

Linear Potentiometer Sensor-Based of Athlete Flexibility Measurement Tool

Dzihan Khilmi Ayu Firdausi^{1*}, Muhammad Eka Mardiyansyah Simbolon¹, Indra Dwisaputra², Catur Pebriandani²

¹ Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung

² Teknik Elektronika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

*Corresponding author, email: dzihanayu@unmuhbabel.ac.id.

Received 2023-10-14; Revised 2023-12-06; Accepted 2024-02-07

Abstract

This study aims to develop a novel "sit and reach test" flexometer device utilizing a linear potentiometer sensor to quantitatively evaluate an individual's body flexibility. The innovation in this research lies in the utilization of electronic means to measure flexibility, replacing conventional manual methods. The device employs a linear potentiometer sensor that translates analog voltage into a digital value (ADC) and subsequently converts the digital data into distance measurements in centimeters (cm). The processed data, representing the distance measurements, is wirelessly transmitted to a personal computer (PC) for automatic capture and analysis. The design considerations prioritize modernity, practicality, effectiveness, and efficiency. The experimental outcomes demonstrate the efficacy of the developed tool. The readings from the linear potentiometer sensor exhibit a high linearity, indicated by an R^2 value of 0.9999. The average error percentage is minimal, measuring at 0.17%. Moreover, the device allows for direct wireless transmission of data to a PC immediately after assessing an athlete's flexibility. This study not only introduces a novel electronic approach for assessing body flexibility but also validates its accuracy and efficiency through comprehensive testing and analysis.

Keywords: Flexometer; Linear Potensiometer; Analog to Digital Converter; Wireless

1. Introduction

Fleksibilitas termasuk sebagai komponen kinerja utama, dan sebagai bagian integral dari program pengkondisian fisik bagi banyak cabang olahraga [1]. *Fleksibilitas* juga diakui sebagai komponen penting dari kondisi kebugaran fisik seseorang [2]. Namun demikian, saat ini belum ada pengembangan instrument pengukur *fleksibilitas* yang menggunakan *Flexometer*. Negara dengan iptek olahraganya yang maju diikuti dengan prestasi olahraga yang maju pula [3]. Pengukuran *fleksibilitas* yang dilakukan saat ini masih menggunakan meja *Flexometer* yang memiliki skala cm pada permukaan mejanya, atau bahkan ada yang menggunakan meja/ bangku biasa yang kemudian diletakkan sebuah penggaris, kemudian dicatat hasil pelaksanaan tesnya untuk dibandingkan dengan tabel pengklasifikasian *fleksibilitas* [2][4][5][6].

Pengujian simulasi integrasi sistem teknologi skala laboratorium sudah dikerjakan pada penelitian sebelumnya. Secara eksperimental konsep teknologi *Fleksometer* berfungsi dengan baik. Hasilnya, Pengukuran menggunakan *flexometer* lebih tinggi dibandingkan dengan *flexometer* konvensional. Selisihnya sampai 3,774 cm [7]. Prabandani dan Laksono melakukan pengukuran *fleksibilitas* tubuh dengan menggunakan *sit and reach box (flexometer)* [8]. Penelitian yang dilakukan Afsharnezad, Nateghi, & Soufi mengukur

fleksibilitas dengan menggunakan sebuah bangku 12 inch yang kemudian di letakkan sebuah penggaris di atasnya [2]. Hal serupa juga dilakukan pada penelitian Perbandani & Laksono, mereka mengumpulkan data *fleksibilitas* ibu *postpartum* menggunakan *sit and reach box* (flexometer) [8]. Adapun ilustrasi pelaksanaan *sit and reach test* menggunakan flexometer konvensional dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Ilustrasi *sit and reach test* menggunakan Flexometer Konvensional

Pemanfaat teknologi infra merah dan *wireless* dan sistem kerja flexometer secara elektronik menjadi fokus penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga akan mengembangkan bentuk dari flexometer itu sendiri, sehingga diperoleh produk yang tidak hanya efektif dan efisien, tetapi juga praktis.



Gambar 2 Model *sit and reach box (flexometer)* konvensional yang akan dikembangkan

Prosedur pelaksanaan tes heksagonal sebagai berikut: (1) Duduk tegak lurus dengan kaki direntangkan ke depan (2) ujung jari menempel pada block pada alat fleksometer; (3) sepanjang waktu tes, atlet pandangan harus ke depan; (3) pada perintah GO/Mulai, atlet mendorong tangan kedepan sejauh- jauhnya samapai maksimal; (7) tiap atlet mendapatkan 3 kali kesempatan; (8) setelah menyelesaikan tes kedua, diambil jarak yang paling jauh (9) selanjutnya untuk asesmen dilakukan dengan membandingkan pada [Tabel 1](#).

