

MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIJAKAN KAKI BERBASIS *NODE-RED*

Yassinta Ramadhani

Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, yassinta.ramadhani@gmail.com

Widi Aribowo

Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, widiaribowo@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan melakukan monitoring terhadap sistem pembangkit listrik tenaga pijakan kaki berbasis *Node-RED* yang diterapkan pada salah satu gedung Vokasi Universitas Negeri Surabaya. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, dengan pengujian langsung pada 20 responden dengan variasi berat badan. Monitoring dilakukan menggunakan dua metode, yakni multimeter dan sensor INA219 yang terhubung dengan *Node-RED*, untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan dalam dua kondisi: berpijak normal dan melakukan lompatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar berat badan responden, semakin tinggi tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan. Responden dengan berat badan lebih besar menghasilkan rata-rata tegangan 14,7 V, arus 1,57 A, dan daya 2,37 W. Saat dilakukan lompatan, nilai daya meningkat signifikan, mencapai rata-rata hingga 2,9 W. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa energi kinetik manusia, khususnya dari aktivitas berjalan atau melompat, dapat dikonversi menjadi energi listrik dan dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada ruang publik dengan mobilitas tinggi, seperti koridor gedung, stasiun, dan pusat perbelanjaan. Prototipe ini juga memberikan dasar pengembangan lebih lanjut terhadap sistem penyimpanan dan manajemen energi untuk skala penggunaan yang lebih luas dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *node-red*, prototipe, pijakan kaki.

Abstract

This study aims to design, build, and monitor a foot-step electricity generation system based on Node-RED, which is applied to one of the vocational buildings at Surabaya State University. The research method used is experimental, with direct testing on 20 respondents with varying body weights. Monitoring was conducted using two methods: a multimeter and an INA219 sensor connected to Node-RED, to measure voltage, current, and power generated under two conditions: normal stepping and jumping. The test results showed that as the respondents' body weight increased, the voltage, current, and power generated also increased. Respondents with higher body weights produced an average voltage of 14.7 V, current of 1.57 A, and power of 2.37 W. When jumping, the power value increased significantly, reaching an average of up to 2.9 W. The implications of this research indicate that human kinetic energy, particularly from walking or jumping activities, can be converted into electrical energy and utilized as an alternative energy source in high-mobility public spaces, such as building corridors, stations, and shopping centers. This prototype also provides a foundation for further development of energy storage and management systems for broader and more sustainable applications.

Keywords: *node-red*, prototype, footstep.

PENDAHULUAN

Peralihan dari zaman tradisional menuju *modern* memang menghadirkan banyak penemuan teknologi yang semakin berkembang dan memudahkan manusia dalam menjalani kehidupan (Harriguna & Wahyuningsih, 2021). Namun, berbanding terbalik dengan perkembangan teknologi, karena teknologi membutuhkan banyak energi konvensional. Dengan semakin berkurangnya energi konvensional tersebut maka perlu dicari energi alternatif (Chand et al., 2020).

Meningkatnya kesadaran akan dampak negatif penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan,

terutama di lingkungan rumah tangga, menjadi pendorong utama untuk mencari solusi energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Pratiwi, 2019). Dalam rumah tangga, penggunaan energi konvensional seperti listrik dari pembangkit listrik tenaga fosil dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara, merugikan kesehatan manusia dan merusak ekosistem sekitar (Rahmatullah et al., 2022). Kesadaran akan perubahan iklim dan pentingnya menjaga bumi semakin mendorong masyarakat untuk beralih ke sumber energi yang lebih bersih (Yunginger & Sune, 2015). Solusi energi yang dapat diakses di rumah tangga menjadi fokus utama, karena adopsi

teknologi yang mudah dan praktis di tingkat individu dapat memiliki dampak besar dalam mengurangi jejak karbon dan menciptakan pola konsumsi energi yang lebih berkelanjutan di masyarakat (Miharja, 2018)..

Peningkatan kekhawatiran terhadap perubahan iklim global, masyarakat semakin menyadari pentingnya beralih ke sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan. Pembangkit listrik tenaga pijakan kaki menawarkan alternatif yang menarik dengan memanfaatkan energi kinetik yang dihasilkan oleh aktivitas sehari-hari, seperti berjalan kaki di sekitar rumah (Hidayat, 2021)..

Selain itu, penggunaan pembangkit listrik tenaga pijakan kaki juga menjadi solusi potensial untuk daerah terpencil atau wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Banyak komunitas di dunia, terutama di negara berkembang, masih menghadapi kendala aksesibilitas terhadap listrik yang stabil dan terjangkau (Balbin et al., 2021). Pembangkit listrik tenaga pijakan kaki dapat memberikan sumber daya listrik lokal yang dapat dihasilkan dengan mudah dan terjangkau, memperbaiki kualitas hidup dan memungkinkan pengembangan ekonomi di wilayah-wilayah tersebut (H.D & Rifaldi, 2022).

