

Penerapan Sistem Tertanam Untuk Deteksi Posisi Duduk

Arif Supriyanto^{1,*}, Agustian Noor² & Yunita Prastyaningsih³
^{1,2,3}Komputer dan Bisnis, Teknologi Rekayasa Komputer Jaringan,
Politeknik Negeri Tanah Laut

ABSTRACT

The use of computers today has penetrated all walks of life because they can simplify and speed up all kinds of work so that many people spend time sitting in front of computers to complete their work, but there is a problem that most people when sitting for a long time tend to ignore their sitting position, whether they are sitting in a correct or incorrect sitting position. Based on these problems, in this study proposes a system that can provide a warning to the user when the user sits in the wrong condition. In this study, the IMU MPU6050 sensor was used which was placed on the user's back area and the Arduino nano micro controller was used as a processor for reading the results of sensors, buzzer and Android-based mobile applications. The problem of reading sensor angle values caused by noise can be overcome by using the Kalman filter so that the sensor reading results become more accurate. Based on the movement of the back that was carried out in the test of Axis X when the position of the back looks forward and backward has a small offsite value of 0.54° . The process of sending data has a success rate of 100% with a response time of around 51ms. For data transmission range capability as far as 25 meters.

Keywords: *Embedded system, Microcontroller, Kalman Filter*

ABSTRAK

Penggunaan komputer dewasa ini sudah merambah semua lapisan masyarakat karena dapat mempermudah dan mempercepat segala macam pekerjaan sehingga banyak orang menghabiskan waktu duduk didepan komputer untuk menyelesaikan pekerjaan mereka, namun terdapat permasalahan kebanyakan orang ketika duduk dalam waktu yang lama cenderung mengabaikan posisi duduk mereka, apakah mereka duduk dalam kondisi posisi duduk yang benar atau salah. Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam penelitian ini mengusulkan sebuah sistem yang dapat memberikan peringatan kepada pengguna ketika pengguna duduk dengan kondisi yang salah. Pada penelitian ini menggunakan sensor IMU MPU6050 yang diletakkan pada area punggung pengguna dan mikrokontroler Arduino nano yang digunakan sebagai pemroses hasil pembacaan sensor, buzzer dan aplikasi mobile berbasis android. Permasalahan pembacaan nilai sudut sensor yang diakibatkan oleh derau dapat diatasi dengan menggunakan kalman filter sehingga hasil pembacaan sensor menjadi lebih akurat. Berdasarkan gerakan pada punggung yang dilakukan pada pengujian terhadap Axis X saat posisi punggung mendongak kedepan dan kebelakang memiliki nilai offsite yang kecil sebesar 0.54° . Proses pengiriman data memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100% dengan respond time sekitar 51ms. Untuk kemampuan jangkauan pengiriman data sejauh 25 Meter.

Kata Kunci: Sistem tertanam, Mikrokontroler, Kalman Filter

Corresponding Author E-mail: arif@politala.ac.id*

Received February 2023; revised March 2023; accepted March 2023; published May 2023

1. Pendahuluan

Penggunaan komputer dewasa ini sudah merambah semua lapisan masyarakat karena dapat mempermudah dan mempercepat segala macam pekerjaan sehingga banyak orang menghabiskan waktu duduk didepan komputer untuk menyelesaikan pekerjaan, namun kebanyakan orang tidak memperhatikan posisi duduk yang baik ketika bekerja dikarenakan, kebiasaan duduk yang tidak baik secara berkelanjutan dalam waktu lama dapat menimbulkan masalah yang serius bagi kesehatan tubuh.

Posisi duduk yang benar yakni duduk dengan posisi tegap sudut 90 derajat yang mengharuskan seseorang untuk selalu menjaga bagian-bagian vital pada tubuh untuk selalu berada pada postur yang tepat. Duduk terlalu lama dapat menyebabkan resiko ambeien, penyakit jantung, diabetes, obesitas, serta merusak persendian, otot dan postur tubuh. Salah satu resiko yang seringkali dialami adalah sakit pinggang, sakit pinggang sering disebabkan oleh cedera otot atau sendi di area pinggang hal ini terjadi dikarenakan posisi duduk salah dengan waktu yang lama[1]. Posisi duduk salah jika dipertahankan untuk waktu yang lama dapat menimbulkan spasme otot pada tulang belakang secara berlebihan sehingga mengakibatkan rasa nyeri[2].