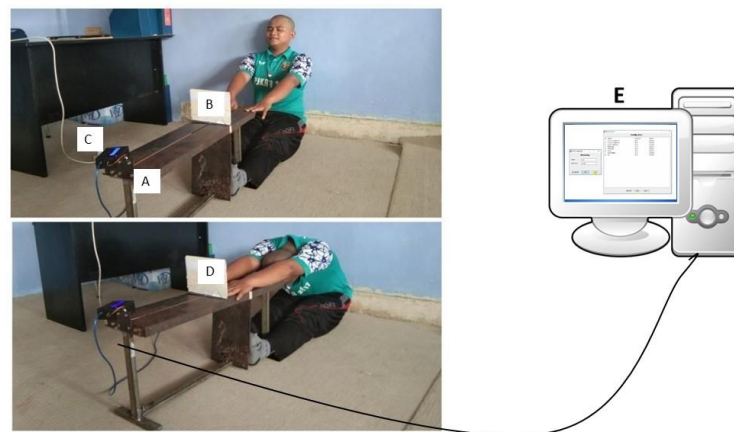
Pemanfaat teknologi infra merah dan *wireless* dan sistem kerja flexometer secara elektronik menjadi fokus penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga akan mengembangkan bentuk dari flexometer itu sendiri, sehingga diperoleh produk yang tidak hanya efektif dan efisien, tetapi juga praktis. Prosedur pelaksanaan tes heksagonal sebagai berikut: (1) Duduk tegak lurus dengan kaki direntangkan ke depan (2) ujung jari menempel pada block pada alat fleksometer; (3) sepanjang waktu tes, atlet pandangan harus ke depan; (3) pada perintah GO/Mulai, atlet mendorong tangan kedepan sejauh- jauhnya samapai maksimal; (7) tiap atlet mendapatkan 3 kali kesempatan; (8) setelah menyelesaikan tes kedua, diambil jarak yang paling jauh (9) selanjutnya untuk asesmen dilakukan dengan membandingkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Normative sit and Reach tes menggunakan Flexometer

Gender	Hasil dan Kategori				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Kurang	Sangat Kurang
Laki- laki	>14cm	11-14cm	7-10cm	4-6cm	<4cm
Perempuan	>15cm	12-15cm	7-11cm	4-6cm	<4cm

Tinjauan literatur ilmiah terkait prinsip-prinsip dasar teknologi produk sangat memungkinkan untuk direalisasikan dan terbukti secara teoritis. Hasil penelitian terdahulu terkait sensor dan microcontroller Arduino telah membuktikan bahwa pengembangan alat tes dan pengukuran olahraga sangat mungkin untuk dilakukan [9], [10], [11]. Microcontroller Arduino bersifat *open source*, dan ada gamma periferil yang luas yang memungkinkan pembuatan prototipe produk sensor dan robotik secara cepat [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]. Penelitian terdahulu mengemukakan bahwa pengembangan tautan obrolan web berbasis mikrokontroler Arduino memiliki potensi implementasi skala besar yang bergantung dengan spesifikasi laser dan fotodiodanya [19], [20], [10]. Selanjutnya, penelitian terdahulu menemukan bahwa prototipe alat pengukuran dalam olahraga berbasis *wireless* sangat mungkin direalisasikan [21][22]. Secara eksperimental telah diketahui bahwa komponen-komponen sistem teknologi tersebut dapat bekerja dengan baik.

Berdasarkan percobaan laboratorium, penerapan integrasi sistem teknologi pengukuran *fleksibilitas* ini dapat bekerja dengan baik. Prototipe teknologi fleksometer skala laboratorium telah kami buat sebagaimana pada Gambar 3. Dokumentasi uji coba kinerja system selanjutnya pada tahun 2023 ini, penulis mengembangkan teknologi tersebut untuk menghasilkan prototipe produk berbasis wireless dan menggunakan linear potensiometer



Gambar 3. Prototipe teknologi fleksometer berbasis infra red yang dikembangkan dalam penelitian ini: (a) start laser transmitter, (b) start laser receiver, (c) end laser transmitter, (d) end laser receiver, dan (e) *software* pengukuran *fleksibilitas*

