

PENERAPAN TEKNOLOGI LoRa PADA PURWARUPA AWAL WEARABLE DEVICE

Made Liandana

ITB STIKOM Bali, Jl. Raya Puputan No. 86, Renon Denpasar, Telp: (0361) 244445
Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Informatika dan Komputer, ITB STIKOM Bali
e-mail: liandana@stikom-bali.ac.id

Abstrak—*Wearable device* digunakan dengan disematkan ke pakaian atau dikenakan ke bagian tubuh pengguna sehingga mobilitas pengguna akan mempengaruhi jarak antara transceiver yang ada pada *wearable device* dengan perangkat yang digunakan mengumpulkan data atau informasi yang dihasilkan oleh sensor pada *wearable device*. Penggunaan WiFi memungkinkan untuk mengatasi masalah jarak tersebut namun dari sisi konsumsi energi perlu menyediakan baterai tambahan sehingga berpengaruh terhadap ukuran *wearable device*. Dibandingkan dengan WiFi Bluetooth dan NFC memiliki konsumsi energi dan ukuran yang lebih kecil namun dari sisi jangkauan memiliki jarak yang pendek. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat menangani permasalahan jarak dan konsumsi daya tersebut, salah satunya adalah LoRa (Long Range). Pada penelitian ini *wearable device* dirancang dengan menggunakan transceiver LoRa (Long Range) tipe SX1278 dan menggunakan sensor accelerometer ADXL345. Bagian *wearable device* pengirim dipasang sensor accelerometer, transceiver LoRa digunakan pada bagian pengirim dan penerima, sedangkan untuk unit pra pemrosesan menggunakan platform Arduino Nano Atmega328p. Pengujian pengiriman data dilakukan dengan mengirim sejumlah angka secara sekuensial pada jarak 10 meter dari *wearable device* pengirim ke penerima. Hasil pengujian pengiriman menunjukkan, angka sekuensial dapat diterima tanpa ada sekuen yang hilang. Sedangkan untuk modul sensor ADXL345 pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai referensi dengan nilai pembacaan actual, dari hasil pengujian selisih nilai actual untuk sumbu sensor (x,y,z) dengan nilai referensi telah mendekati nilai nol.

Kata kunci—*wearable device, LoRa SX1278, accelerometer ADXL345, ATmega328p*

I. PENDAHULUAN

Wearable device disebut sebagai penggabungan beberapa teknologi, seperti teknologi elektronika dan komputer yang dikemas sedemikian rupa sehingga dapat dipakai atau dikenakan [1]. Biasanya *wearable device* ini disematkan ke dalam pakaian atau dibentuk menyerupai aksesoris, seperti gelang, jam tangan, lensa kontak, e-tekstil, kain pintar, topi, perhiasan anting, cincin, dan berbagai bentuk lainnya sehingga lebih mudah untuk dikenakan ke bagian tubuh pengguna [2][1]. *Wearable device* dapat diterapkan di berbagai bidang seperti: medis [3][4][5], olahraga [6], hiburan [7], hingga pertanian [8].

Secara umum, *wearable device* atau *wearable sensor* memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan perangkat atau sensor yang tidak dapat dikenakan. Keunggulan tersebut seperti: dapat ditempatkan secara dinamis, perangkat dapat dinyalakan ketika waktu pengukuran diperlukan, dapat dirancang sesuai dengan parameter yang diukur, dirancang dengan ukuran yang kecil sehingga meminimalkan gangguan bagi pemakainya [9]. *Wearable device* tentunya tidak terlepas dari peranan teknologi sensor, komputasi, dan komunikasi. Sensor diperlukan untuk melakukan sensing terhadap lingkungan dari pengguna *wearable device* tersebut. Perangkat komputasi seperti komputer atau mikrokontroler diperlukan untuk mengolah data yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Sedangkan sarana komunikasi diperlukan untuk mengirimkan data hasil sensing dari sensor. Sarana komunikasi menjadi hal

yang sangat penting dalam *wearable device* terutama komunikasi secara nirkabel, apalagi kalau *wearable device* tersebut digunakan sebagai alat untuk melakukan monitoring, misalnya monitoring pasien di rumah atau di rumah sakit [10].

