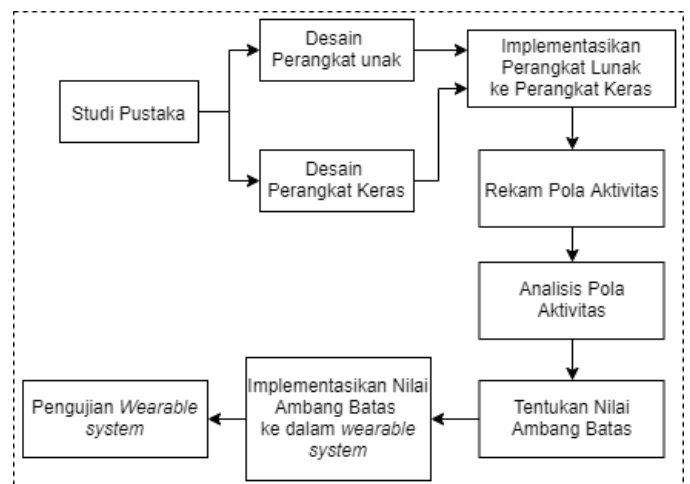
Penerapan *wearable system* untuk berbagai bidang tentunya tidak terlepas dari penggunaan sensor, perangkat komunikasi, dan perangkat untuk pemrosesan. Sensor berfungsi untuk melakukan sensing terhadap lingkungan dari *wearable device*. Data hasil pembacaan sensor dapat diproses secara langsung pada *wearable device* oleh bagian pemroses, atau dikirim ke bagian pemrosesan akhir melalui perangkat komunikasi. Sensor yang dapat diterapkan dalam *wearable device* seperti: *accelerometer* [11][6], *gyroscope* [6] [12], dan kamera [9]. *Wearable device* yang dikenakan diharapkan tidak mengganggu pergerakan dari penggunaannya oleh karena itu komunikasi nirkabel mutlak diperlukan, ada beragam teknologi komunikasi yang dapat diterapkan pada *wearable device*, seperti: Bluetooth [1], WiFi [13], ZigBee [14], dan LoRa [15]. Dalam hal pemrosesan data, *wearable device* dapat menggunakan mikrokontroler [16] atau mikrokomputer[17] sebagai unit utama pemrosesannya.

Data dari sensor yang dihasilkan oleh *wearable device* dapat dimanfaatkan untuk berbagai bidang tergantung dari ragam sensor dan teknik pengolahan data yang digunakan. Salah satu pemanfaatan data sensor *wearable device* yang banyak mendapat perhatian dari peneliti adalah untuk melakukan deteksi aktivitas [16][18][19][20][21][22]. Contoh aktivitas yang dapat dideteksi seperti: berjalan, duduk, dan terjadinya jatuh [23][24][25]. Untuk mendeteksi aktivitas, *wearable device* dapat menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* [26][27]. Pada penelitian ini menggunakan sensor *accelerometer*, untuk pemrosesan data awal menggunakan mikrokontroler, sarana komunikasi menggunakan teknologi LoRa, dan pemrosesan akhir dilakukan dengan menggunakan komputer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan *wearable system* yang dapat digunakan untuk mendeteksi aktivitas fisik, seperti berjalan, duduk, dan berbaring. *Wearable device* ini dikembangkan dengan memanfaatkan nilai ambang

batas akselerasi yang telah dihasilkan dari hasil percobaan dibandingkan dengan nilai akselerasi terkini yang diakibatkan oleh aktivitas fisik.

II. METODOLOGI

Alur dari pengembangan *wearable device* pada penelitian ini ditunjukkan seperti Gbr 1. Hal yang pertama dilakukan adalah melakukan kajian terhadap sejumlah pustaka yang terkait dengan *wearable device*. Setelah didapatkan gambaran mengenai *wearable system* yang dikembangkan, langkah berikutnya adalah mendesain perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan.