Bahkan, dari segi teknologi kemajuan dalam desain dan efisiensi pembangkit listrik tenaga pijakan kaki juga menjadi pendorong utama di balik peningkatan minat terhadap solusi ini (Agung, 2013). Inovasi dalam konversi energi kinetik menjadi listrik, penggunaan material yang lebih ringan dan tahan lama, serta pengembangan teknologi penyimpanan energi telah membuka pintu bagi penerapan yang lebih luas dari pembangkit listrik tenaga pijakan kaki di rumah tangga (Alia et al., 2021).

Penerapan pembangkit listrik tenaga pijakan kaki juga dapat berkontribusi pada upaya global untuk mencapai tujuan berkelanjutan, seperti yang tercantum dalam Rencana Aksi Pembangunan Berkelanjutan PBB . Penggunaan sumber daya energi yang bersih dan berkelanjutan di tingkat rumah tangga tidak hanya mengurangi jejak karbon, tetapi juga memberikan contoh positif untuk mendorong perubahan perilaku menuju pola konsumsi energi yang lebih berkelanjutan (Effendi, 2023). Secara keseluruhan, latar belakang penggunaan pembangkit listrik tenaga pijakan kaki di rumah tangga menggambarkan respons terhadap tantangan lingkungan dan kebutuhan energi global. Dengan terus meningkatnya teknologi dan

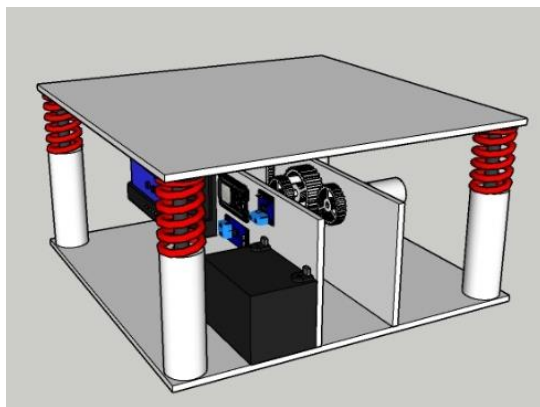
kesadaran masyarakat, diharapkan bahwa pembangkit listrik ini akan menjadi bagian integral dari portofolio energi rumah tangga di masa depan, menyediakan sumber daya listrik yang bersih, terjangkau, dan dapat diakses secara luas (Arifianto, 2019)..

Penelitian yang dilakukan oleh Mugali et al. (2018) mengatakan bahwa pembangkit listrik tenaga pijakan kaki hemat biaya dan mudah diimplementasikan. Sedangkan pada penelitian Munaswamy et al. (2018) menghasilkan listrik hanya dengan bantuan pengaturan *rack* dan *pinion* bersama dengan alternator dan mekanisme penggerak rantai. Dalam penelitian Chand et al. (2020) energi listrik yang dihasilkan oleh langkah kaki mekanik tergantung pada berat beban. Sedangkan pada penelitian Alia et al. (2021), yang menggunakan *footstep* elektrik lebih banyak menghasilkan listrik. Sehingga dapat dikatakan jika pembangkit listrik tenaga pijakan kaki berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, maka energi alternatif dapat dihasilkan dengan mudah dan tidak memerlukan biaya yang besar,

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis mencoba *me-monitoring* arus dan tegangan pada prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pijakan Kaki berbasis Node-RED baik dari banyaknya pijakan kaki dan dari berat badan seseorang. Harapannya penelitian ini mampu menjadikan alat tersebut sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan dan dapat mengurangi penggunaan energi konvensional. Penulis juga berharap penelitian ini dapat dimanfaatkan serta diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari dan mengubah kebiasaan masyarakat akan ketergantungan listrik konvensional

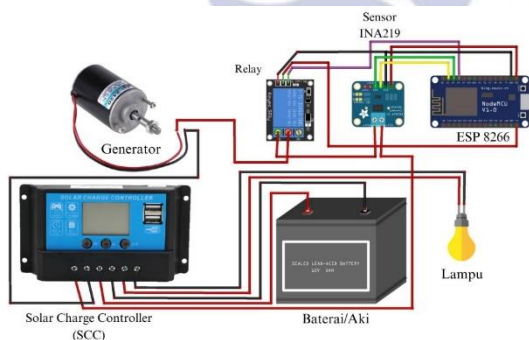
METODE

Jenis penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode penelitian eksperimen dengan teknik pengambilan data melalui pengamatan atau observasi. Perancangan alat meliputi desain mekanik berupa gambar 3D prototipe pembangkit listrik tenaga pijakan kaki, serta perancangan hardware dan software yang melibatkan integrasi sensor dengan modul ESP8266 dan pemrograman melalui Arduino untuk menampilkan data ke Node-Red dan Telegram. Setelah prototipe selesai dibuat, dilakukan pengujian fungsi, pemantauan arus dan tegangan, serta penyusunan laporan akhir sebagai dokumentasi penelitian.