Peneliti sebelumnya telah mengembangkan alat instrumen mengukur *fleksibilitas* yaitu flexometer menggunakan infra red dan telah digunakan oleh pengguna, namun dari hasil evaluasi penggunaan masih kurang praktis karena pengiriman data masih menggunakan kabel, untuk itu diperlukannya sebuah inovasi sehingga lebih praktis dan efisien. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan sebuah produk yang diharapkan adalah sebuah teknologi alat pengukur *fleksibilitas* yang praktis dan menggunakan sistem elektronik

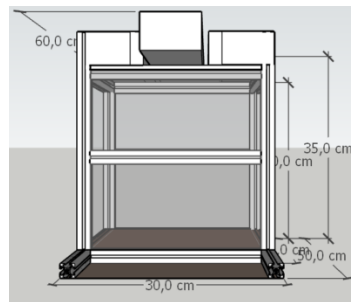
secara otomatis memanfaatkan sensor linear potensiometer sebagai pendeteksi jarak dan dikirimkan secara otomatis ke perangkat lunak menggunakan *wireless*. Kami berhipotesis, bahwa pengembangan alat ukur *fleksibilitas* ini tidak hanya dapat mengukur *fleksibilitas* seseorang dengan valid dan reliabel, tetapi juga lebih praktis dibandingkan cara mengukur *fleksibilitas* sebelumnya yang mempunyai kekurangan yaitu sensor infra red akan terganggu ketika digunakan diruang terbuka dan meminimalisir terjadinya human eror.

2. Material and methods

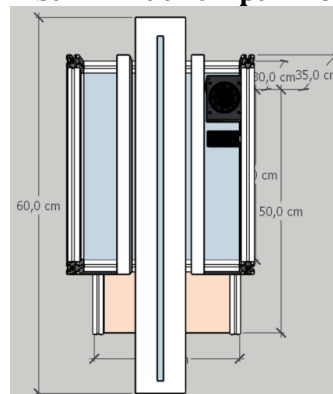
Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat yang dapat mengukur Fleksibilitas seseorang berbasis wireless dan memanfaatkan sensor linear potensiometer dan dapat mendapatkan hasil di komputer. Salahsatu kekurangan dari alat sebelumnya yang sudah dikembangkan oleh peneliti yaitu (1) ketika melakukan pengukuran dilapangan terbuka ketika proses pengukuran menggunakan laser mengalami gangguan ketiaka terkena sinar matahari (2) pelaksanaan pengukuran harus menggunakan kabel sehingga tidak praktis dan sering terjadi kendala dengan adanya alat ini bisa membantu diharapkan dapat mengurangi kekurangan pada perancangan alat sebelumnya. Rancangan mekanik alat Flexometer yang akan dikembangkan sebagai berikut.

2.1 Desain Mekanik Alat

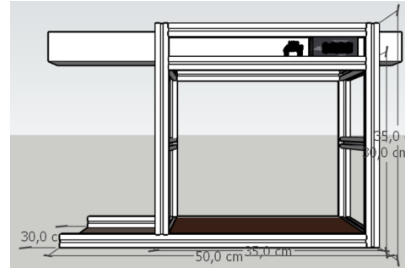
Sistem mekanik alat dirancang portable dan mudah untuk dipindahkan. Tulang frame terbuat dari alumunium profil ukuran 20x20 cm. Dengan menggunakan alumunium profil diharapkan hasil konstruksi tidak terlalu berat. Pada bagian sisi ditutup menggunakan bahan Aluminium Composite Panel (ACP). Bahan ini merupakan material perpaduan dari plat aluminium dan composite sehingga kuat dan tidak mudah pecah. Flexometer yang dibuat mempunyai lebar 30 cm, panjang 50 cm dan tinggi 35 cm. Gambar konstruksi sistem mekanik alat dapat dilihat pada gambar berikut.