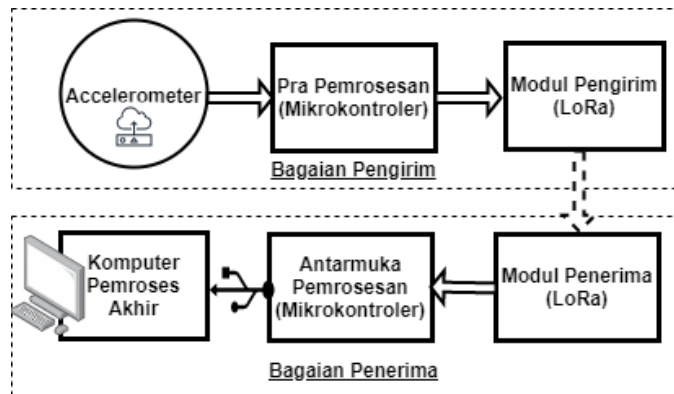
Gbr. 1 Alur Pengembangan *Wearable System*

Perangkat lunak yang sudah dirancang selanjutnya diimplementasikan ke dalam perangkat keras sehingga dihasilkan purwarupa dari *wearable system*. Agar *wearable system* dapat digunakan untuk mendeteksi aktivitas, seperti aktivitas berjalan, duduk, dan berbaring, pola dari aktivitas tersebut perlu direkam sehingga akan diperoleh nilai akselerasi sensor *accelerometer* yang sesuai dengan aktivitas yang direkam. Nilai pola yang sudah direkam selanjutnya akan dianalisis, hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan nilai ambang batas untuk setiap aktivitas. Ambang batas diimplementasikan ke dalam *wearable system* kemudian proses terakhir adalah melakukan pengujian terhadap purwarupa *wearable system*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Arsitektur Wearable System

Arsitektur *wearable system* ditunjukkan pada Gbr. 2. *Wearable system* yang telah dirancang terdiri dari bagian pengirim dan penerima data. Bagian pengirim merupakan *wearable device* yang dikenakan pada pakaian pengguna, seperti ditunjukkan pada Gbr. 3. Sedangkan untuk bagian penerima dihubungkan ke komputer pemroses akhir.



Gbr. 2 Arsitektur *Wearable System*

Bagian pengirim terdiri dari sensor *accelerometer* ADXL345, unit pra pemrosesan berupa mikrokontroler ATmega328, dan modul komunikasi LoRa dengan tipe SX1278. Bagian penerima terdiri dari tiga bagian penting, yaitu: Modul LoRa SX1278, antarmuka pemrosesan berupa mikrokontroler ATmega328, dan komputer pemroses akhir.

Pada bagian Pengirim akselerasi yang dideteksi oleh sensor *accelerometer* akan dibaca oleh unit Pra Pemrosesan, selanjutnya nilai akselerasi tersebut diteruskan ke modul Pengirim (LoRa) untuk ditransmisikan ke Bagian Penerima. Akselerasi yang telah ditransmisikan oleh bagian Pengirim akan diterima oleh modul Penerima (LoRa) dan diteruskan ke unit Antarmuka Pemrosesan. Unit Antarmuka Pemrosesan akan mengirim data akselerasi tersebut ke komputer Pemroses Akhir menggunakan komunikasi serial.

Wearable device yang dikenakan oleh pengguna seperti ditunjukkan pada Gbr. 3 memiliki sensor *accelerometer* dengan tiga sumbu (x, y, z). *Wearable device* tersebut dikenakan disekitar dada sebelah kanan. Sumbu x diposisikan secara horisontal, sumbu y diposisikan secara vertikal, dan sumbu z mengarah ke depan.



Gbr. 3 Pemasangan *wearable device*

B. Filtrasi Derau

Akselerasi dari sensor *accelerometer* dipengaruhi oleh percepatan gravitasi. Setiap sumbu yang menghadap ke bumi akan dikenakan percepatan gravitasi sebesar 9.81 m/s^2 . Pada penelitian ini, nilai akselerasi tanpa ada pengaruh gravitasi digunakan untuk mendeteksi aktivitas berjalan, terutama nilai yang dihasilkan oleh sumbu y sensor *accelerometer*. Untuk menghilangkan pengaruh gravitasi bumi maka dilakukan proses filter, proses tersebut menggunakan persamaan [28].