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun sistem deteksi posisi duduk berbasis *embedded system* yang mampu memberikan informasi dan peringatan dini kepada pengguna pada saat pengguna duduk dengan posisi duduk yang kurang tepat. Dengan memanfaatkan *embedded system* memungkinkan untuk membuat sistem yang murah, konsumsi daya yang rendah, dan bentuk yang lebih kecil[3].

Penerapan dan penggunaan *embedded system* banyak digunakan diberbagai keperluan antara lain diterapkan pada sistem monitoring penggunaan arus listrik dan air[4], sistem monitoring pendeteksi hujan

dan suhu[5], penerapan pada kandang ayam broiler[6] bahkan digunakan untuk kendali perangkat[7].

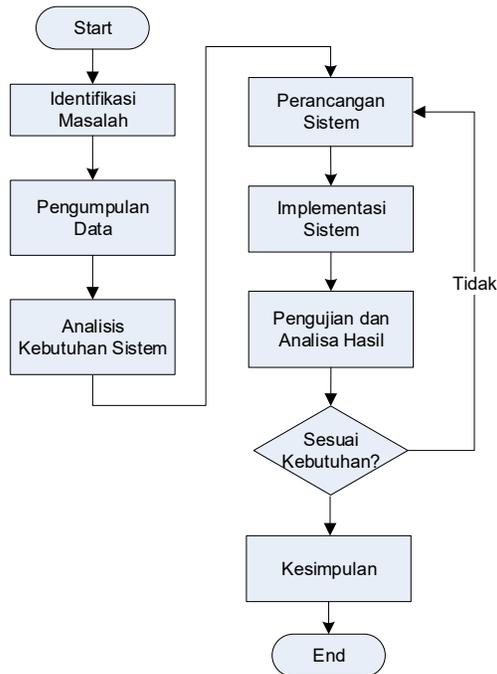
Penelitian ini akan berfokus pada bagaimana membangun sistem tertanam untuk koreksi posisi duduk, pada penelitian sebelumnya terdapat teknologi BetaSPC, teknologi ini bertujuan untuk membuat sistem pendeteksi posisi duduk menggunakan Arduino duemillanove sebagai prosessor dan sensor *infrared* yang didasarkan pada jumlah cahaya yang dipantulkan pada sebuah pakaian yang merenggang, namun sistem ini masih sangat sederhana sekali dan belum memiliki perangkat lunak yang dapat digunakan untuk monitoring[8]. Penelitian serupa pernah dilakukan untuk eksplorasi mengenai posisi tubuh ketika menggunakan *smartphone*, penelitian ini menggunakan sensor *accelerometer* pada penelitian ini mampu mendeteksi posisi tubuh pada aktivitas penggunaan *smartphone* sebesar 82,5%[9].

Penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak. Bagian perangkat keras diletakkan pada area punggung pengguna, hasil pembacaan posisi duduk yang dihasilkan oleh sensor akan diproses oleh mikrokontroler, untuk mengurangi *noise* pada hasil pembacaan sensor digunakan *kalman filter* untuk kemudian dikirimkan ke aplikasi yang ada pada *smartphone* menggunakan media transmisi *Bluetooth*. Pada perangkat keras juga dilengkapi *buzzer* yang akan berbunyi ketika hasil pembacaan sensor melebihi ambang batas yang sudah ditentukan dan berfungsi sebagai indikator jika pengguna duduk dalam kondisi duduk yang salah.

Kalman filter merupakan *recursive digital filter* yang dapat mengestimasi kondisi proses apapun dengan sangat efektif[10]. Kalman *filter* memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi *noise* dan memiliki media penyimpanan yang kecil serta komputasi yang cepat [11].

Beberapa contoh penerapan algoritma *Kalman filter* [12][13][14][15].