Wearable device memiliki ukuran yang relatif kecil, hal ini bertujuan agar perangkat ini lebih mudah dikenakan oleh penggunaannya. Beragam bentuk *wearable device* yang memiliki ukuran relatif kecil seperti: *smartwatch, smart eyewear, fitness tracker, smart clothing, wearable camera, dan wearable medical* [11]. Ukuran yang kecil akan membatasi kemampuan untuk menyimpan baterai sebagai sumber dayanya [12], dengan kemampuan daya yang kecil tentunya teknologi untuk berkomunikasi perlu diperhatikan agar tidak terlalu boros dengan energi dan jarak pengiriman juga masih tetap terjaga sesuai dengan kebutuhan pengguna. *Wearable device* umumnya menggunakan komunikasi WiFi, Bluetooth, dan Near Field Communication (NFC) [12]. Ditinjau dari sisi jarak dan konsumsi energi, ketiga teknologi komunikasi tersebut memiliki perbedaan. WiFi memiliki jarak yang cukup jauh yaitu sekitar 250 m untuk jenis outdoor, sedangkan jika dilihat dari sisi konsumsi energinya WiFi termasuk dalam kategori yang moderat [13]. Transceiver Bluetooth memiliki jarak sampai dengan 10 m dan konsumsi dayanya cukup rendah, akan tetapi jangkauannya masih dapat ditingkatkan dengan bantuan amplifier hingga jaraknya dapat mencapai 100 m [14]. NFC merupakan turunan dari RFID, teknologi komunikasi ini memerlukan daya yang rendah dengan

jarak jangkauan 4 cm hingga 10 cm [15].

Wearable device dalam penggunaannya akan disematkan ke pakaian atau dikenakan ke bagian tubuh pengguna [1][2] sehingga mobilitas pengguna akan mempengaruhi jarak antara *transceiver* yang ada pada *wearable device* dengan perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan data atau informasi yang dihasilkan oleh sensor *wearable device*. Penggunaan WiFi memungkinkan untuk mengatasi masalah jarak tersebut namun dari sisi konsumsi energi perlu menyediakan baterai tambahan sehingga akan berpengaruh terhadap ukuran *wearable device*. Dibandingkan dengan WiFi, Bluetooth dan NFC memiliki konsumsi energi dan ukuran yang lebih kecil namun dari sisi jangkauan memiliki jarak yang pendek. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat menangani permasalahan jarak dan konsumsi daya tersebut. Salah satu teknologi komunikasi yang memerlukan konsumsi energi yang rendah dan jarak jangkauan yang jauh adalah LoRa (Long Range). LoRa memiliki jarak jangkauan hingga mencapai 15 km [16]. Penelitian ini menggunakan teknologi LoRa sebagai penghubung antara *wearable device* yang dikenakan pada baju pengguna dengan perangkat perekam data.

II. LANDASAN TEORI

A. LoRa

LoRa kependekan dari *long range* adalah teknologi untuk komunikasi yang dikembangkan dan dipatenkan oleh Semtech [17]. Spektrum penyebaran LoRa menggunakan modulasi Chirp Spread Spectrum (CSS), secara tradisional CSS digunakan untuk militer dan komunikasi yang memerlukan keamanan. LoRa memiliki jangkauan jauh, konsumsi daya yang rendah, kecepatan data rendah, dan transmisi data yang aman. LoRa dapat digunakan untuk jaringan publik, private, atau hybrid sehingga dapat mencapai jangkauan yang lebih besar daripada jaringan seluler [18]. Teknologi LoRa dapat dengan mudah diintegrasikan dengan jaringan yang ada dan dapat diaplikasikan untuk Internet of Things (IoT) berbiaya rendah yang dioperasikan dengan baterai. LoRa dapat diterapkan untuk berbagai bidang seperti: pertanian, *smarthome*, industri, transportasi, hingga bidang kesehatan. Semtech mengembangkan perangkat keras LoRa berupa gateway dan *transceiver*. Gateway LoRa berfungsi sebagai perantara antara perangkat penginderaan dengan aplikasi Cloud. Sedangkan *transceiver* LoRa merupakan perangkat nirkabel jarak jauh yang menyediakan spread spectrum ultra-long, tidak rentan dengan interferensi, dan konsumsi energi yang rendah [19]. SX1276/77/78/79 merupakan beberapa contoh dari *transceiver* LoRa. Pada penelitian ini menggunakan dua buah *transceiver* dengan tipe SX1278.