$$acc_HPavg = acc_new * 0.1 + acc_HPavg * 0.9 \quad (1)$$

$$acc_HPFilter = acc_new - acc_HPavg \quad (2)$$

C. Alur Deteksi Aktivitas

Alur deteksi aktivitas ditunjukkan seperti pada Gbr. 4, proses ini dilakukan di bagian komputer penerima. Data akselerasi yang telah dikirim oleh modul pengirim data ke modul penerima data diteruskan ke komputer menggunakan komunikasi serial. Data komunikasi serial tersebut dibaca dalam bentuk sumbu x, y, dan z. Selanjutnya untuk proses deteksi aktivitas berjalan hanya menggunakan sumbu y, karena aktivitas berjalan yang dideteksi hanya arah maju [29]. Nilai akselerasi sumbu y sebagai akibat dari aktivitas difilter untuk menghilangkan pengaruh gravitasi, filter hanya dilakukan pada proses deteksi aktivitas berjalan.

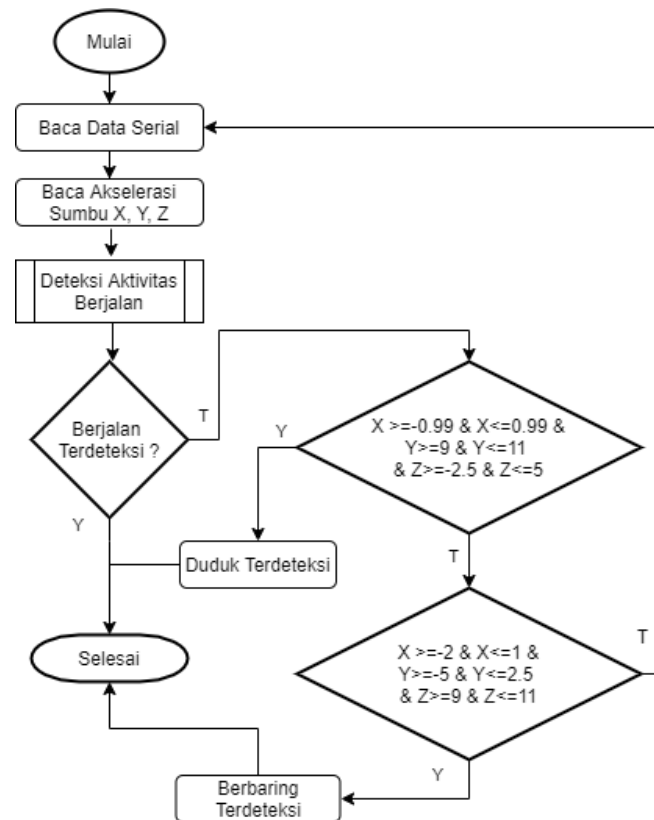
Alur deteksi aktivitas masih menggunakan nilai ambang batas. Penentuan nilai ambang batas dilakukan dengan melakukan percobaan secara

berulang-ulang untuk aktivitas berjalan, duduk, dan berbaring. Untuk aktivitas berjalan hanya menggunakan sumbu y yang nilai akselerasinya telah difilter dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Nilai ambang batas untuk aktivitas berjalan terdiri dari dua yaitu batas bawah dan batas atas, untuk batas bawah nilai minimalnya sebesar -2 dan maksimalnya -1, untuk batas atas nilai minimalnya sebesar 1 dan maksimalnya sebesar 2. Sedangkan untuk aktivitas duduk dan berbaring menggunakan nilai akselerasi untuk ketiga sumbu (x, y, dan z). Nilai ambang batas untuk mendeteksi aktivitas duduk dan berbaring ditunjukkan pada Tabel I.