Gambar 1. Desain Mekanik Prototipe

Perhitungan kapasitas baterai dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dan batas maksimal pengosongan, yaitu 50%. Dengan beban lampu 5 watt selama 2 jam (10Wh), maka kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 1,67 Ah, sehingga digunakan baterai VRLA 12V 2,9Ah. Desain wiring rangkaian menampilkan susunan komponen prototipe, dimulai dari pijakan kaki sebagai input yang menggerakkan generator untuk menghasilkan arus dan tegangan. Arus tersebut dialirkan melalui relay dan dikontrol oleh solar charger controller (SCC) ke baterai, lalu dimonitor menggunakan sensor INA219 yang terhubung ke modul ESP8266 dan Node-Red.



Gambar 2. Wiring Komponen Prototipe

Setelah semua komponen dan desain prototipe selesai dirakit, dilakukan konfigurasi untuk memastikan kesesuaian dan keamanan pemasangan sebelum alat diuji coba. Pengujian melibatkan verifikasi antara rancangan hardware dan program, serta pemantauan arus dan tegangan melalui Node-RED untuk memastikan alat berfungsi sesuai rencana. Tahap analisis data mencakup pengukuran arus dan tegangan dari pijakan kaki berdasarkan berat badan responden, yang dibandingkan menggunakan generator dan multimeter untuk menilai akurasi dan konsistensi hasil pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Hardware Prototipe



Gambar 3. Hardware Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pijakan Kaki

Spesifikasi hardware prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pijakan Kaki ini dirancang dengan dimensi panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 14 cm, memberikan ukuran yang cukup kompak dan stabil untuk menghasilkan energi dari tekanan pijakan. Sistem ini dilengkapi dengan pegas berdiameter 12 mm yang berperan penting dalam mengubah energi kinetik dari pijakan kaki menjadi energi mekanis yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Desain ini memastikan perangkat mampu menahan tekanan berulang, sambil tetap menjaga efisiensi konversi energi dan ketahanan mekanisnya dalam penggunaan sehari-hari.

Pengujian alat monitoring arus dan tegangan prototipe pembangkit listrik tenaga pijakan kaki berbasis Node-Red dilakukan di Gedung Vokasi K4 Unesa Surabaya dalam lingkungan laboratorium. Sistem ini mengubah energi pijakan kaki menjadi listrik, yang dikendalikan dan disimpan dalam baterai, serta dipantau secara real-time melalui sensor dan mikrokontroler yang terhubung ke platform Node-Red.

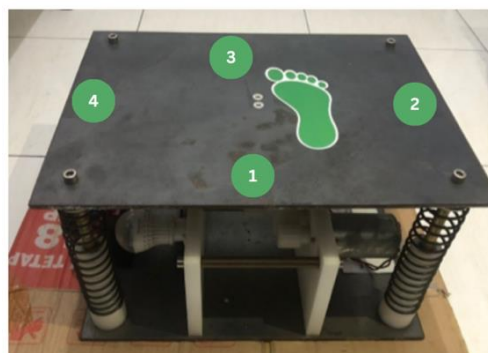


Gambar 4. Cara Kinerja Alat Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pijakan Kaki

Proses kerja rantai penghasil listrik dimulai saat seseorang menginjak permukaannya, menghasilkan tekanan yang menggerakkan gear dan memutar generator DC untuk mengubah energi mekanik menjadi listrik. Energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai dan dapat digunakan untuk menyalakan perangkat seperti lampu LED.

Dalam menentukan posisi pijakan yang tepat agar tegangan dan arus yang dihasilkan bernilai lebih tinggi, dilakukan terlebih dahulu serangkaian pengujian pada beberapa sisi yang terlihat pada gambar 5. Pengujian ini melibatkan tiga responden dengan berat badan masing-masing 45 kg, 55 kg, dan 78 kg. Setiap pengujian dilakukan pada empat sisi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, dengan masing-masing sisi diberi pijakan

sebanyak 1 hingga 5 kali untuk membandingkan hasil yang diperoleh.