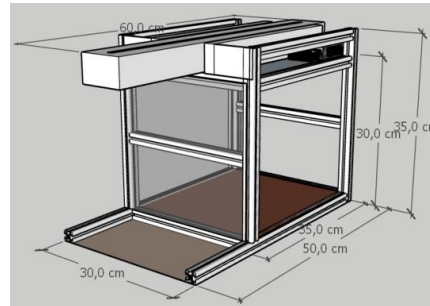
Gambar 4. Alat Tampak Depan



Gambar 5. Alat Tampak Atas



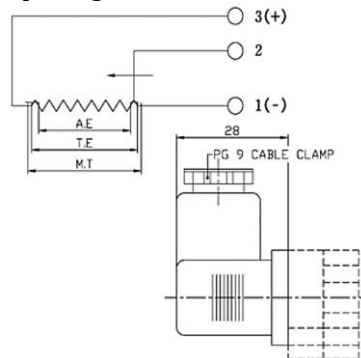
Gambar 6 . Alat Tampak Samping Kanan



Gambar 7. Alat Tampak Kanan Depan

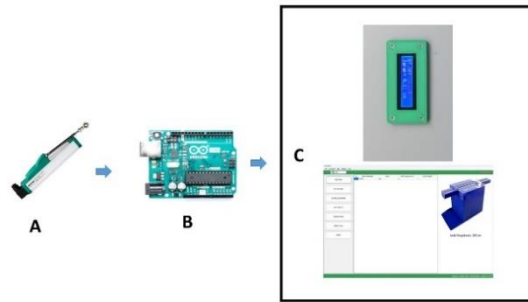
2.2 Sensor linear potensiometer

Untuk mendeteksi jarak pada flexometer digunakan sensor linear potensiometer. Tipe yang digunakan adalah Transducer KTF 550 LP Punggung Linear dengan jarak perubahan 550 mm. Sensor ini bekerja dengan merubah resistansi pada saat terjadi perubahan jarak. Pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh nilai tegangan pada sensor terhadap perubahan jarak. Metode pengujian adalah dengan cara eksperimen memberikan tegangan 5V pada pin 3 (+) dan 0V pada pin 1. Pin 2 dihubungkan ke pin ADC pada mikrokontroler. Rangkaian ujicoba dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Rangkaian Elektrik pada sensor

Setelah rangkaian terhubung dengan benar, mikrokontroler di program untuk membaca nilai ADC. Nilai ADC yang terbaca kemudian dikirim ke serial monitor untuk dicatat.

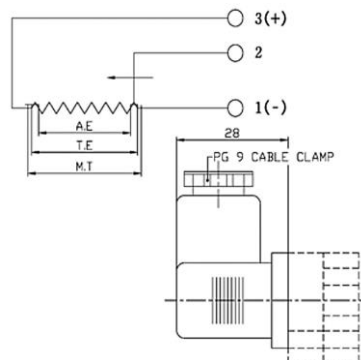


Gambar 9 : (A) sensor linear potensiometer Transducer KTF 550 LP (B) Arduino Uno (C) Display Tampilan hasil pengukuran di box flexometer dan di PC GUI

3. Results and discussion

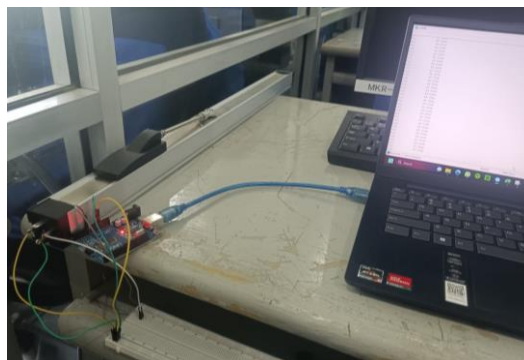
3.1 Pengujian Sensor Linear Potensiometer

Untuk mendeteksi jarak pada flexometer digunakan sensor linear potensiometer. Tipe yang digunakan adalah Transducer KTF 550 LP Punggung Linear dengan jarak perubahan 550 mm. Sensor ini bekerja dengan merubah resistansi pada saat terjadi perubahan jarak. Pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh nilai tegangan pada sensor terhadap perubahan jarak. Metode pengujian adalah dengan cara eksperimen memberikan tegangan 5V pada pin 3 (+) dan 0V pada pin 1. Pin 2 dihubungkan ke pin ADC pada mikrokontroler. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Rangkaian ujicoba dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 10. Rangkaian Elektrik pada sensor

Setelah rangkaian terhubung dengan benar, mikrokontroler arduino uno di program untuk membaca nilai ADC. Nilai ADC dipetakan kedalam cm karena standar pengukuran fleksibilitas atlet dilakukan dengan satuan cm. Nilai ADC dan hasil pengukuran (cm) yang terbaca kemudian dikirim ke serial monitor untuk disimpan. Proses pengujian sensor dapat dilihat pada gambar 11.