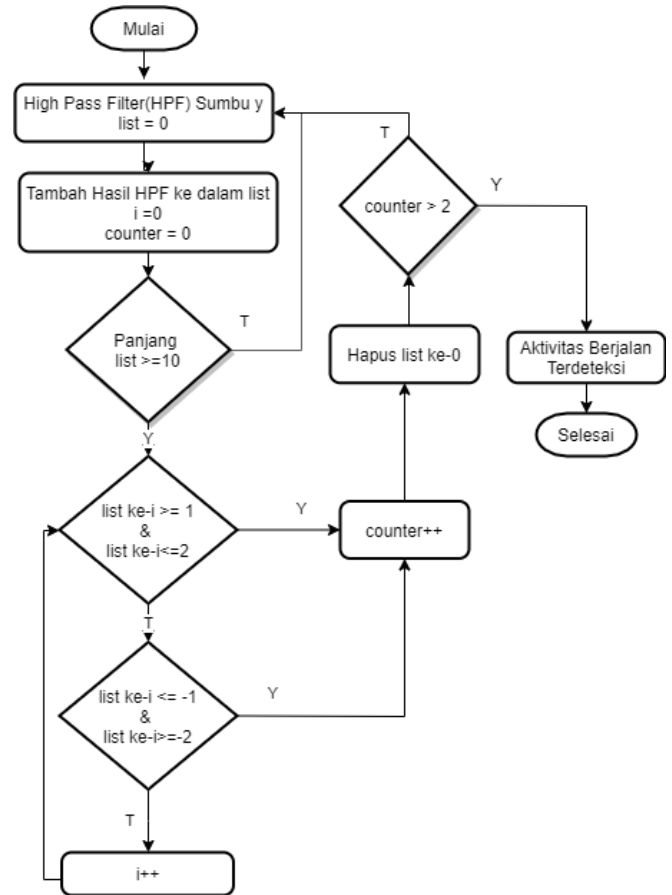
TABEL I. AMBANG BATAS DUDUK DAN BERDIRI

Aktivitas	Sumbu X		Sumbu Y		Sumbu Z	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Duduk	-0.99	0.99	9	11	-2.5	5
Berbaring	-2	1	-5	2.5	9	11

Nilai ambang batas seperti pada Tabel I tersebut selanjutnya akan diimplementasikan ke dalam program yang terdapat di komputer pemroses. Alur penggunaan nilai ambang batas tersebut ditunjukkan pada Gbr. 4 dan Gbr. 5.



Gbr. 4 Alur Deteksi Aktivitas



Gbr. 5 Sub Proses Deteksi Aktivitas Berjalan

Langkah-langkah deteksi aktivitas sebagai berikut.

- 1) Baca data serial simpan ke dalam variabel x, y, dan z.
- 2) Filter akselerasi y untuk menghilangkan pengaruh gravitasi dan inisialisasi nilai list (senarai).
- 3) Tambahkan nilai akselerasi sumbu y yang sudah di-filter ke dalam list, inisialisasi nilai awal i dan counter.
- 4) Ulangi ke langkah 1 jika panjang dari list (senarai) belum mencapai 10.
- 5) Jika panjang list mencapai 10, telusuri nilai list satu persatu dari indeks ke-0 sampai indeks terakhir dengan menaikkan variabel i. Jika terdapat nilai akselerasi antara 1 (batas atas minimal) hingga 2 (batas atas maksimal) atau -1 (batas bawah maksimal) hingga -2 (batas bawah minimal) nilai counter dinaikkan.
- 6) Jika semua nilai yang terdapat pada list sudah ditelusuri hapus nilai list pada indeks 0.
- 7) Jika nilai counter mencapai 2 maka dideteksi sebagai aktivitas berjalan.

- 8) Jika nilai counter tidak mencapai 2, dilanjutkan ke langkah untuk mendeteksi aktivitas duduk. Pada langkah ini, menggunakan nilai sumbu x, y, dan z tanpa di-filter. Dinyatakan aktivitas duduk apabila nilai x antara -0.5 hingga 0.5, nilai y antara 9 hingga 10, dan nilai z antara -0.5 hingga 0.5.
- 9) Apabila aktivitas duduk tidak dideteksi, dilanjutkan ke langkah untuk mendeteksi berbaring. Berbaring dideteksi jika nilai akselerasi untuk sumbu x antara -0.5 hingga 0.5, nilai y antara -0.5 hingga 0.5, sedangkan sumbu z antara 9 hingga 10.
- 10) Jika semua aktivitas tidak ada yang terdeteksi maka akan kembali ke langkah 1.