2. Metode

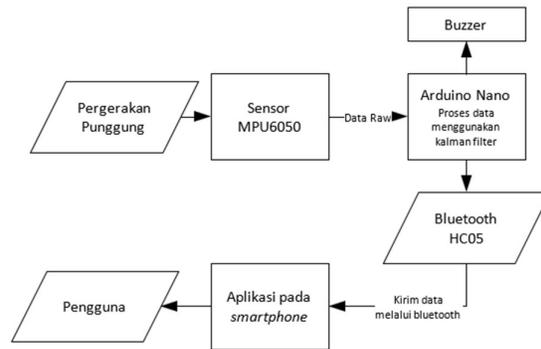


Gambar 1. Alur penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan dari pembuatan sistem koreksi posisi duduk, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1. Tahapan berikutnya melakukan pengumpulan data dengan studi literatur dan wawancara untuk mendapatkan spesifikasi sistem yang dibutuhkan yaitu kebutuhan dari alat yang digunakan dan perangkat lunak yang akan dibuat. Beberapa kebutuhan dari peralatan yang akan digunakan adalah Arduino nano, sensor IMU MPU6050, modul Bluetooth, buzzer dan baterai Li-po. Perangkat lunak yang dimaksud adalah aplikasi mobile berbasis android yang berguna untuk memonitoring posisi duduk pengguna. Tahapan selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat

lunak. Selanjutnya melakukan implementasi atau pembangunan sistem yang diikuti dengan pengujian dan analisa hasil.

2.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 2. Gambaran umum sistem

Gambaran umum system dapat dilihat pada Gambar 2. Sensor MPU 6050 akan merasakan atau mendeteksi perubahan pergerakan punggung pengguna. Data yang dihasilkan dari sensor akan diproses oleh Arduino nano, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat data *raw* yang dihasilkan oleh sensor akan di *filter* terlebih dahulu menggunakan *kalman filter* dan dikirimkan ke *smartphone* pengguna melalui media transmisi *Bluetooth*. *Buzzer* digunakan sebagai indikator ketika pengguna duduk dalam kondisi yang salah.

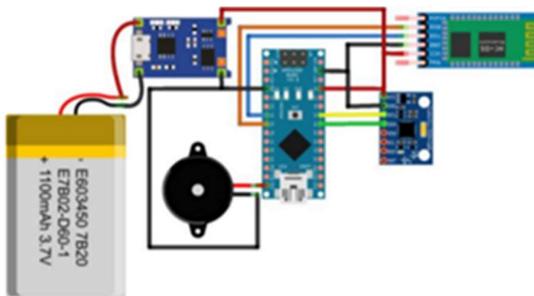
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Untuk memperoleh nilai yang dihasilkan oleh pergerakan punggung, sensor MPU6050 ditempatkan pada bagian belakang rompi. Pada rompi juga terdapat baterai li-po yang digunakan untuk catu daya dari mikrokontroler Arduino nano sebagai pemroses serta *buzzer* yang digunakan sebagai indikator. Hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan sistem deteksi posisi duduk

Gambar 4 menunjukkan rangkaian perangkat keras terdapat sensor MPU6050, modul *Bluetooth* HC05, *buzzer*, yang terhubung dengan Arduino nano dan modul baterai TP4056 yang terhubung dengan Arduino nano dan baterai Li-po.



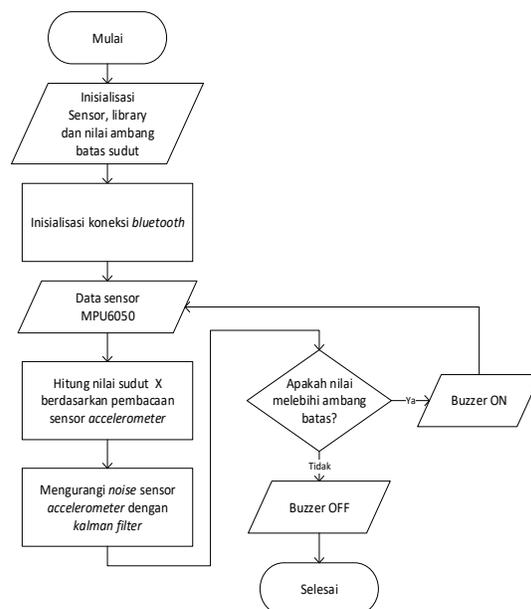
Gambar 4. Rancangan perangkat keras

Pada penelitian ini menggunakan sensor MPU6050 yang memiliki inputan data berupa sumbu x,y,z untuk kemudian di filter menggunakan *Kalman filter*. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi sudut percepatan dimana data yang *bernoise* akan di filter dengan algoritma yang terdapat pada library *Kalman filter*.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada Gambar 5 menjelaskan *flowchart* yang akan di terapkan pada perangkat lunak. Proses dimulai dengan menginisialisasi sensor MPU6050, library *kalman filter*, *Bluetooth* dan menentukan nilai ambang batas, nilai ambang batas yakni 135 derajat. Setelah itu melakukan proses pembacaan sensor, sensor MPU6050 mampu membaca