B. Arduino Nano ATmega328p

Arduino Nano adalah platform yang dikembangkan dengan mikrokontroler dengan ukuran yang kecil. Platform ini dikemas menggunakan mikrokontroler ATmega328 untuk Arduino Nano versi 3.x.. Arduino Nano memiliki spesifikasi antara lain: Flash Memory 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh untuk Bootloader, 2 Kbyte(ATmega328), 1Kbyte (ATmega328), 16 MHz Clock Speed, tegangan operasi 5 v, dan memiliki ukuran 1.85cm x 4.3cm. Mikrokontroler yang digunakan pada platform ini memiliki 30 pin [20].

C. Modul Accelerometer ADXL345

Modul ADXL345 [21][22] adalah modul sensor accelerometer yang terdiri dari tiga sumbu yang dikemas dengan dimensi 3 mm x 5 mm x 1 mm. Konsumsi energi yang rendah dengan kisaran tegangan 2 v sampai dengan 3.6 volt dan resolusi yang dimiliki sebesar 13 bit. Data yang dihasilkan dari sensor ini berupa data digital dengan panjang 16 bit dan menggunakan sistem bilangan komplemen kedua. Sensor ini juga menyediakan pilihan pengukuran mulai dari 2 g, 4 g, 8 g, hingga 16 g. Dengan resolusi yang dimiliki sensor mampu mengukur perubahan sudut di bawah 1 derajat. Untuk berkomunikasi dengan perangkat lain modul ini menggunakan komunikasi SPI dan I2C.

Sensor *accelerometer* sangat sensitif dengan gravitasi, saat posisi diam nilai akselerasi dari sensor ini senilai dengan 1 g atau 9.81 m/s² [23]. Berdasarkan datasheet [22], saat sensor diletakkan mendatar dan dalam posisi yang statis, nilai akselerasi ideal dalam enam posisi ditunjukkan pada Tabel 1. Namun pada prakteknya nilai tersebut tidak selalu tepat seperti Tabel 1, sehingga perlu dilakukan proses kalibrasi.

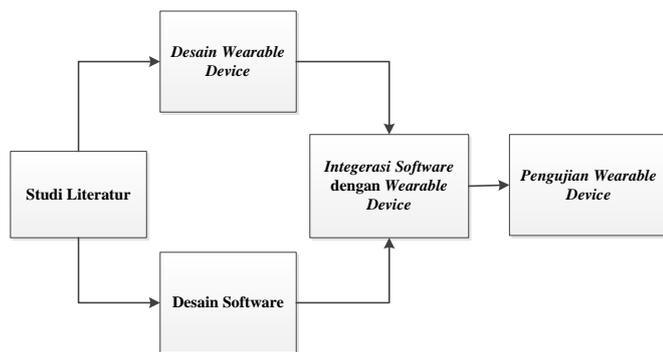
Tabel 1. Nilai Akselerasi Sesuai Arah Sumbu

Arah Sumbu	Akselerasi		
	Ax	Ay	Az
Sumbu x mengarah ke atas	+1 g	0 g	0 g
Sumbu x mengarah ke bawah	-1 g	0	0
Sumbu y mengarah ke atas	0	+1 g	0
Sumbu y mengarah ke bawah	0	-1 g	0
Sumbu z mengarah ke atas	0	0	+1 g
Sumbu z mengarah ke bawah	0	0	-1 g

III. METODE

Penelitian yang dilaksanakan, mengikuti alur seperti pada Gambar 1. Langkah awal penelitian diawali dengan studi literatur terhadap sejumlah pustaka, langkah ini diperlukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan dicarikan solusi dengan

melaksanakan penelitian. (2) Desain *wearable device* bertujuan agar purwarupa ini dapat dikenakan pada rompi, untuk itu bentuk dari purwarupa *wearable device* dirancang sedemikian rupa agar mudah dipasang dan dilepas pada pakaian berupa rompi. (3) Perangkat keras *wearable device* tentunya tidak dapat berdiri sendiri tanpa adanya *software* pendukung, sehingga diperlukan tahapan desain dan pembuatan *software* pendukung. (4) Pada tahapan integrasi, *software* yang telah dibuat selanjutnya ditanam pada perangkat keras *wearable device* sehingga perangkat keras yang dibuat dapat menjalankan fungsinya. (5) Langkah terakhir adalah menguji *wearable device* pengujian dilakukan mulai dari pengujian sensor dan pengujian pengiriman data.