D. Pengujian Wearable System

Wearable device yang telah dibuat digunakan untuk mendeteksi tiga aktivitas, yaitu aktivitas berjalan, duduk, dan berbaring. Tampilan dari aplikasi yang digunakan untuk mengolah data akselerasi sehingga dapat berfungsi untuk mendeteksi aktivitas ditunjukkan pada Gbr. 6 hingga Gbr. 9.

```
ACTIVITY DETECTION
Please Wait...
System Ready..
LAYING... -0.0742 : 0.6729 : 9.6209
LAYING... -0.0369 : 0.71 : 9.544
LAYING... -0.1115 : 0.8215 : 9.6209
LAYING... -0.1115 : 0.8215 : 9.5824
LAYING... -0.1115 : 0.6729 : 9.6209
LAYING... -0.1115 : 0.6357 : 9.6209
```

Gbr. 8 Aktivitas Berbaring Terdeteksi

```
ACTIVITY DETECTION
Please Wait...
System Ready..
SITTING... 0.1496 : 9.8519 : -0.846
SITTING... 0.075 : 9.8519 : -0.846
SITTING... 0.0377 : 9.8519 : -0.8845
SITTING... 0.1496 : 9.8519 : -0.9614
SITTING... 0.1123 : 9.8519 : -0.9614
```

Gbr. 9 Aktivitas Duduk Terdeteksi

```
+++++
| REALTIME WEARABLE SYSTEMS USING LoRa |
+++++
[1]. Record Pattern (No Filter)
[2]. Record Pattern Walking
[3]. Activity Detection
[4]. E X I T
+++++
Enter your choice [1-4]: █
```

Gbr. 6 Tampilan Awal *Wearable System*

```
ACTIVITY DETECTION
Please Wait...
System Ready..
WALKING... 1.7490265736494748
WALKING... 1.6409939162845273
WALKING... -0.7974054753439255
WALKING... -0.21600492780953284
WALKING... 1.1099655649714206
WALKING... 1.5675890084742785
WALKING... 2.7820701076268506
```

Gbr. 7 Aktivitas Berjalan Terdeteksi

Hasil pengujian dari aplikasi dilakukan sebanyak 20 kali untuk masing-masing pengujian ditunjukkan pada Tabel II. Skenario pengujian dilakukan pada subjek pengujian dilakukan pada orang dewasa yang memiliki bobot 75 kg dan tinggi 170 cm. Untuk aktivitas berjalan subjek diminta berjalan sejauh kurang lebih 5 m, apabila dalam jarak tersebut *wearable system* dapat mendeteksi aktivitas berjalan dengan benar atau salah maka akan dihitung sebagai satu kali pengujian. Pengujian aktivitas duduk dilakukan dengan meminta subjek melakukan gerakan dari posisi awal berdiri kemudian duduk, ketika posisi duduk *wearable system* dapat mendeteksi dengan benar atau salah maka akan dihitung sebagai satu kali pengujian. Untuk aktivitas berbaring subjek diminta untuk melakukan posisi berbaring yang diawali dengan posisi berdiri atau duduk. Ketika subjek sudah berada dalam posisi berbaring dan *wearable system* mendeteksi terjadi aktivitas berbaring dengan benar atau salah maka pengujiannya dihitung satu kali. Pada pengujian berbaring hanya diuji untuk posisi tengadah. Dari hasil pengujian menunjukkan presentase hasil deteksi aktivitas berjalan sebesar 60%, untuk pengujian aktivitas duduk sebesar 65, sedangkan untuk aktivitas berbaring sebesar 60 %.

TABEL III. PENGUJIAN AKTIVITAS

Aktivitas	Terdeteksi		Jumlah	Presentase (%)
	Ya	Tidak		
Berjalan	12	8	20	60
Duduk	13	7	20	65
Berbaring	12	8	20	60

Persentase aktivitas fisik seperti berjalan, duduk, dan berbaring berada diangka 60%-65% dari total masing-masing pengujian sebanyak 20 kali. Dari skenario pengujian masih ada aktivitas yang dideteksi salah. Aktivitas berjalan yang sangat pelan masih dideteksi salah, hal ini disebabkan karena nilai akselerasi sumbu saat berjalan berjalan secara pelan memiliki nilai yang sama dengan posisi berdiri atau duduk. Gerakan duduk atau berbaring yang agak cepat juga sering dideteksi sebagai aktivitas berjalan, hal ini disebabkan karena sumbu y masih berada pada posisi vertikal sehingga gerakan yang cukup cepat dapat meningkatkan nilai akselerasi pada sumbu y, nilai akselerasi tersebut memiliki nilai yang sama dengan nilai ambang batas ketika aktivitas berjalan. Untuk penelitian lanjutan memperbanyak jumlah pengujian dan menguji pada subjek yang berbeda tentu menjadi hal yang perlu dilakukan sehingga hasil pengujian tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki kelemahan dari *wearable system* ini.