Gambar 5. Pengujian Beberapa Sisi

Tabel 1. Hasil Pengujian Rata-rata Sisi 1 dan 2

Berat Badan	Sisi 1			Sisi 2		
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
78Kg	14,02	143,62	2015,42	4,63	39,78	189,50
55Kg	7,06	69,28	510,86	4,96	58,62	303,92
45Kg	6,49	59,32	489,53	4,01	46,9	206,9

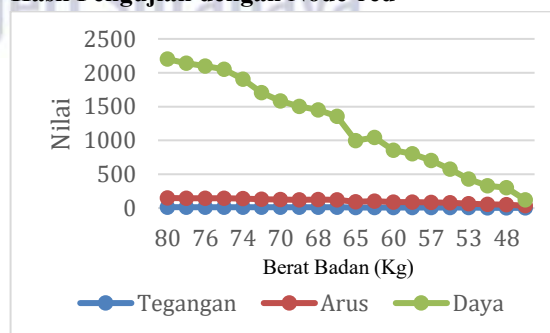
Tabel 2. Hasil Pengujian Rata-rata Sisi 3 dan 4

Berat Badan	Sisi 3			Sisi 4		
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
78Kg	5,08	55,02	295,14	7,32	56,46	421,45
55Kg	5,13	53,58	257,97	4,82	46,32	224,2
45Kg	4,45	36,06	207,41	3,86	37,48	144,73

Dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 ditunjukkan dari hasil rata-rata tegangan, arus, dan daya yang lebih tinggi dibandingkan sisi lainnya untuk seluruh kategori berat badan (78 kg, 55 kg, dan 45 kg). Kinerja optimal pada Sisi 1 diduga kuat dipengaruhi oleh posisi konstruksi, kualitas tekanan pijakan, serta respons sensor yang lebih baik dibandingkan sisi lainnya. Nilai tegangan yang lebih stabil, arus yang lebih besar, dan daya yang lebih tinggi menunjukkan bahwa Sisi 1 memiliki efisiensi konversi energi mekanik ke listrik yang lebih baik. Pengujian ini dilakukan menggunakan sistem berbasis Node-RED untuk pemantauan data secara real-time dan otomatisasi pencatatan, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengambilan data. Selain itu, seluruh pengujian dilakukan dengan arus berbeban, yaitu menggunakan beban lampu 5 Watt sebagai simulasi perangkat elektronik nyata, dan sistem pengisian baterai 12 Volt sebagai media penyimpanan energi.

Penggunaan beban nyata ini memberikan gambaran lebih akurat terhadap kinerja sistem dalam kondisi operasional sebenarnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Sisi 1 merupakan sisi paling efektif dalam menghasilkan energi listrik

Hasil Pengujian dengan Node-red



Gambar 6. Grafik Monitoring dengan Node Red

Pengujian menggunakan beban lampu 5 watt menunjukkan bahwa generator pada alat pijakan

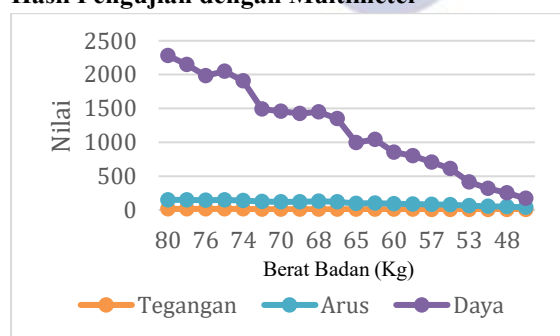
kaki menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang menurun seiring dengan penurunan berat badan responden. Berdasarkan monitoring menggunakan *Node-RED*, pada berat 80 kg tercatat tegangan sebesar 14,7 V, arus 149,7 mA, dan daya 2200,59 mW, sementara pada berat terendah 45 kg, nilai-nilai tersebut menurun drastis menjadi 3,55 V, 34,8 mA, dan 123,54 mW. Pola penurunan ini menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan dari berat badan berbanding lurus dengan besarnya output listrik yang dihasilkan, serta membuktikan sistem mampu mendeteksi perubahan tekanan secara sensitif dan akurat.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Monitoring* dengan *Node-Red* Saat Responden Melakukan Lompatan

Berat Badan (Kg)	Node-RED		
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
75	19,29	207,7	4006,533
63	15,9	155	2464,5
45	14,9	153,5	2287,15

Berdasarkan Tabel 3, responden dengan berat 75 kg menghasilkan tegangan sebesar 19,29 V, arus 207,7 mA, dan daya 4006,533 mW saat melakukan lompatan, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan saat hanya menginjak. Responden dengan berat 63 kg dan 45 kg juga mengalami peningkatan tegangan, arus, dan daya akibat tekanan lompatan, sebagaimana terlihat pada Gambar 6.