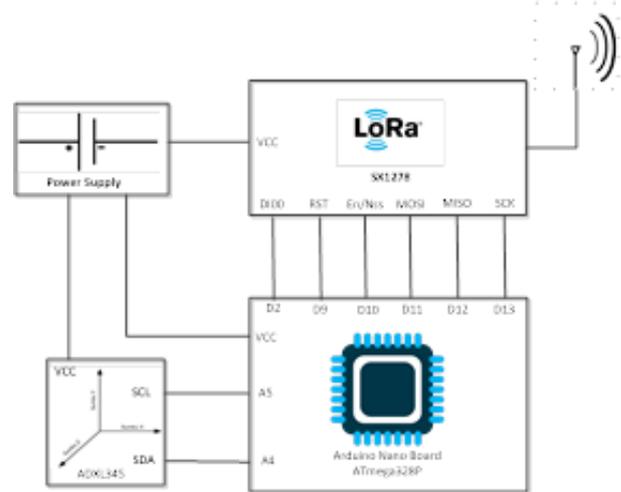


Gambar 1. Metode Penelitian

IV. HASIL

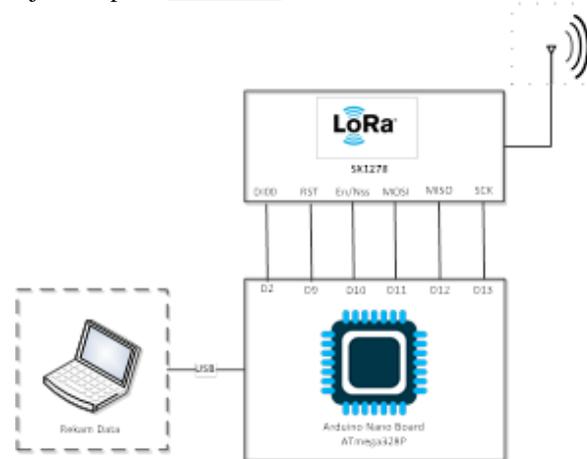
A. Arsitektur Wearable Device

Purwarupa dari *wearable device* memiliki dua bagian utama, bagian pengirim data dan penerima data. Bagian pengirim data terdiri dari: modul komunikasi yang menggunakan LoRa SX1278, sensor *accelerometer* dengan tipe ADXL345, dan pemroses data menggunakan platform Arduino Nano ATmega328P. Struktur hardware dari pengirim data ditunjukkan pada Gambar 1. Modul komunikasi LoRa SX1278 dan platform Arduino Nano ATmega328 dihubungkan dengan menggunakan komunikasi Serial Peripheral Interface (SPI), sedangkan platform Arduino Nano ATmega328 dengan sensor *accelerometer* ADXL345 dihubungkan dengan menggunakan komunikasi Inter Integrated Circuit (I²C).



Gambar 2. Arsitektur Dasar Hardware Wearable Device Pengirim Data

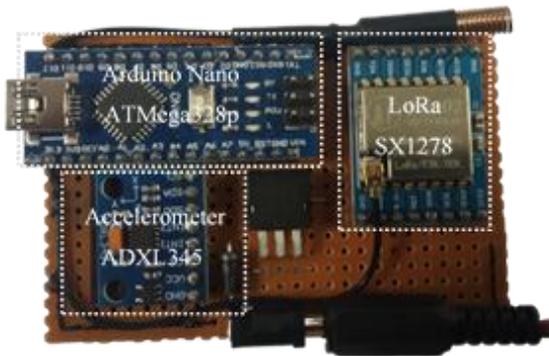
Hasil pembacaan data sensor pada bagian pengirim data (Gambar 2) akan dikirimkan ke bagian penerima data, bagian penerima data terdiri dari: modul komunikasi yang menggunakan LoRa SX1278, modul pemroses dengan menggunakan platform Arduino Nano ATmega328. Data akselerasi sensor *accelerometer* ADXL345 yang dikirimkan melalui modul komunikasi LoRa akan diteruskan oleh modul pemroses ke komputer menggunakan komunikasi serial (Universal Serial Bus), arsitektur dasar dari penerima data ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Dasar Hardware Penerima Data Wearable Device