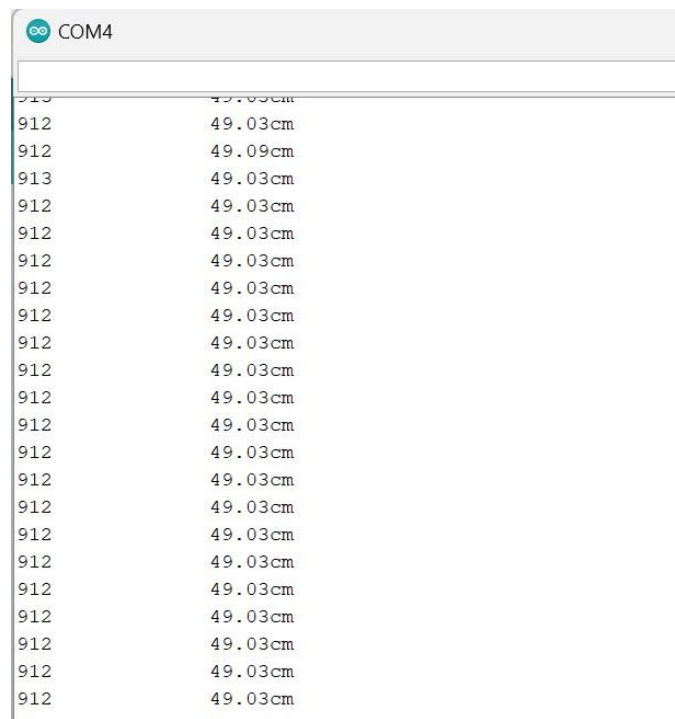


Gambar 11. Pengujian Sensor

Adapun program yang digunakan adalah sebagai berikut:

```
#define Pot A0
int dataSensor;
float Jarak;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Pot, INPUT);
}
void loop() {
  dataSensor= analogRead(A0);
  Jarak = (float) dataSensor/1023*55;//casting -
konversi data
  Serial.print(Jarak);
  Serial.println("cm");
  Serial.print(dataSensor);
  Serial.print('\t');
  Serial.print('\t');
  delay(200);
}
```

Tampilan pengiriman data dari mikrokontroler ke serial monitor dilakukan secara real time. Hasil tampilan dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Tampilan data pada serial monitor

Data hasil pengujian diambil berupa nilai ADC dan Nilai jarak (cm) yang ditampilkan di serial monitor. Hasil nilai jarak ini kemudian dibandingkan dengan jarak sebenarnya. Dari hasil perbandingan didapat nilai persentase error. Persentase error didapat dari nilai absolut dari jarak sebenarnya dikurangi dengan jarak tampilan serial monitor dikurangi dengan jarak sebenarnya. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase error} = \frac{|\text{Jarak sebenarnya} - \text{Jarak tampilan serial monitor}|}{\text{Jarak sebenarnya}} \times 100\% \quad (1)$$

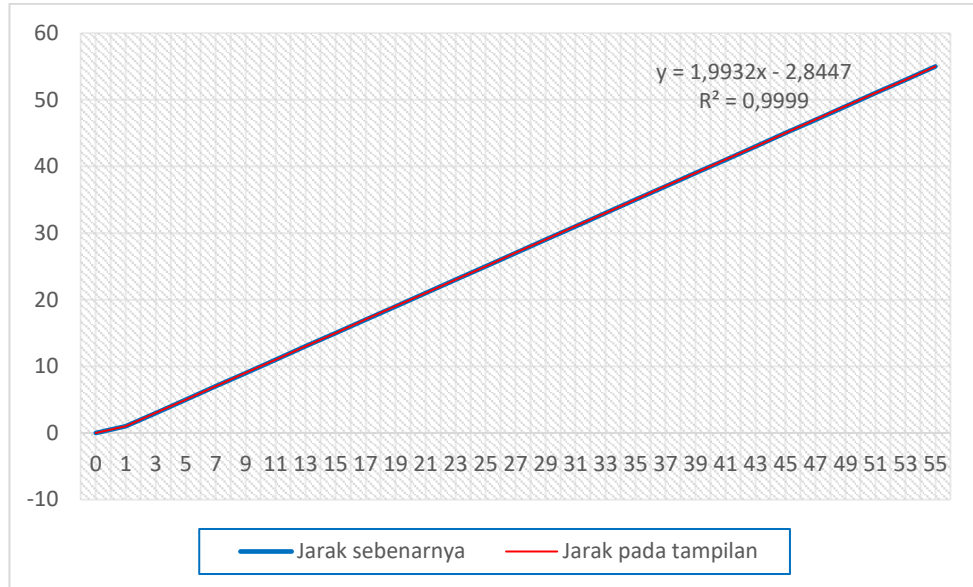
© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Dari hasil pengujian sensor dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor

