

U-BIKE: UMN SELF-POWERED INDOOR TRAINER BIKE

Wilbert Sutadharma, and Aminuddin Rizal^{*)}

Program Studi Teknik Komputer, Universitas Multimedia Nusantara
Jl. Scientia Boulevard, Gading, Kec. Serpong, Tangerang, Banten 15227, Indonesia

^{*)}E-mail: aminuddin.rizal@umn.ac.id

Abstrak

U-Bike merupakan sebuah prototipe awal dari *self-powered indoor trainer bike* Universitas Multimedia Nusantara (UMN), yakni sebuah sepeda olahraga dalam ruangan yang dapat digunakan sebagai penghasil listrik dan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk membangun prototipe awal dari *self-powered indoor trainer bike* yang dilengkapi dengan instrumentasi dasar sepeda olahraga seperti perhitungan kecepatan, monitoring detak jantung pengguna, sampai dengan penghasil energi listrik dari energi kinetik. Pengujian yang dilakukan telah menunjukkan bahwa sistem dari generator sepeda dapat digunakan untuk mengisi daya pada baterai aki, *speedometer* yang mempunyai akurasi rata-rata 98%, pengukuran *pulse rate* yang mempunyai keakuratan rata-rata 97.5%, serta energi yang digunakan oleh instrumen tidak menguras cukup banyak sehingga sepeda ini cocok sebagai penghasil energi alternatif.

Kata kunci: Arduino, energi, instrumentasi, listrik, monitor, self-powered bike, sepeda

Abstract

U-Bike is an early prototype for Universitas Multimedia Nusantara (UMN) self-powered indoor trainer bike, which is an indoor exercise bike that can be used as an electricity generator for alternative energy. This research is meant to build a self-powered indoor trainer bike which is equipped with instruments that consist of a speedometer, sensor to monitor the user heartbeat and calculate the power that the bike generator made. Tests that are already conducted by the writer shows that the generator system of self-powered indoor trainer bike could charge a battery, the speedometer has an accuracy of 98%, pulse sensor to monitor heartbeat has an accuracy of 97.5%, and energy that the instrument use for work is not too heavy for the battery, so this bike could be an alternative energy generator.

Keywords: Arduino, bike, electricity, energy, instrument, monitor, self-powered indoor trainer bike

1. Pendahuluan

Kesehatan fisik merupakan salah satu hal penting yang harus dijaga sehari-hari. Tapi faktanya, hanya 27,6 persen masyarakat Indonesia yang rajin untuk berolahraga [1]. Alasannya adalah karena padatnya pekerjaan sehingga tidak ada waktu yang dapat disisihkan untuk berolahraga, ada juga yang memang karena malas untuk keluar rumah demi berolahraga. Maka dari itu diperlukan penyadaran diri sejak dini demi kesehatan diri masing-masing.

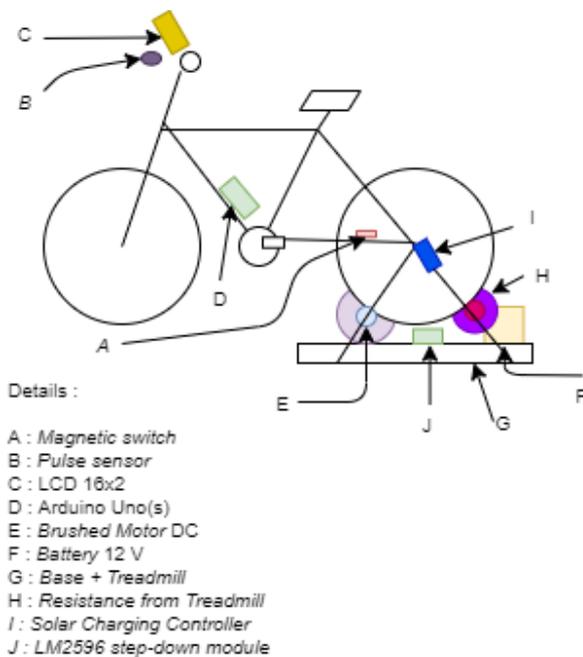
Ada berbagai macam cara untuk berolahraga. Salah satu contoh berolahraga adalah dengan bersepeda. Bersepeda sendiri sebenarnya dapat dilakukan di mana saja. Ada orang yang suka berolahraga sepeda di luar ruangan, ada pula yang suka bersepeda di dalam ruangan (contohnya dengan menggunakan sepeda statis). Kelebihan dari bersepeda di dalam ruangan adalah pengguna dapat melakukannya kapan saja tanpa mengenal cuaca apapun. Bersepeda di dalam ruangan juga mempunyai kelebihan