B. Purwarupa Wearable Device

Purwarupa dari *wearable device* ditunjukkan pada Gambar 4, *wearable device* ini dapat dikenakan dengan mudah pada rompi seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Power supply atau catu daya yang digunakan berupa sepasang baterai yang ditempatkan pada rompi. Total tegangan yang dihasilkan oleh baterai sebesar 7.4 volt sehingga untuk memenuhi kebutuhan tegangan modul komunikasi LoRa SX1278, modul Arduino Nano ATmega328, dan modul sensor *accelerometer* ADXL345 diperlukan regulator untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan.



Gambar 4. Purwarupa *Wearable Device* Pengirim Data

[Gambar 5](#) menunjukkan hasil dari purwarupa *wearable device* penerima data. Bagian ini mengambil catu daya dari komputer melalui port Universal Serial Bus (USB). Untuk membaca akselerasi yang dikirimkan oleh *wearable device* yang dikenakan pada rompi pengguna diperlukan perangkat lunak tambahan sehingga data akselerasi tersebut dapat direkam.



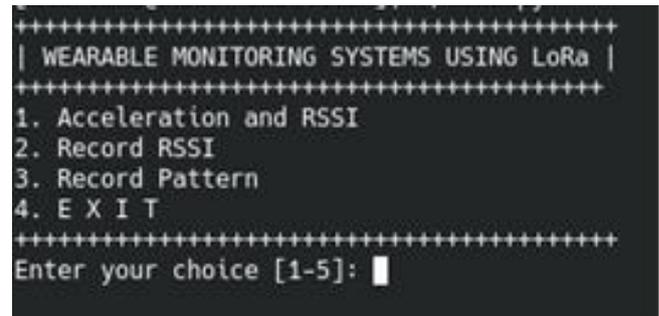
Gambar 5. Purwarupa *Wearable Device* Penerima Data



Gambar 6. Penempatan *Wearable Device* pada Rompi

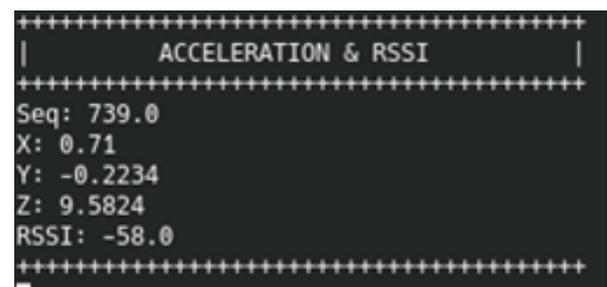
Bagian penerima dari *wearable device* memerlukan aplikasi pendukung untuk membaca data akselerasi yang dikirimkan oleh *wearable device* pengirim data. Aplikasi tersebut dapat ditunjukkan pada [Gambar 7](#) hingga [Gambar 10](#). Aplikasi tersebut memiliki sejumlah fitur, yaitu: fitur untuk menampilkan akselerasi dan rssi, fitur untuk merekam rssi, dan fitur

untuk merekam pola akselerasi. [Gambar 7](#) adalah tampilan awal ketika aplikasi pertama dijalankan.

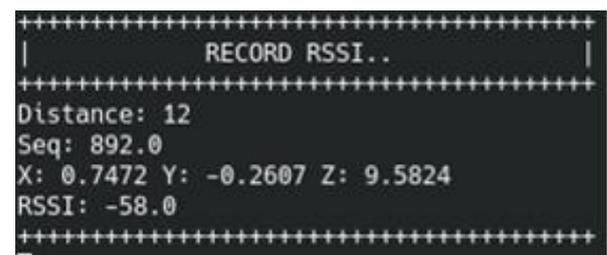


Gambar 7. Menu Utama Aplikasi Penerima Data

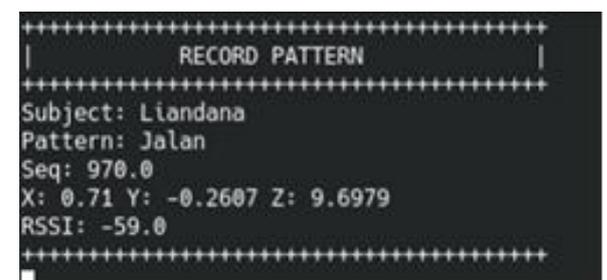
[Gambar 8](#) merupakan tampilan saat aplikasi menampilkan akselerasi dari sensor ADXL345 dan receive strength signal indicator (rssi) yang dihasilkan oleh LoRa. Untuk tampilan dari proses perekaman receive strength signal indicator (rssi) ditunjukkan pada [Gambar 9](#), dan untuk merekam pola akselerasi dari sensor *accelerometer* ditunjukkan pada [Gambar 10](#).