ADC	Jarak sebenarnya (cm)	Jarak tampilan serial monitor (cm)	Persentase Error
0	0	0	0,00%
19	1	1,02	2,00%
56	3	3,01	0,33%
93	5	5	0,00%
131	7	7,04	0,57%
168	9	9,03	0,33%
205	11	11,02	0,18%
242	13	13,01	0,08%
279	15	15	0,00%
317	17	17,04	0,24%
354	19	19,03	0,16%
391	21	21,02	0,10%
428	23	23,01	0,04%
465	25	25	0,00%
503	27	27,04	0,15%
540	29	29,03	0,10%
577	31	31,02	0,06%
614	33	33,01	0,03%
651	35	35	0,00%
689	37	37,04	0,11%
726	39	39,03	0,08%
763	41	41,02	0,05%
800	43	43,01	0,02%
837	45	45	0,00%
875	47	47,04	0,09%
912	49	49,03	0,06%
949	51	51,02	0,04%
986	53	53,01	0,02%
1023	55	55	0,00%
Rata-rata Error			0,17%

Dari tabel dapat dilihat bahwa persentase error terbesar (2%) terjadi pada saat nilai ADC 19 dengan jarak 1 cm. Namun hasil persentase error yang lainnya didapat kurang dari 1%. Dari tabel dapat dibuatkan grafik linearitas hubungan antara jarak yang sebenarnya dengan jarak pada pengujian program. Gambar grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 13.



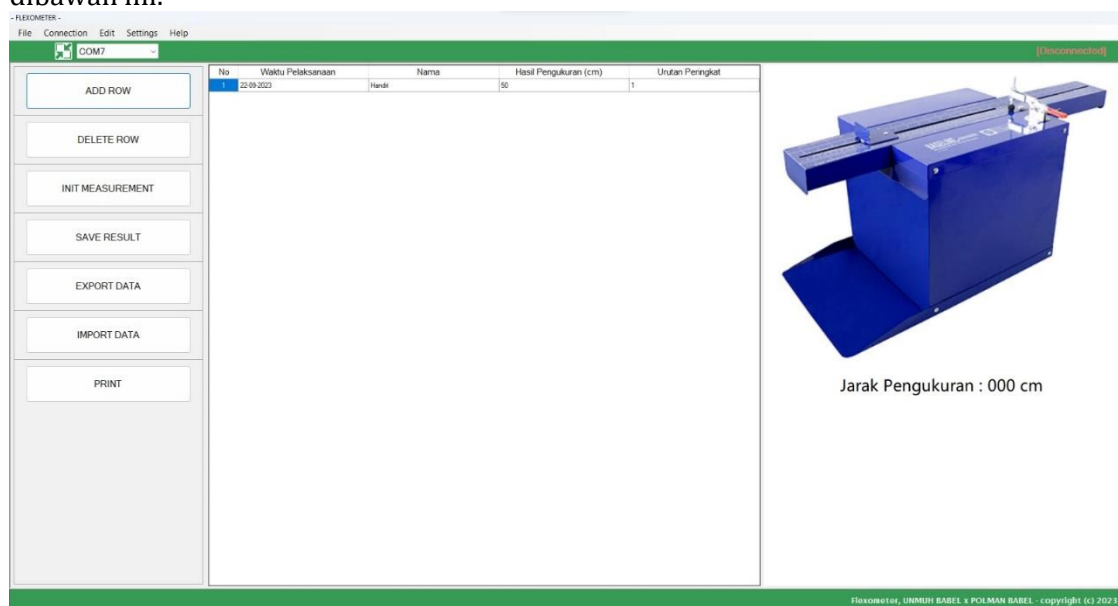
Gambar 13. Grafik Pengujian Sensor

Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor mendekati linear dengan $R^2=0,9999$. Rata-rata persentase error adalah 0,17%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sensor dapat digunakan pada sistem.

Pada bagian ini dijelaskan hasil penelitian sekaligus diberikan diskusi yang komprehensif. Hasil dapat disajikan dalam bentuk gambar, grafik, tabel dan lain-lain yang membuat pembaca mudah memahami [14], [15]. Pembahasan dapat dilakukan dalam beberapa sub-bab.