IV. PENUTUP

Hasil pengujian pada *wearable device* yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas, menunjukkan persentase hasil deteksi aktivitas berjalan sebesar 60%, untuk pengujian aktivitas duduk sebesar 65, sedangkan untuk aktivitas berbaring sebesar 60 %. Beberapa kelemahan dari *wearable system* ini, seperti aktivitas berjalan yang sangat pelan tidak dapat dideteksi dengan benar, penyebabnya adalah nilai akselerasi sumbu sebagai akibat dari aktivitas berjalan pelan memiliki nilai yang sama dengan nilai akselerasi sumbu pada posisi berdiri atau duduk. Selain itu, gerakan duduk atau berbaring yang agak cepat akan dideteksi sebagai aktivitas berjalan, ini disebabkan karena sumbu y masih berada pada posisi vertikal sehingga gerakan yang cukup cepat dapat meningkatkan nilai akselerasi sumbu y yang nilainya sama dengan nilai ambang batas berjalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini. Bapak Dr. Dadang Hermawan selaku Rektor ITB STIKOM BALI. Bapak Dian Pramana S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Informatika dan Komputer ITB STIKOM BALI. Bapak Padma Nyoman Crisnapati, S.Kom., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Sistem Komputer. Rekan-rekan Institut Teknologi dan Bisnis (ITB) STIKOM BALI, yang telah membantu dukungan dan semangat. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

REFERENSI

- [1] H. Kim, M. Ahn, S. Hong, S. Lee, and S. Lee, "Wearable device control platform technology for network application development," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2016, 2016.
- [2] R. M. Al-Eidan, H. Al-Khalifa, and A. M. Al-Salman, *A Review of Wrist-Worn Wearable: Sensors, Models, and Challenges*. Hindawi Limited, 2018, p. 20.
- [3] S. Seneviratne *et al.*, "A Survey of Wearable Devices and Challenges," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 4. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 2573–2620, 01-Oct-2017.
- [4] Statista, "Global connected wearable devices 2016-2022 | Statista," 2020. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/487291/global-connected-wearable-devices/>. [Accessed: 13-Jan-2020].
- [5] S. Larabi Marie-Sainte, M. S. Alrazgan, F. Bousbahi, S. Ghouzali, and W. Abdul, "From Mobile to Wearable System: A Wearable RFID System to Enhance Teaching and Learning Conditions," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2016, p. 10, 2016.
- [6] D. Ajerla, S. Mahfuz, and F. Zulkernine, "A real-time patient monitoring framework for fall detection," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2019, 2019.
- [7] T. Caporaso, S. Grazioso, D. Panariello, G. Di Gironimo, and A. Lanzotti, "A wearable inertial device based on biomechanical parameters for sports performance analysis in race-walking: Preliminary results," in *2019 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2019 - Proceedings*, 2019, pp. 259–262.
- [8] P. A. Patil, B. G. Jagyasi, J. Raval, N. Warke, and P. P. Vaidya, "Design and development of wearable sensor textile for precision agriculture," in *2015 7th International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS)*, 2015, pp. 1–6.
- [9] R. E. Ahmed, "GPark: Vehicle parking management system using smart glass," *J. Sensors*, vol. 2016, 2016.
- [10] J. E. Kim, Y. H. Kim, J. H. Oh, and K. D. Kim,