Gambar 8. Tampilan Aplikasi untuk Menampilkan Akselerasi dan Rssi



Gambar 9. Tampilan Aplikasi untuk Merekam Rssi



Gambar 10. Tampilan Aplikasi untuk Merekam Pola Akselerasi

C. Kalibrasi Sensor Accelerometer ADXL345

Sensor *accelerometer* merupakan bagian yang paling penting dari purwarupa *wearable device* karena dengan sensor ini *wearable device* nantinya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti untuk mendeteksi aktivitas berjalan, aktivitas berlari, jatuh, dan aktivitas yang lainnya. Namun sebelum dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, tentunya proses kalibrasi menjadi hal yang sangat penting sehingga didapatkan hasil pembacaan yang mendekati nilai acuan. Titik acuan yang digunakan ketika posisi sensor dalam posisi statis, nilai akselerasi dari sensor *accelerometer* dipengaruhi oleh gravitasi sehingga nilai acuan atau referensi yang digunakan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pembacaan sensor untuk masing-masing sumbu ketika posisi sensor dalam keadaan diam ditunjukkan pada Tabel 2, beberapa sumbu sensor masih memiliki nilai *error* diatas 1. Untuk menurunkan nilai *error* agar dapat mendekati nilai acuan maka dilakukan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 [24].

$$\text{NilaiTerkoreksi} = ((\text{NilaiAktual} - \text{NilaiRekamanTerendah}) * \text{SelisihNilaiReferensi} / \text{SelisihNilaiRekaman}) + \text{NilaiReferensiTerendah} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{SelisihNilaiReferensi} = \text{NilaiReferensiTertinggi} - \text{NilaiReferensiTerendah} \dots\dots(2)$$

$$\text{SelisihNilaiRekaman} = \text{NilaiRekamanTertinggi} - \text{NilaiRekamanTerendah} \dots\dots(3)$$

Tabel 2. Nilai sebelum dikalibrasi

No	Arah Sumbu	Sebelum Kalibrasi			Error		
		Ax	Ay	Az	Ax	Ay	Az
1	Sumbu x mengarah ke atas	10,90	0,20	1,09	1,09	0,20	1,09
2	Sumbu x mengarah ke bawah	-9,76	0,53	1,37	0,05	0,53	1,37
3	Sumbu y mengarah ke atas	0,34	9,96	1,54	0,34	0,15	1,54

No	Arah Sumbu	Sebelum Kalibrasi			Error		
		Ax	Ay	Az	Ax	Ay	Az
4	Sumbu y mengarah ke bawah	0,66	-11,00	1,64	0,66	1,19	1,64
5	Sumbu z mengarah ke atas	0,87	0,46	11,48	0,87	0,46	1,67
6	Sumbu z mengarah ke bawah	0,06	0,49	-8,39	0,06	0,49	1,42

Keterangan:

- Nilai Terkoreksi adalah nilai akselerasi yang telah dikalibrasi Nilai Aktual adalah nilai pembacaan sensor terkini.
- Nilai Rekaman Terendah adalah hasil pembacaan sensor yang direkam dalam beberapa sampling (dalam penelitian ini sekitar 100 *sampling*) kemudian dicari nilai paling rendah.
- Nilai Rekaman Tetinggi adalah hasil pembacaan sensor yang direkam dalam beberapa sampling (dalam penelitian ini sekitar 100 *sampling*) kemudian dicari nilai paling tinggi.
- Nilai Referensi Terendah adalah nilai referensi terendah yaitu -9.81 m/s²
- Nilai Referensi Tertinggi adalah nilai referensi tertinggi yaitu +9.8 m/s².