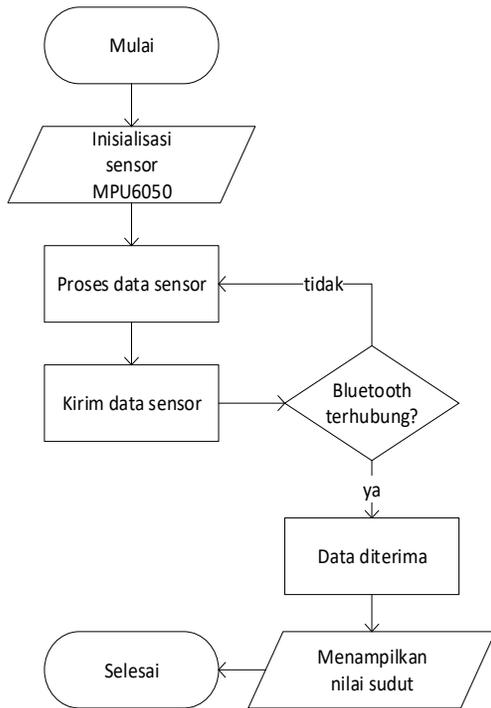
sudut X, Y, Z namun pada penelitian ini nilai sudut yang dihitung hanya nilai sudut X. Setelah nilai sudut didapatkan dan di filter menggunakan library *kalman filter*. Langkah selanjutnya adalah menentukan apakah nilai hasil pembacaan sensor melebihi ambang batas yang telah ditentukan yakni 135 derajat, jika nilai ambang batas melebihi maka *buzzer* akan berbunyi sebagai indikator pengingat bagi pengguna, jika tidak melebihi ambang batas maka *buzzer* akan berhenti.



Gambar 5. Flowchart perancangan perangkat lunak

Pada Gambar 6 menjelaskan *flowchart* dari proses kirim data sensor dimulai dari inisialisasi sensor MPU6050, setelah itu data *raw* yang dihasilkan dari sensor akan diproses oleh Arduino untuk kemudian dikirimkan melalui modul *Bluetooth*, jika *Bluetooth* terhubung maka data dari hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada smartphone pengguna.

Pada Gambar 7 menunjukkan *mockup user interface* dari aplikasi yang digunakan oleh pengguna. Aplikasi dibuat menggunakan *MIT app inventor*.



Gambar 6. Flowchart pengiriman data

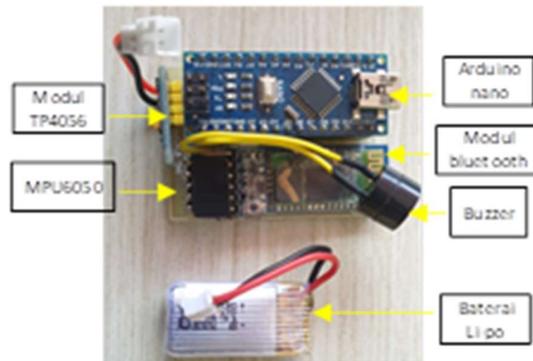


Gambar 7. Mockup aplikasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada Gambar 8 menunjukkan implementasi perangkat keras sesuai dengan perancangan yang telah dirancang sebelumnya. Perangkat sistem deteksi koreksi posisi duduk ini akan ditempatkan didalam rompi khusus yang memudahkan pengguna untuk menggunakannya, bahan rompi berbahan karet agar dapat disesuaikan dengan kondisi tubuh pengguna. Pada perangkat rompi ini terpasang sensor IMU-6050, Arduino nano, *buzzer*, modul *Bluetooth*, modul baterai TP4056 dan baterai Li-po. Perangkat ini dapat digunakan secara portable karena dilengkapi dengan baterai yang terhubung dengan perangkat menggunakan daya tegangan sebesar 5V.