Hasil Pengujian dengan Multimeter



Gambar 7. Hasil Pengujian Arus dan Tegangan dengan Multimeter

Berdasarkan hasil monitoring menggunakan multimeter pada alat pijakan kaki dengan beban lampu 5 watt, ditemukan bahwa tegangan output generator mengalami penurunan bertahap seiring dengan berkurangnya tekanan pijakan dari responden. Pada berat badan 80 kg, tegangan tercatat sebesar 15,2 V dan terus menurun hingga

4,5 V pada berat badan 45 kg, menunjukkan bahwa semakin ringan tekanan pijakan, semakin rendah tegangan yang dihasilkan. Hal serupa juga terlihat pada pengukuran arus, yang menunjukkan pola penurunan seiring dengan penurunan berat badan, sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh tekanan pegas akibat pijakan, sehingga berat badan yang lebih ringan menghasilkan arus yang lebih kecil. Pada pengukuran daya, nilai output juga menunjukkan hal yang sama dengan tegangan dan arus, di mana daya tercatat sebesar 2281,52 mW pada berat 80 kg dan menurun secara signifikan pada berat badan yang lebih rendah. Data ini menegaskan bahwa semakin besar tekanan pijakan akibat berat badan, semakin besar pula tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh alat pijakan kaki.

Tabel 4. Hasil Pengujian Monitoring dengan Multimeter Saat Responden Melakukan Lompatan

Berat Badan (Kg)	Multimeter		
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
75	17,8	188,2	3349,96
63	16,3	160,1	2609,63
45	15,9	152,7	2427,93

Merujuk pada Tabel 4. dan Gambar 7 hasil pengujian menggunakan multimeter menunjukkan bahwa saat responden melakukan sedikit lompatan, terjadi peningkatan signifikan pada tegangan, arus, dan daya dibandingkan pijakan normal, terutama pada berat 75 kg, 63 kg, dan 45 kg. Lonjakan ini disebabkan oleh tekanan mendadak saat lompatan yang memberikan beban mekanis lebih besar pada pegas, sehingga menghasilkan output listrik yang lebih tinggi daripada tekanan statis.

Pembahasan

Maka berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dan dimonitoring oleh node red dengan 20 responden dan rata-rata berat badannya adalah 64,1 kg dihasilkan rata-rata pengujian sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Rata-rata dari Monitoring dengan *Node-Red*

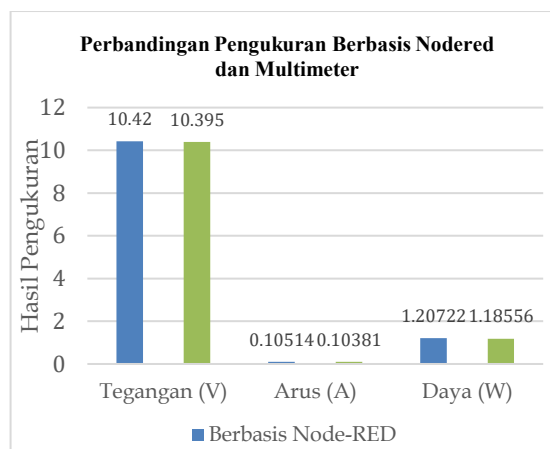
Pengujian	Berpijak Normal	Lompatan
	Hasil Rata-rata	
Tegangan	10,42 V	16,70 V
Arus	105,14 mA	172,07 mA
Daya	1207,22 mW	2919,39 mW

Berdasarkan Tabel 5, hasil pengujian rata-rata monitoring menggunakan Node-RED menunjukkan perbedaan signifikan antara pijakan normal dan lompatan pada alat pijakan kaki. Saat pijakan normal, rata-rata tegangan tercatat sebesar 10,42 V dan arus 105,14 mA, sedangkan saat melompat, nilai tersebut meningkat menjadi 16,70 V dan 172,07 mA. Peningkatan tekanan mendadak dari lompatan juga menyebabkan daya rata-rata melonjak dari 1207,22 mW menjadi 2919,39 mW, meskipun hanya menggunakan tiga responden. Lonjakan ini menegaskan bahwa alat sangat responsif terhadap beban dinamis dan mampu menghasilkan output listrik lebih besar saat menerima tekanan kuat. Nilai daya tersebut cukup untuk menyalakan lampu LED 3–5 watt yang membutuhkan tegangan 3–12 volt dan arus 20–250 mA, terlebih karena alat ini juga dilengkapi baterai sebagai penyimpan energi yang menstabilkan penyaluran daya ke beban lampu.