Nilai Rekaman Tertinggi dan Nilai Rekaman Terendah ditentukan dengan merekam nilai akselerasi, dalam penelitian ini jumlah *sampling* yang direkam sekitar 100 *sampling*. Saat proses perekaman dicari Nilai Rekaman Tertinggi dan Nilai Rekaman Terendah untuk masing-masing sumbu (x,y,z), perekaman dilakukan dengan memosisikan sensor dalam enam arah dan sensor dalam keadaan diam, nilai yang diperoleh untuk sumbu x, y, dan z ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penentuan Nilai Rekaman Tertinggi dan Terendah

No	Arah Sumbu	Nilai Rekaman		
		Ax	Ay	Az
1	Sumbu x mengarah ke atas	a=		
		10,90		
2	Sumbu x mengarah ke bawah	b=		
		-9,81		

No	Arah Sumbu	Nilai Rekaman		
		Ax	Ay	Az
3	Sumbu y mengarah ke atas		a= 10,04	
4	Sumbu y mengarah ke bawah		b=- 10,59	
5	Sumbu z mengarah ke atas			a= 11,49
6	Sumbu z mengarah ke bawah			b= -8,51

Ket. a= Nilai Rekaman Tetinggi, b= Nilai Rekaman Tetinggi

Nilai Rekaman Tertinggi dan Nilai Rekaman Tertendah yang ditunjukkan pada Tabel 3 selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sehingga diperoleh hasil kalibrasi sensor seperti pada Tabel 4. Dari hasil tersebut menunjukkan nilai error dari masing-masing sumbu telah mendekati nilai 0, artinya nilai yang dihasilkan sensor *accelerometer* telah mendekati nilai referensi yang digunakan.

Tabel 4. Hasil Kalibrasi Sensor ADXL345

No	Arah Sumbu	Setelah Kalibrasi			Error		
		Ax	Ay	Az	Ax	Ay	Az
1	Sumbu x mengarah ke atas	9,7 4	- 0,02	- 0,72	0,07	0,02	0,72
2	Sumbu x mengarah ke bawah	- 9,6 9	- 0,21	0,17	0,12	0,21	0,17
3	Sumbu y mengarah ke atas	0,0 8	9,78	0,15	0,08	0,03	0,15
4	Sumbu y mengarah ke bawah	0,8 7	- 9,73	- 0,33	0,87	0,08	0,33
5	Sumbu z mengarah ke atas	0,3 9	0,01	9,82	0,39	0,01	0,01
6	Sumbu z mengarah ke bawah	0,4 6	0,08	9,79	0,46	0,08	0,02

D. Pengujian Pengiriman Data

Wearable device yang dikenakan pada rompi pengguna akan mengirimkan data akselerasi sensor *accelerometer* ke bagian penerima melalui modul LoRa. Pada pengujian awal ini, jarak antara pengirim dan penerima adalah 10 meter, saat pengujian pengguna dalam kondisi bergerak. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan nilai sekuensial dari pengirim ke penerima. Jika pada bagian penerima nilai sekuensial tidak ada yang terpotong, artinya proses pengiriman dapat berjalan dengan baik. Potongan sekuen dari 345 sampai 354 ditunjukkan pada Tabel 5. Dari hasil pengujian menunjukkan proses pengiriman data pada jarak 10 meter telah berhasil dilakukan.

Tabel 5. Potongan Hasil Pengujian Pengiriman Data

No	Sekuen Dikirm	Sekuen Diterima	Keterangan Sekuen
1	345	345	OK
2	346	346	OK
3	347	347	OK
4	348	348	OK
5	349	349	OK
6	350	350	OK
7	351	351	OK
8	352	352	OK
9	353	353	OK
10	354	354	OK