Gambar 8. Implementasi perangkat keras



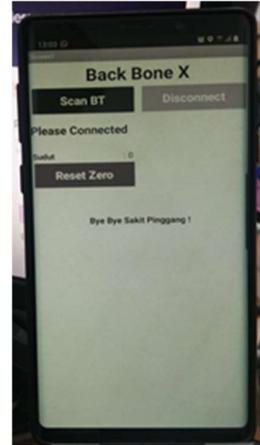
Gambar 9. Implementasi penggunaan perangkat keras

Pada Gambar 9 menunjukkan implementasi penggunaan perangkat keras. Pada bagian belakang rompi terdapat perangkat yang mampu memberikan peringatan kepada pengguna pada saat pengguna duduk dengan kondisi duduk yang salah.

3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak merupakan tahapan untuk pembuatan program dan pembuatan aplikasi pengguna. Pada pembuatan program pada mikrokontroler Arduino nano menggunakan compiler Arduino IDE dengan memanfaatkan *library* untuk akusisi data dari sensor dan media transmisi data. Sedangkan untuk pembuatan aplikasi pengguna menggunakan *MIT App Inventor*.

Pada Gambar 10 menunjukkan hasil dari implementasi perangkat lunak aplikasi android pada smartphone pengguna. Pada aplikasi ini terdapat menu *scan* yang digunakan untuk melakukan pencarian *Bluetooth* perangkat yang terpasang pada rompi. *button connect* digunakan untuk perintah menyambungkan perangkat *smartphone* dengan perangkat rompi dan menu sudut digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sudut yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor.



Gambar 10. Implementasi perangkat lunak

3.3 Pengujian Hasil Kalman Filter

Pengujian akurasi keluaran sensor MPU6050 dilakukan untuk mengetahui akurasi dari sensor. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan perangkat dibidang yang datar dan disesuaikan sudut kemiringannya dengan menggunakan alat pembanding yaitu busur derajat. Perangkat yang dilengkapi dengan sensor MPU6050 akan dimiringkan sebesar 0° , 30° , 60° , dan 90° sesuai dengan busur derajat. Hasil pengujian akurasi dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:



Gambar 11. Hasil pengujian pada Axis X

Pada Gambar 11, terdapat hasil keluaran yang dibandingkan, pada grafik dapat dilihat grafik berwarna biru menandakan hasil keluaran data *raw* dari sensor dan warna merah menandakan hasil

keluaran yang telah di *filter* menggunakan *kalman filter*. Dari hasil pengujian, dapat terlihat bahwa grafik yang berwarna biru terlihat tidak stabil karena disebabkan oleh banyaknya *noise* yang mengakibatkan hasil

pembacaan sensor menjadi tidak akurat, sedangkan grafik yang berwarna merah terlihat lebih stabil sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil keluaran dari *kalman filter* tingkat akurasi lebih baik jika dibandingkan dengan hasil keluaran data *raw* dari sensor.

3.4 Pengujian Akurasi Keluaran Sensor MPU6050

Pengujian akurasi keluaran sensor MPU6050 dilakukan untuk mengetahui akurasi dari sensor. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan perangkat dibidang yang datar dan disesuaikan sudut kemiringannya dengan menggunakan alat pembanding yaitu busur derajat. Perangkat yang dilengkapi dengan sensor MPU6050 akan dimiringkan sebesar 0° , 30° , 60° , dan 90° sesuai dengan busur derajat. Hasil pengujian akurasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Axis-X

No	Sudut	Pengujian ke-	Hasil Keluaran sensor	Offsite
1	0°	1	0.69°	0.69°
		2	0.72°	0.72°
		3	0.49°	0.49°
2	30°	1	30.35°	0.35°
		2	30.88°	0.88°
		3	30.50°	0.50°
3	60°	1	60.56°	0.56°
		2	60.51°	0.51°
		3	60.59°	0.59°
4	90°	1	90.56°	0.56°
		2	90.40°	0.40°
		3	90.25°	0.25°
Rata-rata Offsite				0.54°

Dari Tabel 1 hasil pengujian akurasi sensor pada sudut x yang telah dilakukan sebanyak 3 kali dengan, dapat dilihat hasil keluaran sensor menunjukkan hasil keluaran yang baik dikarenakan nilai *offsite* dari pembacaan sensor kurang dari 1° dengan rata-rata *offsite* sebesar 0.54° .