Tabel 6. Hasil Pengujian Rata-rata dari Pengukuran Menggunakan Multimeter

Pengujian	Berpijak Normal	Lompatan
	Hasil Rata-rata	
Tegangan	10,395 Volt	16,67 V
Arus	103,81 mA	167 mA
Daya	1185,56 mW	2795,84 mW

Berdasarkan Tabel 6, hasil pengujian rata-rata menggunakan multimeter menunjukkan peningkatan signifikan pada tegangan, arus, dan daya saat responden melakukan lompatan dibandingkan pijakan normal. Tegangan meningkat dari 10,395 V menjadi 16,67 V, arus dari 103,81 mA menjadi 167 mA, dan daya melonjak dari 1185,56 mW menjadi 2795,84 mW. Peningkatan ini mencerminkan bahwa tekanan mendadak dari lompatan memberikan beban mekanik yang lebih besar, sehingga memicu output listrik yang lebih tinggi. Konsistensi kenaikan seluruh parameter menunjukkan sensitivitas alat dalam merespons perubahan tekanan secara real-time. Dengan daya yang mendekati 2,8 watt saat lompatan, alat ini berpotensi digunakan untuk mengisi baterai kecil atau menyalakan perangkat elektronik ringan secara efisien, terutama bila dikombinasikan dengan sistem penyimpanan dan pengatur daya yang tepat.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Pengukuran Berbasis Nodered dan Multimeter

Perbandingan hasil pengukuran antara sistem berbasis Node-RED dan multimeter menunjukkan bahwa keduanya mampu mendeteksi pola perubahan parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya dengan kecenderungan yang serupa, baik saat kondisi pijakan normal maupun saat lompatan. Data dari Node-RED mencatat rata-rata tegangan 10,42 V dan daya 1207,22 mW saat berpijak normal, sedangkan multimeter mencatat nilai yang sangat mendekati, yakni 10,395 V dan 1185,56 mW. Begitu pula saat lompatan, Node-RED mencatat tegangan 16,70 V dan daya 2919,39 mW, sementara multimeter mencatat 16,67 V dan daya 2795,84 mW. Selisih nilai antar alat ukur terbilang kecil, yang menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis Node-RED cukup akurat dalam menangkap respons perubahan tekanan pada alat pijakan kaki.

Prototipe pijakan kaki ini bekerja dengan prinsip konversi energi mekanik menjadi energi listrik melalui dinamo atau motor DC yang difungsikan sebagai generator. Saat seseorang berpijak atau melompat di atas prototipe, tekanan dari kaki menyebabkan bagian atas menekan sistem pegas ke bawah. Pergerakan vertikal ini kemudian memutar poros dinamo melalui mekanisme roda gigi dan menghasilkan arus listrik. Berat badan yang lebih besar menghasilkan tekanan lebih kuat pada pegas, yang kemudian memberikan dorongan lebih besar pada mekanisme pemutar dinamo. Akibatnya, tegangan dan arus yang dihasilkan juga meningkat. Begitu pula saat melompat, tekanan sesaat yang sangat besar menyebabkan putaran dinamo lebih cepat, sehingga menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi. Jadi, peningkatan data pada kondisi berat badan tinggi dan aktivitas lompatan bukan karena efek sensor, melainkan karena besarnya

tekanan mekanik yang memutar generator dalam sistem ini.

Meskipun multimeter dianggap sebagai alat ukur konvensional dengan tingkat presisi tinggi, hasil dari Node-RED membuktikan bahwa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) ini dapat diandalkan untuk pengukuran dinamis secara real-time. Kelebihan Node-RED terletak pada kemampuannya merekam dan menampilkan data secara langsung dalam bentuk visual dan terintegrasi dengan sistem digital lainnya. Di sisi lain, multimeter tetap unggul dalam kecepatan respon dan akurasi dalam pengukuran sesaat. Dengan demikian, keduanya saling melengkapi, di mana Node-RED lebih cocok untuk pemantauan berkelanjutan dan otomatisasi, sementara multimeter ideal untuk pengujian manual yang presisi dan terkontrol.

Hal ini seperti terjadi pada penelitian Billah & Rochman (2024) dimana hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tertinggi dicapai oleh responden dengan berat tertinggi yaitu tegangan 4,8 Volt dan arus 12,5 mA, sementara responden ke-2 mencatat energi tertinggi sebesar 0,072 Joule. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan Generator DC dan Piezoelektrik pada Lantai Penghasil Listrik menghasilkan peningkatan tegangan, arus, daya, dan energi.