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengujian pengiriman data dilakukan dengan mengirim sejumlah angka secara sekuensial pada jarak 10 meter dari *wearable device* pengirim ke penerima. Hasil pengujian pengiriman menunjukkan, angka sekuensial dapat diterima tanpa ada sekuen yang hilang.
2. Modul sensor *accelerometer* ADXL345 diuji dengan membandingkan nilai referensi dengan nilai pembacaan aktual, dari hasil pengujian selisih nilai aktual untuk masing-masing sumbu sensor (x,y,z) dengan nilai referensi telah mendekati nilai nol.
3. Purwarupa *wearable device* sudah dapat digunakan untuk menyimpan nilai akselerasi dari sensor *accelerometer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Syauqy dan R. Maulana, "Implementasi Low Power Wearable Device Sebagai Heart Rate Monitor Dengan Metode State Machine," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, hal. 1411–1418, 2018.
- [2] R. Wright dan L. Keith, "Wearable Technology: Fit the Tech Fits, Wear It," *J. Electron. Resour. Med. Libr.*, vol. 11, no. 4, hal. 204–216, 2014.
- [3] P. Kakria, N. K. Tripathi, dan P. Kitipawang, "A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac Patients Using Smartphone and Wearable Sensors," *Int. J. Telemed. Appl.*, vol. 2015, hal. 1–11, Des 2015.
- [4] S. Asadi, R. Abdullah, M. Safaei, dan S. Nazir, "An Integrated SEM-Neural Network Approach for Predicting Determinants of Adoption of Wearable Healthcare Devices," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2019, hal. 1–9, Feb 2019.
- [5] F. D. Guillén-Gámez dan M. J. Mayorga-Fernández, "Empirical Study Based on the Perceptions of Patients and Relatives about the Acceptance of Wearable Devices to Improve Their Health and Prevent Possible Diseases," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2019, hal. 1–12, Apr 2019.
- [6] F. Taffoni, D. Rivera, A. La Camera, A. Nicolò, J. R. Velasco, dan C. Massaroni, "A Wearable System for Real-Time Continuous Monitoring of Physical Activity," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2018, hal. 1–16, Mar 2018.
- [7] Y. S. Lee dan B.-S. Sohn, "Immersive Gesture Interfaces for Navigation of 3D Maps in HMD-Based Mobile Virtual Environments," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2018, hal. 1–11, Mei 2018.
- [8] P. A. Patil, B. G. Jagyasi, J. Raval, N. Warke, dan 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, hal. 1–6.
- [9] A. Nag dan S. C. Mukhopadhyay, "Wearable Electronics Sensors: Current Status and Future Opportunities," Springer, Cham, 2015, hal. 1–35.
- [10] R. Rodrigues Filho, R. Neto, B. Oliveira Silvestre, L. de Oliveira, R. de Oliveira, dan I. Sene, "An Evaluation Method of Research on Wearable Wireless Body Area Network in Healthcare," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, hal. 65–78, 2013.
- [11] M. Mardonova dan Y. Choi, "Review of Wearable Device Technology and Its Applications to the Mining Industry," *Energies*, vol. 11, no. 3, hal. 1–14, 2018.
- [12] C. Ragona, F. Granelli, C. Fiandrino, D. Kliazovich, dan P. Bouvry, "Energy-Efficient Computation Offloading for Wearable Devices and Smartphones in Mobile Cloud Computing," in *2015 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2015, hal. 1–6.
- [13] Intel, "Wireless LAN standards study," <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/case-studies/802-11-wireless-lan-standards-study.pdf>.
- [14] P. McDermott-Wells, "What is Bluetooth?," *IEEE Potentials*, vol. 23, no. 5, hal. 33–35, Jan 2005.
- [15] N. S. S. Shobha, K. S. P. Aruna, M. D. P. Bhagyashree, dan K. S. J. Sarita, "NFC and NFC payments: A review," in *2016 International Conference on ICT in Business Industry & Government (ICTBIG)*, 2016, hal. 1–7.
- [16] M. Centenaro, L. Vangelista, A. Zanella, dan M. Zorzi, "Long-range communications in unlicensed bands: the rising stars in the IoT and smart city scenarios," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 23, no. 5, hal. 60–67, Okt 2016.
- [17] Semtech, "LoRa."
- [18] P. Seneviratne, *Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks*. Apress, 2019.
- [19] Semtech, "Long Range, Low Power RF Transceiver with LoRa Technology | Semtech."
- [20] "Arduino Nano."
- [21] A. Nayyar dan V. Puri, "A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields," in *2016 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2016, hal. 1485–1492.
- [22] AnalogDevices, "ADXL345 (Rev. 0)." 2009.
- [23] I. Setiawan, B. Setiyono, dan T. B. Susilo, "Hasil Uji Kalibrasi Sensor Accelerometer ADXL335," *Transm. J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 3, hal. 118–122, 2009.
- [24] B. Earl, "So , How Do We Calibrate ? Multi-Point Curve Fitting," hal. 1–23, 2018.