yakni dapat sambil melakukan hal yang lain, contohnya adalah bersepeda sambil menonton televisi.

Pada saat seseorang mengayuh sepeda, sebenarnya ia menghasilkan energi kinetik yang terbuang ke roda yang bergerak. Energi kinetik ini sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai sebuah penghasil energi listrik, tanpa perlu adanya polusi udara [2]. Dengan begitu, sepeda olahraga dalam ruangan dapat dimanfaatkan sebagai generator listrik [3][4][5].

Semua jenis olahraga mempunyai risiko, tidak terlepas juga dengan bersepeda. Salah satu risiko yang seringkali terjadi yakni pengguna sepeda terlalu memaksakan diri dalam penggunaan sepeda tanpa memikirkan batasan dari tubuhnya sendiri. Tentu hal ini sangatlah berbahaya baik bagi kesehatan [6][7]. Olahraga yang berlebihan bukan menjadikan orang yang berolahraga tersebut semakin bugar, melainkan dapat menjadi sakit. Maka diperlukan sebuah alat yang dapat memonitor detak jantung penggunaannya pada saat bersepeda, agar penggunaannya sadar kapan waktunya harus beristirahat.

Sepeda statis yang di pasaran belum terintegrasi dengan perangkat pengukur kesehatan. Karena hal-hal tersebut, maka penulis memutuskan untuk merancang dan membuat sebuah sepeda yang dapat digunakan sebagai alat olahraga dalam ruangan, sekaligus sebagai dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mini yang menggunakan energi kinetik yang dihasilkan dari orang yang mengayuh sepeda tersebut [8], sepeda ini dilengkapi dengan instrumentasi dasar seperti pengukur kecepatan (*speedometer*), energi listrik yang dihasilkan (*energy meter*), dan pengukuran denyut jantung (*pulse rate meter*)



Gambar 1. Rancangan mekanik Self-powered indoor trainer bike

2. Metode

Self-powered indoor trainer bike yang dirancang adalah sebuah sepeda roda dua yang dikencangkan pada sebuah treadmill khusus untuk sebuah sepeda. Untuk charging generator, digunakan sebuah motor DC yang mempunyai daya 250W, tegangan 24VDC serta arus sebesar 14A. Motor DC ini yang nanti akan berperan sebagai pengkonversi antara energi kinetik ke energi listrik. Cara yang digunakan untuk menyalurkan energi kinetik tersebut adalah dengan membuat sebuah shaft untuk roda berputar. Saat shaft berputar karena adanya gerakan dari ban, motor DC akan mengkonversikannya ke listrik. Setelah motor DC menghasilkan listrik tersebut, solar charge controller akan bertugas untuk mengisi baterai aki dengan energi listrik dan mempunyai tugas untuk membatasi tegangan yang masuk ke dalam baterai dengan tujuan agar baterai bisa bertahan lebih lama.