- “Interactive smart fashion using user-oriented visible light communication: The case of modular strapped cuffs and zipper slider types,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2017, 2017.
- [11] A. Kurniawan, A. R. Hermawan, and I. K. E. Purnama, “A wearable device for fall detection elderly people using tri dimensional accelerometer,” in *Proceeding - 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2016: Recent Trends in Intelligent Computational Technologies for Sustainable Energy*, 2016, pp. 671–674.
- [12] Q. T. Huynh, U. D. Nguyen, L. B. Irazabal, N. Ghassemian, and B. Q. Tran, “Optimization of an accelerometer and gyroscope-based fall detection algorithm,” *J. Sensors*, vol. 2015, 2015.
- [13] Q. Mu, T. Wang, and Y. Jia, “Research on Framework of Underground Wearable Devices Framework Based on Cloud Computing,” in *Proceedings - 2015 8th International Symposium on Computational Intelligence and Design, ISCID 2015*, 2016, vol. 1, pp. 458–461.
- [14] B. V. Vishakh and M. K. Khwaja, “Wearable Device for Hearing Impaired Individuals Using ZigBee Protocol,” in *Proceedings - AMS 2015: Asia Modelling Symposium 2015 - Asia 9th International Conference on Mathematical Modelling and Computer Simulation*, 2016, pp. 181–184.
- [15] F. Wu, C. Rudiger, J. M. Redoute, and M. R. Yuce, “WE-Safe: A wearable IoT sensor node for safety applications via LoRa,” in *IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2018 - Proceedings*, 2018, vol. 2018-January, pp. 144–148.
- [16] F. Yang and L. Zhang, “Real-time human activity classification by accelerometer embedded wearable devices,” in *2017 4th International Conference on Systems and Informatics, ICSAI 2017*, 2017, vol. 2018-January, pp. 469–473.
- [17] N. R. Sogi, P. Chatterjee, U. Nethra, and V. Suma, “SMARISA: A Raspberry Pi Based Smart Ring for Women Safety Using IoT,” in *Proceedings of the International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2018*, 2018, pp. 451–454.
- [18] F. Taffoni, D. Rivera, A. La Camera, A. Nicolò, J. R. Velasco, and C. Massaroni, “A Wearable System for Real-Time Continuous Monitoring of Physical Activity,” *J. Healthc. Eng.*, vol. 2018, pp. 1–16, Mar. 2018.
- [19] Z. Wei and T. Bao, “Research on a novel strategy for automatic activity recognition using wearable device,” in *Proceedings of 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2016*, 2016, pp. 488–492.
- [20] S. I. Soraya *et al.*, “IoT/M2M wearable-based activity-calorie monitoring and analysis for elders,” in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2017, pp. 2390–2393.
- [21] M. C. Kwon and S. Choi, “Recognition of Daily Human Activity Using an Artificial Neural Network and Smartwatch,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2018, 2018.
- [22] W. Xiao and Y. Lu, “Daily Human Physical Activity Recognition Based on Kernel Discriminant Analysis and Extreme Learning Machine,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2015, 2015.
- [23] J. Liu, J. Sohn, and S. Kim, “Classification of Daily Activities for the Elderly Using Wearable Sensors,” *J. Healthc. Eng.*, vol. 2017, pp. 1–7, 2017.
- [24] F. Wu, H. Zhao, Y. Zhao, and H. Zhong, “Development of a Wearable-Sensor-Based Fall Detection System,” *Int. J. Telemed. Appl.*, vol. 2015, pp. 1–11, 2015.
- [25] X. Xi, W. Jiang, Z. Lü, S. M. Miran, and Z.-Z. Luo, “Daily Activity Monitoring and Fall Detection Based on Surface Electromyography and Plantar Pressure,” *Complexity*, vol. 2020, pp. 1–12, Jan. 2020.
- [26] S. Ranasinghe, F. Al MacHot, and H. C. Mayr, “A review on applications of activity recognition systems with regard to performance and evaluation,” *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 12, no. 8, 2016.
- [27] Y. L. Hsu, S. C. Yang, H. C. Chang, and H. C. Lai, “Human Daily and Sport Activity Recognition Using a Wearable Inertial Sensor Network,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 31715–31728, May 2018.
- [28] I. Bylemans, M. Weyn, and Klepal, “Mobile Phone-Based Displacement Estimation for Opportunistic Localisation System,” in *Third International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, System, Services and Technologies, 2009. UBICOMM '09*, 2009, p. Pp.113-118.
- [29] D. W. Mahandhira, R. V. 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, pp. A524–A527, 2016.