Stiawan & Taufiq (2020) mengutarakan pada penelitiannya bahwa percobaan dengan beban manusia seberat 55 kg, 60 kg, 75 kg, dan 85 kg menunjukkan bahwa penyusunan piezoelektrik secara paralel menghasilkan tegangan keluaran sebelum berbeban sebesar 3,54 VDC hingga 6,08 VDC, yang kemudian menurun menjadi 2,15 VDC hingga 2,23 VDC setelah berbeban, dengan arus dan daya yang dihasilkan kecil. Tetapi berbeda dengan Pratama et al. (2022) yang mengungkapkan dari risetnya dari total 200 pijakan pada *speed bump*, tegangan yang disimpan di ACCU terus meningkat, sementara tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik mengalami penurunan. Pada 50 pijakan pertama, tegangan ACCU bertambah sebesar 1,1V dari 3,4V menjadi 4,5V. Pada pijakan ke-100, penambahan tegangan tetap stabil di 1,1V. Namun, mulai pijakan ke-150, interval kenaikan menurun menjadi 0,9V, dan pada pijakan ke-200 terjadi penurunan lagi menjadi 0,5V.

Analisis menunjukkan bahwa prototipe pembangkit listrik ini menghasilkan listrik hanya saat menerima tekanan, seperti dari pijakan kaki, sehingga aliran energi bersifat sementara dan tidak

berkelanjutan (Helonde et al., 2021). Maka untuk memaksimalkan penggunaan energi yang dihasilkan, diperlukan komponen penyimpanan seperti kapasitor atau baterai. Kapasitor akan berfungsi sebagai penampung sementara yang cepat mengisi dan melepaskan muatan, sementara baterai dapat menyimpan energi untuk waktu yang lebih lama dan memberikan aliran daya yang stabil. Melalui penambahan kapasitor atau baterai, energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan lebih optimal untuk berbagai aplikasi, termasuk menggerakkan perangkat elektronik dengan kebutuhan daya rendah (Mowaviq et al., 2019).

Selain itu, fluktuasi tegangan dan arus akibat penggunaan terus-menerus juga menghadirkan tantangan terkait keausan komponen mekanik, seperti pegas dan bantalan sistem. Keausan ini dapat mengurangi efisiensi konversi energi dan umur pakai dari prototipe pembangkit (Zhao et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa komponen-komponen mekanik yang digunakan memiliki daya tahan yang tinggi dan kualitas material yang baik. Pelaksanaan perawatan berkala, seperti pelumasan atau penggantian bagian yang aus, akan membantu menjaga kinerja optimal dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan dalam jangka panjang (Ketut & Rifaldi, 2022).