Untuk sistem monitoring kecepatan, detak jantung, serta energy meter saat digunakan, Arduino menjadi microcontroller yang dipilih untuk mengambil data dan memproses data yang diambil dari sensor-sensor yang ada. Sistem monitoring kecepatan menggunakan magnetic switch NO (Normally Open). Sensor pendeteksi detak jantung menggunakan pulse sensor. Untuk energymeter yang terdiri dari voltmeter serta amperemeter menggunakan sensor tegangan dan sensor arus. Semua sensor akan terhubung dengan Arduino dan hasil dari proses tersebut akan ditampilkan pada layar LCD 16x2. Untuk pembagiannya, Arduino 1 akan mengukur kecepatan, tegangan dan arus (energy meter), sedangkan untuk Arduino 2 akan mengukur detak jantung. Sumber tegangan yang dipakai oleh kedua Arduino menggunakan daya dari baterai aki yang telah di step-down menggunakan modul LM2596. Rancangan umum ditunjukkan pada Gambar 1 dan realisasi di Gambar 2.



Gambar 2. Realisasi implementasi

2.1. Wheel Generator

Penelitian ini menggunakan brushed motor DC MY1025 yang mempunyai output daya sebesar 250 Watt sebagai generator listrik dari energi kinetik. Kemudian setelah mendapatkan sumber pembangkit listrik dari energi kinetik, penulis membuat sebuah shaft khusus agar ban dari sepeda bisa langsung menempel pada poros motor DC. Dengan demikian, dibuatlah poros modifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (a). Setelah motor telah mempunyai shaft yang dapat diputar oleh ban, maka kemudian penulis memerlukan sebuah charging controller untuk mengatur pengecasan. Pemilihan controller PWM Solar charging controller ini mempunyai maksud karena fungsi overload protection, yang artinya mempunyai kemampuan untuk menurunkan tegangan jika terlalu tinggi untuk mengecaskan baterai. Untuk baterai 12v, controller ini maksimum akan memberi suplai tegangan 23v ke batere. Controller ini juga memiliki beberapa fitur seperti short-circuit protection yang berguna untuk mencegah sirkuit terbakar jika ada korsleting. Kemudian ada fitur reverse

protection untuk mencegah kerusakan benda jika arus yang dipasang terbalik (plus menjadi posisinya di minus).

Setelah generator telah terhubung ke controller, maka energi listrik dari generator harus disimpan ke dalam baterai. Baterai yang dipakai adalah 12V. Dari controller sendiri, tegangan listrik maksimum yang di-ouput ke baterai adalah 23V. Tegangan yang masuk ke baterai tergantung berapa besar tegangan yang dihasilkan oleh generator. Kemudian saklar digunakan untuk memutuskan dan menyambungkan aki dengan tujuan agar solar charge controller tidak selalu menyala. Saklar ini nanti juga akan berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan arus listrik Arduino. Berikut cara memasang Solar Charge Controller ke baterai dapat dilihat pada Gambar 3 (b). Kontroler yang digunakan ialah jenis MPPT karena memiliki banyak keunggulan dibanding jenis yang lain [9][10][11]



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Wheel to DC Motor hook-up; (b) Generator wiring diagram

2.2. Instrumentasi Speedometer

Untuk *speedometer* dengan Arduino, diperlukan sensor yang dapat mendeteksi kecepatan putaran dari roda. Magnetic switch NO (Normally open) menjadi pilihan karena dapat membaca putaran roda asalkan kekuatan magnet cukup untuk dapat dibaca. Magnetic switch akan diletakkan pada rangka sepeda yang menghadap ke roda sepeda. Magnet yang digunakan untuk men-trigger magnet switch akan dipasangkan pada jari-jari roda yang

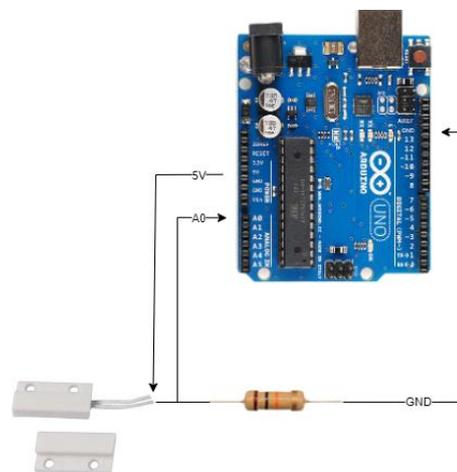
berhadapan dengan magnetic switch. Peletakan sensor kecepatan dapat dilihat pada Gambar 4 (a). dan rangkaian yang diperlukan oleh magnetic switch agar dapat terbaca dengan baik dapat dilihat pada Gambar 4 (b)