3.2 Tampilan Grafic User Interface (GUI) pada komputer.

Setelah mendapatkan Hasil pengukuran flexometer data di kirimkan melalui bluetooth dan dapat ditampilkan dan disimpan PC. Data yang sudah tersimpan juga dapat di export dalam bentuk excel. Selain export file aplikasi ini juga dapat mengimport file yang kemudian dapat disimpan ke database aplikasi. Tampilan GUI pada komputer dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Tampilan GUI pada komputer

4. Conclusion

Alat yang dibuat digunakan untuk mengukur jarak pengukuran Fleksibilitas atlet “sit and reach test” menggunakan flexometer secara actual distance memudahkan untuk mengetahui hasil pengukuran fleksibilitas seseorang. Hasil pengukuran flexometer dapat ditampilkan dan disimpan PC. Tampilan GUI pada komputer sehingga dapat dipantau hasil pengukurannya. Dari pengujian tegangan yang dilakukan pada setiap rangkaian hasil pembacaan sensor mendekati linear dengan $R^2=0,9999$. Rata-rata persentase error adalah 0,17%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sensor dapat digunakan pada sistem.

Author contribution

DKAF dan MEMS : Konseptualisasi keolahragaan, Metodologi, sumber daya, analisis data lapangan, pengawasan. DKAF, MEMS, ID, : Desain dan kinerja prorotype secara elektronika, Penulisan. ID, CP : visualisasi, realisasi prorotype, ujicoba dan analisis laboratorium.

Funding statement

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, Dan Teknologi No Pengumuman 0557/E5.5/A1.04/2023

Acknowledgements

Penulis terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, Dan Teknologi yang telah mensupport pendanaan penelitian ini dalam skema Penelitian Dasar Pemula, dan kepada LPPM universitas Muhammadiyah Bangka Belitung yang mensupport proses kegiatan pelaksanaan penelitian ini serta Politeknik Manufaktur Negeri Bangka sebagai mitra dalam pelaksanaan penelitian ini.

Competing interest

The authors declare no competing interest.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Draper, S. Brent, C. Hodgson, dan G. Blackwell, “Flexibility assessment and the role of flexibility as a determinant of performance in rock climbing,” *Int. J. Perform. Anal. Sport*, vol. 9, no. 1, hal. 67–89, 2009, doi: 10.1080/24748668.2009.11868465.
- [2] T. Afsharnezhad, N. Nateghi, dan M. R. Soufi, “Normalizing Scores of the Modified Back-Saver Sit-And- Reach Test in Middle School Boys,” *Int. J. Sport. Sci. Eng.*, vol. 04, no. 02, hal. 99–105, 2010.
- [3] S. Haryono dan F. S. Pribadi, “Pengembangan Jump Power Meter Sebagai Alat Pengukur Power Tungkai,” *J. Media Ilmu Keolahragaan Indones.*, vol. 2, no. 1, hal. 15–27, 2012, [Daring]. Tersedia pada: file:///Users/simbolon/Library/Application Support/Mendeley Desktop/Downloaded/Haryono, Pribadi - 2012 - Pengembangan Jump Power Meter Sebagai Alat Pengukur Power Tungkai.pdf.
- [4] P. A. López-Miñarro, P. S. de B. Andújar, dan P. L. Rodríguez-García, “A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students,” *J. Sport. Sci. Med.*, vol. 8, no. 1, hal. 116–122, 2009.
- [5] K. A. P. M. Lemmink, M. H. G. Greef, P. Rispen, H. C. G. Kemper, dan M. Stevens, “The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged