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, tegangan dan arus yang dihasilkan alat pijakan kaki dengan beban lampu 5 watt bervariasi tergantung berat badan dan jenis tekanan (pijakan atau lompatan). Pada pijakan normal, responden berbobot 75 kg menghasilkan tegangan 13,9 V dan arus 147,4 mA, sedangkan pada berat 45 kg hanya 4,5 V dan 37,9 mA. Namun saat melakukan lompatan, output meningkat signifikan: responden 75 kg menghasilkan 17,8 V dan 188,2 mA, sementara 45 kg menghasilkan 15,9 V dan 152,7 mA, menunjukkan bahwa tekanan dinamis menghasilkan output listrik yang lebih tinggi. Pengujian juga membandingkan dua metode, yaitu Sensor INA219 (Node-RED) dan multimeter, dengan hasil konsisten: rata-rata tegangan, arus, dan daya saat lompatan masing-masing sebesar 16,70 V, 172,07 mA, dan 2919,39 mW (Node-RED), serta 16,67 V, 167 mA, dan 2795,84 mW (multimeter). Meski terdapat sedikit perbedaan angka, keduanya menunjukkan pola yang sama dalam merespons peningkatan tekanan secara real-time.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pengembangan prototipe pembangkit listrik tenaga pijakan kaki dapat dilakukan lebih lanjut oleh pihak fakultas, khususnya pada area tangga atau lantai yang sering dilalui banyak orang, sehingga potensi penghematan energi dapat dimaksimalkan. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya, pemilihan lokasi yang lebih strategis dan minim gangguan sangat disarankan agar suplai energi yang dihasilkan lebih optimal dan pengujian alat dapat berjalan lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. I. (2013). Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 892–897.
- Alia, D., Hartanto, T. M. B., Kurniawan, R., Indiarto, T. A. N. P., & Prasetya, A. (2021). Kinetic Generator from Footstep Using Piezoelectric. *Prosiding Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar*, 1, 240–245. <https://doi.org/10.48192/prc.v1i4.345>
- Ariefianto, Y. D. (2019). Mitigasi Bencana Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Sampean Berbasis Pemberdayaan Masyarakat, di Wilayah Bodowoso dan Situbondo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Infrastruktur*, 5(1), 28–35.
- Balbin, J. R., Joves, E. J. A., Parreno, M. C., Chua, E. E., & Ranque, D. R. (2021). Design and Development of Energy Harvesting Ramp through Brushed DC Generator Using Gear System. *2021 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems, I2CACIS 2021 - Proceedings, June*, 134–139. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS52118.2021.9495896>
- Billah, M., & Rochman, S. (2024). Rancang Bangun Lantai Penghasil Listrik Energi Pijakan Kaki Menggunakan Generator DC. *Seminar Nasional Teknologi Industri*, 1(1), 308–317.
- Chand, A. A., Shamsul Arefin, A. S. M., Islam, F. R., Prasad, K. A., Singh, S., Cirrincione, M., & Mamun, K. A. (2020). Design simulation of a novel fluid based footstep energy harvesting system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 39(April), 100708. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100708>
- Effendi, R. (2023). Analisis Penggunaan Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(4), 16–19.
- H.D, N. K., & Rifaldi, S. (2022). Analisis Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik dari Keset Kaki dengan Metode Energy Harvesting. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 20(1), 38–49. <https://doi.org/10.55893/epsilon.v20i1.85>
- Harriguna, T., & Wahyuningsih, T. (2021). Kemajuan Teknologi Modern untuk Kemanusiaan dan Memastikan Desain dengan Memanfaatkan Sumber Tradisional. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 2(1 Juni), 65–78. <https://doi.org/10.34306/abdi.v2i1.448>
- Helonde, N. J., Suryawanshi, P., Bhagwatkar, A., Wagh, A., & Vetal, P. (2021). Footstep Power Generation using Piezoelectric Sensors. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(12), 1347–1353. https://doi.org/10.46338/ijetae1022_08
- Hidayat, B. (2021). Kendali Cerdas Kelistrikan Rumah menggunakan Node-Red Berbasis Raspberry Pi-3 B+. *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering ...*, 1(1), 1–7. <https://journal.irpi.or.id/index.php/ijeere/article/view/74%0Ahttps://journal.irpi.or.id/index.php/ijeere/article/download/74/27>
- Ketut, N., & Rifaldi, S. (2022). Analisis Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Rancang Bangun Prototipe Alat Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Kinetik dari Keset Kaki dengan Metode Energy Harvesting. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 20(1), 38–49. <https://doi.org/10.55893/epsilon.v20i1.85>
- Miharja, M. H. jaya. (2018). Analisis proksimat potensi briket bioarang sebagai energi alternatif di desa kusu, Maluku Utara. *Techno: Jurnal Penelitian*, 5(1), 15–21.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2019). Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 112–118. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.219>
- Mugali, S., G., B., Chilukuri, S., G. D., & B, K. (2018). Footstep Power Generation using Piezo Electric Sensors. *IJLTEMAS (International Journal of Latest Technology in Engineering, Management, and Applied Science)*, 7(5), 166–169. <https://doi.org/10.46610/joped.2022.v08i02.004>
- Munaswamy, B., Prudhvi, C., Srikanth, V., Kirankumar, B., & Kumar, E. P. (2018). Mechanical Footstep Power Generation. *International Journal of Engineering Trends and Applications (IJETA)*, 5(2), 291–298. www.ijetajournal.org
- Pratama, L. P., Herdiyansyah, R. A., & Manfaluthy,

- M. (2022). Rancang Bangun Prototipe Pemanen Energi Getaran pada Speed Bump Menggunakan Transducer Piezoelectric. *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 3(2), 39–48. <https://doi.org/10.18196/mt.v3i2.14126>
- Pratiwi, R. (2019). Penerapan Bioethanol Dengan Metode SSF (Solid State Permentation) Dalam Menambah Nilai Ekonomis Sebagai Pengganti Energi Alternatif Dalam Mengatasi Krisis Energi Konvensional Masyarakat. *Jurnal Akuntansi*, 1–23.
- Rahmatullah, Umurani, K., & Nasution, A. R. (2022). Alternatif Energi Baru Terbarukan (Ebt) Dalam Peningkatan Kota Medan Menjadi Kota Terang. *Jurnal Pembangunan Perkotaan*, 10(1), 58–65. <http://ejpp.balitbang.pemkomedan.go.id/index.php/JPP>
- Stiawan, E., & Taufiq, A. J. (2020). Rancang Bangun Alat Pemanen Energi Listrik Dari Tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(2), 79–84. <https://doi.org/10.30595/jrre.v2i2.8280>
- Yunginger, R., & Sune, N. N. 201. (2015). Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo. *Universitas Negeri Gorontalo*, 15, 1–15.
- Zhao, B., Qian, F., Hatfield, A., Zuo, L., & Xu, T. B. (2023). A Review of Piezoelectric Footwear Energy Harvesters: Principles, Methods, and Applications. *Sensors*, 23(13). <https://doi.org/10.3390/s23135841>