Cara Arduino menentukan kecepatan dari sepeda adalah pertama kali menginisiasi port yang digunakan magnetic switch untuk mengirimkan sinyal. Kemudian Arduino mempunyai keliling dari ukuran pelek sepeda. Kemudian dengan menggunakan Arduino internal timer, setiap 1 mili detik akan mengambil data dari switch magnet. Ketika switch masih tertutup dan waktu telah habis, maka digunakanlah perhitungan yang dapat dilihat pada Persamaan (1), dimana 91.4 merupakan konstan dari konversi jarak tempuh roda sepeda terhadap waktu

$$\text{Speed} = 91.4 * \text{keliling roda} / \text{timer} \quad (1)$$



(a)



(b)

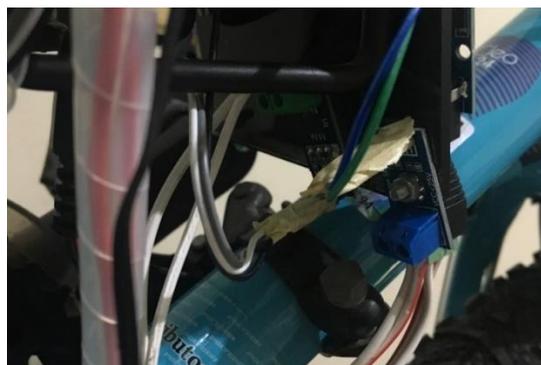
Gambar 4. (a) peletakan speed sensor ; (b) speed sensor wiring diagram

2.3. Instrumentasi Energy Meter

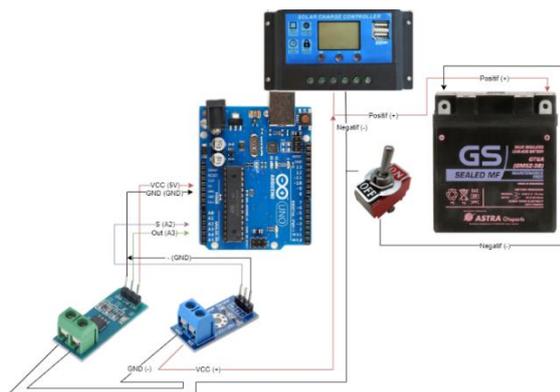
Energy meter terdiri dari volt meter dan ampere meter. Volt meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan yang berada di dalam suatu rangkaian. Volt meter dapat menjadi panduan apakah sebuah rangkaian mendapatkan tegangan yang berlebih atau tidak. Untuk pembuatan volt meter Arduino ini, digunakan modul volt-

meter. Cara kerja dari volt-meter sendiri adalah dengan menggunakan voltage divider, karena Arduino hanya dapat menerima input maksimum sampai dengan 5v.

Ampere meter sendiri adalah alat yang digunakan untuk mengukur arus yang berada di dalam suatu rangkaian. Ampere meter dapat menjadi sangat berguna pada saat sebuah rangkaian bekerja karena dapat mengetahui apakah rangkaian tersebut menggunakan arus berlebih atau malah tidak menggunakan arus sama sekali (open-circuit). Untuk pembuatan ampere meter Arduino ini, digunakan modul ampere-meter ACS712. ACS712 menggunakan Hall effect sensor. Cara kerja dari ampere-meter ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya, yang kemudian menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall circuit dan diubah menjadi tegangan proporsional yang akhirnya akan diterima oleh Arduino. Jika nilai yang dibaca oleh sensor negatif, maka Arduino akan menganggap tidak ada nilai arus. (Nilai negatif disebabkan oleh pembacaan arus yang digunakan Arduino).