3.5 Pengujian Fungsional Perangkat

Pengujian fungsional dari perangkat sistem deteksi koreksi posisi duduk ini dilakukan untuk mengetahui berhasil tidaknya *buzzer* berbunyi pada saat pengguna duduk dengan posisi yang tidak baik. Terdapat tiga gerakan yang dilakukan oleh pengguna pada saat mengenakan perangkat, tiga gerakan yang dilakukan yaitu posisi duduk mendongak kedepan, tegap dan mendongak kebelakang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsional Perangkat

No	Gerakan badan	Sudut	Buzzer	Hasil
1	Mendongak maju	70°	ON	Sukses
2	Mendongak maju	75°	ON	Sukses
3	Tegap	85°	OFF	Sukses
4	Tegap	90°	OFF	Sukses
5	Mendongak kebelakang	105°	ON	Sukses
6	Mendongak kebelakang	110°	ON	Sukses

Dari hasil pengujian fungsional perangkat yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perangkat dapat bekerja dengan baik karena perangkat dapat merespon sesuai dengan kondisi yang dilakukan oleh pengguna.

3.6 Pengujian Koneksi Bluetooth

Pengujian koneksi *Bluetooth* HC-05 ini dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal dari modul *Bluetooth*. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan perangkat sistem dengan aplikasi pada smartphone dan dengan kondisi tanpa adanya halangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian dapat terlihat jangkauan maksimal dari modul *Bluetooth* HC-5 antara perangkat yang terpasang pada rompi dan smartphone adalah sejauh 25 meter, untuk jarak antara 25 meter sampai dengan 30 meter perangkat *Bluetooth*

sudah mengalami pelemahan sinyal dan terputus.

Tabel 3. Hasil Pengujian Koneksi

No	Pengujian Ke-	Jarak (Meter)	Status
1	1	5	Terhubung
2	2	10	Terhubung
3	3	15	Terhubung
4	4	20	Terhubung
5	5	25	Putus, Terhubung
6	6	30	Putus

3.7 Pengujian Respond Time

Pengujian respon time ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh perangkat ketika mengirimkan data ke aplikasi pada *smartphone*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Respond Time

No	Gerakan badan	Pengujian ke-	Respond time (ms)
1	Mendongak maju	1	42
		2	60
		3	53
2	Tegap	1	34
		2	46
		2	50
3	Mendongak kebelakang	1	62
		2	55
		3	57
Rata-rata			51

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pengiriman data sudah cepat dan stabil karena pengiriman data memerlukan tidak lebih dari 100ms yaitu dengan rata-rata kirim data adalah 51ms.

4. Penutup

Berdasarkan perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, maka penerapan sistem tertanam untuk koreksi posisi duduk dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem dapat diimplementasikan menggunakan

mikrokontroler Arduino nano dan sensor IMU6050 dapat bekerja dengan baik meskipun hasil keluaran sensor hanya menggunakan Axis X. Hasil keluaran sensor dirubah menjadi nilai sudut, perubahan nilai ini menyebabkan *noise* yang besar, untuk mengatasi hal tersebut digunakanlah *kalman filter* untuk mengurangi *noise*. Berdasarkan hasil pengujian *kalman filter* efektif digunakan untuk mengurangi *noise* sehingga hasil keluaran sensor menjadi lebih akurat dan stabil.

Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Axis X terhadap tiga orang pengguna memiliki akurasi yang baik dengan offsite sebesar 0.54° dari nilai sudut yang sebenarnya hal ini kemungkinan dikarenakan poster tubuh pengguna yang berbeda beda.

Perancangan pengiriman data dari perangkat ke aplikasi *smartphone* pengguna dapat bekerja dengan baik menggunakan modul *Bluetooth* HC-05. Berdasarkan hasil pengujian perangkat *Bluetooth* dapat terhubung dengan jangkauan maksimal sejauh 25 meter dengan kondisi tanpa halangan dan memiliki *respond time* yang baik yaitu dengan rata-rata waktu sekitar 51ms.