- to older men and women," *Res. Q. Exerc. Sport*, vol. 74, no. 3, hal. 331–336, 2003, doi: 10.1080/02701367.2003.10609099.
- [6] W. W. K. Hoeger dan D. R. Hopkins, "A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women," *Res. Q. Exerc. Sport*, vol. 63, no. 2, hal. 191–195, 1992, doi: 10.1080/02701367.1992.10607580.
- [7] D. K. A. Firdausi dan M. E. M. Simbolon, "Development of 'Sit and Reach' Flexometer Using Infrared," *Phys. Educ. Heal. Recreat.*, vol. 4, no. 2, hal. 49–59, 2020, doi: <https://doi.org/10.24114/pjkr.v4i2.14892>.
- [8] D. A. Prabandani dan B. Laksono, "Perbandingan Nilai Fleksibilitas Tubuh Ibu Post Partum yang Melakukan dan Tidak Melakukan Senam Pilates," *J. Kedokt. Diponegoro*, vol. 5, no. 4, hal. 703–708, 2016.
- [9] A. Rusdiana dan D. Budiana, "Developing a maximal leg power device using ultrasonic sensor with liquid crystal display," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 25, no. S, hal. 89–98, 2017.
- [10] A. Rusdiana, "Running Speed Device Development Using a Microcontroller with a Computer System Interface," *Int. J. Control Theory Appl.*, vol. 9, no. 229, hal. 207–214, 2016.
- [11] B. Septiandi, R. Saputra, dan A. Rusdiana, "The Development of Microcontroller-based Reaction Time Measuring Instrument for Sprinter," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Sports Science, Health and Physical Education (ICSSHPE 2017)* -, 2018, vol. 2, hal. 42–46, doi: 10.5220/0007065505610565.
- [12] C. E. Castañeda *et al.*, "Discrete-time neural synchronization between an Arduino microcontroller and a Compact Development System using multiscroll chaotic signals," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 119, hal. 269–275, 2019, doi: 10.1016/j.chaos.2018.12.030.
- [13] G. S. Sharath, N. Hiremath, dan G. Manjunatha, "Design and analysis of gantry robot for pick and place mechanism with Arduino Mega 2560 microcontroller and processed using pythons," *Mater. Today Proc.*, vol. 45, hal. 377–384, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.965.
- [14] Sutono, "Perancangan sistem aplikasi otomatisasi lampu penerangan menggunakan sensor gerak dan sensor cahaya berbasis arduino UNO (ATMega 328)," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 12, no. 2, hal. 223–232, 2014.
- [15] N. A. Arsyad, S. Syarif, M. Ahmad, dan S. As'ad, "Breast milk volume using portable double pump microcontroller Arduino Nano," *Enferm. Clin.*, vol. 30, hal. 555–558, 2020, doi: 10.1016/j.enfcli.2019.07.159.
- [16] K. S. AlRasheed, S. F. Toha, H. Anuar, dan Y. F. Buys, "Maximum Power Point Tracking using Light Dependent Resistor and DC motor for Solar Photovoltaic System in Kuwait," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 9, no. 5, hal. 222–228, 2021, doi: 10.35940/ijrte.e5272.019521.
- [17] S. H. A. A. Bader M. O. Al-thobaiti, Iman I. M. Abosolaiman, Mahdi H. M. Alzahrani dan Mohamed S. Soliman*, "Design and Implementation of a Reliable Wireless Real-Time Home Automation System Based on Arduino Uno Single-Board Microcontroller," *Int. J. Control. Autom. Syst.*, vol. 3, no. 3, hal. 2165–8285, 2014.
- [18] M. S. Bin Bahrudin, R. A. Kassim, dan N. Buniyamin, "Development of Fire alarm system using Raspberry Pi and Arduino Uno," *2013 Int. Conf. Electr. Electron. Syst. Eng. ICEESE 2013*, hal. 43–48, 2013, doi: 10.1109/ICEESE.2013.6895040.
- [19] S. Bambey, E. Lim, K. Corley-Jory, dan P. Taheri, "A cost-efficient transceiver prototype for arduino-based laser communication," *7th IEEE Annu. Inf. Technol. Electron. Mob. Commun. Conf. IEEE IEMCON 2016*, no. October 2016, 2016, doi: 10.1109/IEMCON.2016.7746087.
- [20] D. K. A. Firdausi dan M. E. M. Simbolon, "Development of Automated " Hexagonal Obstacle Test " in Sports Agility Measurement," *Indones. J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 11, no. 1, hal. 61–70, 2021, doi: 10.22146/ijeis.64434.

- [21] C. Hidayat dan N. Hiron, “Kajian dan Perancangan Teknologi Sistem Pengukuran Agility dengan Teknologi Wireless Sensor Network (WSN),” *Siliwangi*, vol. 3, no. 1, hal. 161–166, 2017.
- [22] and R. S. Y. B. Praharto, U. Sutisna, “Perancangan Papan Skor Olahraga Nirkabel Dengan Modul Wireless 315M Berbasis Mikrokontroler,” *Progr. Stud. Tek. Elektro, Sekol. Tinggi Tek. Wiworotomo Purwokerto*, vol. 1, no. 3, hal. 71–80, 2018.