(a)



(b)

Gambar 5. (a) peletakan energy sensor ; (b) energy sensor wiring diagram

Posisi dari sensor energy meter yang terdiri dari volt meter dan ampere meter akan ditaruh di dekat Arduino pengukur kecepatan. Tujuannya agar mengurangi adanya loss energy. Untuk sensor volt meter akan dipasang secara paralel terhadap baterai, sedangkan sensor ampere meter

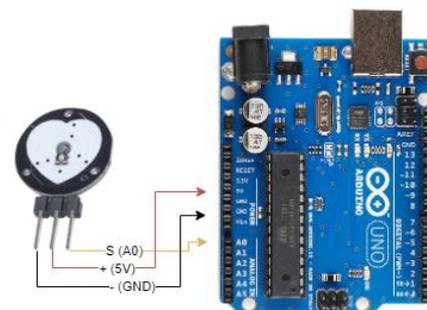
akan dipasangkan secara seri dengan baterai aki. Posisi dari peletakan sensor dapat dilihat pada Gambar 5 (a) dan untuk rangkaian Arduino dengan energy meter (volt meter dan ampere meter) dapat dilihat pada Gambar 5 (b).

2.4. Instrumentasi *Pulse Rate Measurement*

Untuk pembuatan sensor yang dapat menghitung detak jantung, maka digunakanlah pulse sensor. Cara kerja Arduino mengkalkulasi detak jantung (satuan BPM) adalah dengan menghitung interval dari sinyal yang didapatkan dari sensor pulse sensor. Cara sensor mendapatkan detak jantung pengguna adalah dengan meletakkan jari telunjuk baik di kiri ataupun di kanan ke atas sensor. Jari jempol tidak disarankan untuk digunakan dalam perhitungan detak jantung karena jari jempol terlalu tebal. Dengan menggunakan cahaya LED, pulse sensor memanfaatkan pantulan cahaya LED ke pembuluh darah yang terpantulkan kembali ke sensor. Sensor ini membaca terang-gelap dari pembuluh darah-yang artinya memompa dan mengempis (volume darah bertambah-berkurang). Untuk kode yang digunakan pada sensor ini, menggunakan library bernama PulseSensorPlayground. Hal pertama yang dilakukan adalah menginstall library PulseSensorPlayground [12] menggunakan fitur manage library pada Arduino IDE.



(a)



(b)

Gambar 6. (a) peletakan pulse rate sensor ; (b) pulse rate sensor wiring diagram

Sebelum dapat mengukur BPM dengan akurat, hal yang perlu dikalibrasi adalah threshold. Tujuan dari threshold sendiri adalah untuk menentukan batasan sinyal mana yang benar-benar detak jantung dan mana yang hanya merupakan noise semata. Cara menentukan threshold sendiri adalah dengan melihat sinyal pada serial plotter yang telah tersedia pada Arduino IDE.

Untuk posisi sensor detak jantung pulse sensor, diletakkan di dekat setang sepeda. Posisi peletakan dari sensor detak jantung dapat dilihat pada Gambar 6 (a). Tujuan lokasi peletakan sensor disana adalah agar sensor mudah digunakan pada saat sepeda digunakan. Untuk rangkaian Arduino dengan pulse sensor dapat dilihat pada Gambar 6 (b)

3. Pengujian dan Hasil

Skenario pengujian untuk energi yang akan diukur adalah tegangan dan arus sebelum, saat pengecasan, dan setelah pengecasan usai. Data diambil dalam dua buah kategori, yang pertama adalah pada saat pemberat trainer sepeda tidak terpasang dan pada saat pemberat terpasang. Keduanya memiliki kriteria yang sama, yakni menggunakan rasio gigi 1-3 pada pedal dan 1 dan 6 untuk rasio gigi pada poros ban. Pengambilan rata-rata dilakukan dalam kurung waktu 5 menit. Untuk perhitungan mendapatkan daya yang dihasilkan (watt), akan menggunakan persamaan (2), dimana P adalah daya (dalam watt), V adalah tegangan (dalam volt), dan I adalah arus (dalam ampere).