6. Daftar Pustaka

- [1] Z. S. Hafid, U. Aisyah N, and P. D. Putro, "Nyeri Punggung Bawah Akibat Posisi Duduk yang Salah Pada Pesepeda," *J. Keterampilan Fis.*, vol. 5, no. 2, pp. 71–88, 2020, doi: 10.37341/jkf.v5i2.233.
- [2] M. Latifah, M. Citrawati, and H. Yusmaini, "Hubungan Posisi Duduk dan Lama Duduk dengan Low Back Pain pada Pekerja Sektor Industri : Tinjauan Sistematis," *Semin. Nas. Ris. Kedokt.*, pp. 17–29, 2022.
- [3] W. T. Sung, T. Kang, and J. G. Lee, "Controller design of a MEMS gyro-accelerometer with a single proof mass," *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol. 6, no. 6.

- pp. 873–883, 2008.
- [4] Guntur, “Implementasi Sistem Monitoring Penggunaan Listrik dan Air PDAM Berbasis Embedded System,” *E-JURNAL JUSITI J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 31–38, 2017, [Online]. Available: <http://ejurnal.diponegara.ac.id/index.php/jusiti/article/view/43>
- [5] R. O. W. Muhamad Yusvin Mustar, “Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time (Implementation of Rain Detection and Temperature Monitoring System Based on Real Time Sensor),” *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 20–28, 2017, [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoard>
- [6] F. Fathurrahmani, W. Kusrini, K. A. Hafizd, and A. Supriyanto, “Penerapan Sistem Tertanam untuk Monitoring Kandang Ayam Broiler,” *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 19, no. 1, pp. 53–61, 2019, doi: 10.30812/matrik.v19i1.490.
- [7] S. Rifka, F. Firdaus, and W. F. Ramadhan, “Penerapan Embedded System pada Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat dalam Kelas berbasis Intel Galileo dan Web,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 1, pp. 51–61, 2018, doi: 10.17529/jre.v14i1.9790.
- [8] M. Budiarto, A. A. Gozali, and H. Hidayaturrohman, “Sistem Koreksi Postur Duduk Dengan Betaspic Berbasis Arduino Duemilanove,” *CCIT J.*, vol. 9, no. 3, pp. 290–302, 2016, doi: 10.33050/ccit.v9i3.461.
- [9] M. Liandana, M. A. W. Putra, and K. A. A. Aryanto, “Deteksi Posisi Tubuh pada Aktivitas Pengguna Smartphone Menggunakan Sensor Accelerometer,” *Konf. Nas. Sist. Inform.*, pp. 630–633, 2017.
- [10] F. Pakpahan, P. Pangaribuan, and R. Nugraha, “Sistem Kontrol Keseimbangan Pada Electric Unicycle Ketika Kondisi Pengereman Menggunakan Metode Kalman Filter,” *J. Telkom Univ.*, vol. 3, no. 3, pp. 4261–4270, 2016.
- [11] M. A. R. Wicaksono, F. Kurniawan, and L. Lasmadi, “Kalman Filter untuk Mengurangi Derau Sensor Accelerometer pada IMU Guna Estimasi Jarak,” *Avitec*, vol. 2, no. 2, pp. 145–159, 2020, doi: 10.28989/avitec.v2i2.752.
- [12] R. Patmasari and S. Saidah, “Implementasi Dan Analisis Kalman Filter Pada Sensor Inertial Measurement Unit (Imu) Implementation and Analysis of Filter Kalman on Sensor Inertial Measurement Unit (Imu),” *Implementasi Dan Anal. Kalman Filter Pada Sens. Inert. Meas. Unit*, pp. 1–9, 2019.
- [13] M. A. R. Wicaksono, F. Kurniawan, and L. Lasmadi, “Kalman Filter to Reduce Accelerometer Sensor Noise on IMU for Distance Estimation,” *Avitec*, vol. 2, no. 2, pp. 145–159, 2020.
- [14] L. Lasmadi, A. Cahyadi, and R. Hidayat, “Implementasi Kalman Filter untuk Navigasi Quadrotor Berbasis Sensor Accelerometer,” *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. Ind. 2016*, p. E.35.1-6, 2016.
- [15] R. Setiawan, H. H. Triharminto, and M. Fahrurozi, “Gesture Control Menggunakan IMU MPU 6050 Metode Kalman Filter Sebagai Kendali Quadcopter,” *Pros. Semin. Nas. Sains Teknol. dan Inov. Indones.*, vol. 3, no. November, pp. 411–422, 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.133.