$$P = V \times I \quad (2)$$

Pengukuran kecepatan (keakurasian speedometer Arduino) dilakukan dengan membandingkan hasil bacaan dari speedometer Arduino dengan speedometer sepeda yang beredar di pasaran. Satuan yang digunakan dalam pengujian adalah dengan satuan kilometer per jam (km/h). Pengujian akan dilakukan dengan perbandingan bersamaan (side-to-side). Perbandingannya adalah dengan menggunakan rasio gigi sepeda 1 sampai 3 untuk poros pedal dan untuk poros belakang hanya 1 dan 6. Kecepatan pengayuhan pedal dibuat ke dalam tiga buah kategori, yakni pelan, sedang, dan cepat. Setelah data telah terkumpulkan, maka speedometer Arduino akan diukur keakurasiannya dan error yang terjadi akan dihitung berdasarkan pembacaan dari speedometer digital sepeda. Pada saat perhitungan keakurasian, hasil dari speedometer digital sepeda akan dibulatkan agar data yang didapatkan dapat dibandingkan keakuratannya.

Untuk pengetesan pengukuran keakurasian detak jantung oleh pulse sensor Arduino menggunakan smartwatch Xiaomi Mi Band 3 yang diyakini memiliki akurasi yang baik [13]. Caranya adalah melakukan pengetesan dengan meminta bantuan sebanyak tiga orang untuk menggunakan pulse sensor Arduino pada jari telunjuk kanan dan smartwatch Mi Band pada pergelangan tangan sebelah kiri.

Perhitungan yang dilakukan adalah dengan posisi pengguna duduk pada sepeda dalam keadaan diam, kemudian pada saat pengguna menggunakan sepeda selama 2 menit. Rasio gigi sepeda menggunakan 1 sampai 3 pada poros pedal, sedangkan pada poros ban menggunakan rasio gigi 1 sampai dengan 6. Kecepatan pengayuhan sepeda diatur sesuai dengan kenyamanan pengguna (penggunaan wajar). Data yang diambil dalam bentuk detak jantung per menit (BPM) dan akan diukur keakurasian dari sensor pulse sensor terhadap pembacaan sensor pada smartwatch.

Metrik yang digunakan dalam pengujian menggunakan Persamaan (3) – (6). Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 – 4, dimana Tabel 1 merupakan hasil pengujian dan pengukuran daya yang dihasilkan oleh sepeda berdasarkan scenario yang tersebut. Tabel 2 ialah tabel pengujian dari perbandingan pengukuran kecepatan oleh instrument yang dirancang dengan alat referensi. Tabel 3 menjelaskan hasil pengujian pengukuran *pulse rate*. Tabel 4 memperlihatkan hasil pengukuran daya yang dikonsumsi oleh instrumen yang digunakan oleh sepeda

$$Akurasi(\%) = \frac{Nilai\ yang\ didapat}{Nilai\ referensi} \times 100\% \quad (3)$$

$$Error(\%) = 100\% - Akurasi(\%) \quad (4)$$

$$Rata\ Akurasi = \frac{Total\ Akurasi(\%)}{Jumlah\ data} \times 100\% \quad (5)$$

$$Rata\ Error = \frac{Total\ Error(\%)}{Jumlah\ data} \times 100\% \quad (6)$$

Tabel 1. Hasil pengukuran daya yang dihasilkan

Rasio Gigi	Rata-rata kecepatan (km/jam)	Daya (Watt)
Depan 1	7	1.03
Belakang 1		
Depan 1	9	5.4
Belakang 6		
Depan 2	8	3.95
Belakang 1		
Depan 2	12	15.18
Belakang 6		
Depan 3	10	10.26
Belakang 1		
Depan 3	16	27.54
Belakang 6		

Tabel 2. Hasil pengujian speedometer dibandingkan alat referensi

Rasio Gigi	Pembacaan kecepatan (km/jam)	
	Akurasi	Error
Depan 1	95.238%	4.762%
Belakang 1		
Depan 1	96.66%	3.33%
Belakang 6		
Depan 2	100%	0%
Belakang 1		
Depan 2	100%	0%
Belakang 6		
Depan 3	100%	0%

Belakang 1		
Depan 3	97.436%	2.564%
Belakang 6		

Tabel 3. Hasil pengujian pengukuran *pulse rate* dibandingkan alat referensi

Rasio Gigi	Pembacaan detak jantung (BPM)	
	Akurasi	Error
Keadaan diam	98.824%	1.176%
Depan 1	99.031%	0.959%
Belakang 1		
Depan 1	98.082%	1.918%
Belakang 6		
Depan 2	93.97%	6.03%
Belakang 1		
Depan 2	96.387%	3.613%
Belakang 6		
Depan 3	97.299%	2.731%
Belakang 1		
Depan 3	98.933%	1.067%
Belakang 6		

Tabel 4. Hasil pengukuran konsumsi daya masing-masing komponen pada instrumentasi yang ada di sepeda

Device	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
Arduino	0.02	0.02	0.0004
Arduino dengan LCD	0.09	0.042	0.00378
Arduino dengan Ampere Meter ACS712	0.05	0.03	0.0015
Arduino dengan sensor Volt meter	0.02	0.02	0.0004
Arduino dengan <i>magnetic switch</i>	0.03	0.02	0.0006
Arduino dengan seluruh komponen	0.2	0.05	0.01

4. Diskusi

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa generator dapat menghasilkan energi yang cukup untuk mengisi daya baterai aki. Penggunaan energi dari Arduino-pun tidak akan terlalu berdampak signifikan pada energi baterai yang disimpan, sehingga energi yang disimpan dapat digunakan untuk hal yang lain.

Untuk keakurasian sensor kecepatan Arduino dapat dikatakan cukup akurat saat dibandingkan dengan sensor kecepatan sepeda yang biasa, yakni dengan rata-rata akurasi sebesar 98%. Perbedaan pembacaan yang terjadi diantara kedua benda disebabkan oleh adanya jeda waktu pembacaan yang tidak bersamaan, sehingga adanya ketelatan dalam pembaharuan data kecepatan pada saat sistem bekerja, ditambah dengan kayuhan pengujian yang tidak konstan (kadang kayuhan bisa menjadi lebih kuat atau lebih lemah dari kayuhan sebelumnya).

Keakurasian sensor pulse sensor terhadap pengukuran detak jantung smartwatch dapat dibidang mempunyai rata-rata akurasi yang dapat diterima, yakni sebesar 97.5%. Perbedaan nilai bacaan detak jantung (BPM) yang terjadi dapat disebabkan oleh keringat yang berasal dari tubuh

pengguna dan mengganggu pembacaan sensor. Kemudian faktor berikutnya adalah cahaya ruangan dan gerakan dari jari, karena cahaya yang dipancarkan oleh sensor menjadi terganggu karena adanya pergerakan yang cepat, sehingga pembacaan dapat menjadi tidak akurat (kadang menjadi lebih tinggi dari seharusnya, ataupun bahkan sangat rendah).

Energi yang digunakan oleh Arduino yang digunakan untuk menghitung speedometer dan energy meter serta Arduino untuk mendeteksi detak jantung beserta dengan sensor dan layar LCD dapat tergolong tidak menggunakan daya yang cukup signifikan untuk membebani baterai, sehingga tidak berpengaruh besar saat pengisian baterai menggunakan generator.

Untuk pengembangan lebih lanjut, karena pada penelitian ini masih terbatas dengan menggunakan 2 Arduino, implementasi dapat diarahkan dengan menggunakan multiprosesor mikrokontroler. MPSoC [14] dimana MCU tersebut menggunakan 4 M0 ARM *processor* sehingga dapat dipergunakan secara paralel serta sudah memiliki support terhadap *opensource* IDE [15].

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem sepeda generator dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Tingkat keakurasian dari speedometer dan pulse sensor menunjukkan angka rata-rata 98% dan 97.5%, Akan tetapi, seluruh pengujian hasil dari pengukuran-pun dapat terpengaruhi oleh spesifikasi dari hardware yang digunakan, kecepatan pengayuhan sepeda, tekanan dan ukuran ban, umur baterai, dan faktor lainnya. Dengan demikian sistem ini dapat dijadikan sebagai salah satu solusi dalam hal pengadaan energi listrik tidak berbiaya yang tidak hanya menghasilkan energy alternatif, tetapi juga dapat menjaga kebugaran dari pengguna sepeda ini.

Referensi

- [1]. Y. Prasetyo, "Kesadaran Masyarakat Berolahraga Untuk Peningkatan Kesehatan Dan Pembangunan Nasional," *Medikora*, vol. 11, no. 2, pp. 219–228, 2015.
- [2]. T. S. a. J. A. Paradiso, "*Human Generated Power for Mobile Electronics*", *Low Power Electronics Design*, Fall 2004.
- [3]. J. B. Strzelecki, "*Exercise bike powered electric generator for fitness club appliances*," no. European Conference on Power Electronics and Applications, 2007.
- [4]. E. Romero, R. O. Warrington and M. R. Neuman, "*Powering biomedical devices with body motion*," 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology, 2010, pp. 3747–3750
- [5]. Sahil, P. K. Sharma, N. Hari, N. Kumar and D. Shahi, "*An innovative technique of electricity generation and*

- washing machine application using treadmill,” 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), 2016, pp. 1-5
- [6]. Parwata, I. M. Y. (2015). KELELAHAN DAN RECOVERY DALAM OLAHRAGA. Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi, 1(1), 2-13. Retrieved from <https://ojs.mahadewa.ac.id/index.php/jpkr/article/view/2>
- [7]. Bafirman B. Kontribusi fisiologi olahraga mengatasi resiko menuju prestasi optimal. Media Ilmu Keolahragaan: Jurnal Ilmu Keolahragaan. 2013;3(1):41-5.
- [8]. Venkata Rao, "Design and Fabrication of Power generation System using Speed Breaker," Vols. 4, no.4, no. International Journal of Current Engineering and Technology, August 2014
- [9]. X. Weng, Z. M. Zhao, F. B. He, L. Q. Yuan and T. Lu, "Comparison of several MPPT methods for PV arrays under partially shaded conditions," International Conference on Renewable Power Generation (RPG 2015), 2015, pp. 1-6
- [10]. M. Hlaili and H. Mechergui, "Comparison of Different MPPT Algorithms with a Proposed One Using a Power Estimator for Grid Connected PV Systems," Int. J. Photoenergy, vol. 2016, p. 1728398, 2016.
- [11]. H. Rezk and A. M. Eltamaly, "A comprehensive comparison of different MPPT techniques for photovoltaic systems," Sol. Energy, vol. 112, pp. 1–11, 2015.
- [12]. World Famous Electronic LLC, "PulseSensorPlayground," GitHub repository. GitHub, 2019.
- [13]. Paradiso, Chloe et al. "The Validity and Reliability of the Mi Band Wearable Device for Measuring Steps and Heart Rate." International journal of exercise science vol. 13,4 689-701. 1 May. 2020
- [14]. D. K. Halim, T. C. Ming, N. M. Song and D. Hartono, "Software-based turbo decoder implementation on low power multi-processor system-on-chip for Internet of Things," 2017 4th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA), 2017, pp. 137-141
- [15]. D. K. Halim, T. C. Ming, N. M. Song and D. Hartono, "Arduino-based IDE for Embedded Multi-processor System-on-Chip," 2019 5th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA), 2019, pp. 135-138