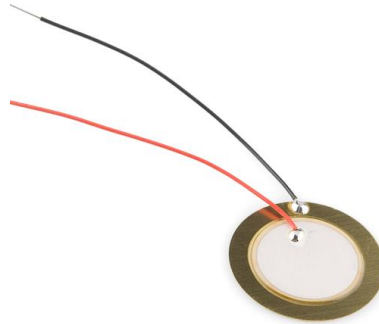


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

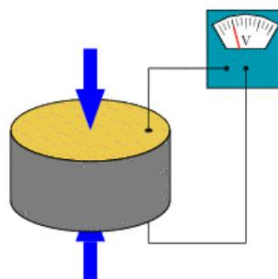
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sensor Piezoelektrik



Gambar 2. 1 Lempengan Sensor Piezoelektrik
Sumber: SparkFun Electronics

Sensor piezoelectric merupakan perangkat yang memanfaatkan efek piezoelectric untuk mengukur perubahan tekanan, akselerasi, regangan, atau gaya dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Efek piezoelectric terjadi ketika material tertentu menghasilkan tegangan listrik sebagai respons terhadap tekanan mekanik yang diterapkan. Material yang umum digunakan dalam sensor piezoelectric adalah kristal kuarsa dan keramik piezoelectric seperti PZT (*lead zirconate titanate*) (Liu et al., 2019).



Gambar 2. 2 Ilustrasi Tekanan pada Piezo Menghasilkan Lonjakan Voltase
Sumber: WikiPedia.com

Sensor piezoelectric bekerja berdasarkan prinsip bahwa aplikasi tekanan mekanik pada material piezoelectric akan menyebabkan distribusi muatan listrik yang tidak merata di dalam material tersebut, menghasilkan tegangan yang dapat diukur. Tegangan ini kemudian dapat diolah menjadi data yang mencerminkan besaran fisik yang diukur, seperti tekanan atau gaya (Srinivasan & Butler, 2017).

Sensor piezoelectric digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan ilmiah. Dalam bidang kesehatan, sensor ini digunakan dalam perangkat ultrasound untuk pencitraan medis dan dalam alat pacu jantung untuk memonitor denyut jantung (Kim et al., 2018). Dalam industri otomotif, sensor piezoelectric digunakan untuk mendeteksi detonasi mesin dan mengukur tekanan di dalam silinder mesin (Khan & Kim, 2016). Selain itu, dalam teknologi energi terbarukan, sensor piezoelectric dimanfaatkan untuk memanen energi dari getaran mekanis dan gerakan manusia (Yang et al., 2020).

Keunggulan utama sensor piezoelectric adalah kepekaannya yang tinggi dan kemampuannya untuk beroperasi dalam rentang suhu yang luas. Sensor ini juga memiliki respon frekuensi yang cepat, membuatnya ideal untuk aplikasi dinamis (Xu et al., 2021). Namun, sensor piezoelectric juga memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada temperatur dan kecenderungan untuk mengalami degradasi performa seiring waktu akibat kelelahan material (Lee et al., 2015).

2.1.2 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

Indonesia, dengan kekayaan sumber daya energi terbarukan yang melimpah, saat ini berada di titik kritis dalam pemanfaatan potensinya. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2021 dan 2023, Indonesia memiliki potensi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang sangat besar, mencapai 3,686 gigawatt, meliputi berbagai sumber energi seperti matahari, angin, hidro, bioenergi, geotermal, dan energi samudra. Namun, berdasarkan data dari International Renewable Energy

Agency (IRENA., 2021) pada tahun 2021, hanya sekitar 0,3% atau 10.5 GW dari total potensi energi terbarukan ini yang telah berhasil dimanfaatkan. Kendala dalam pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia mencakup faktor investasi, infrastruktur, serta kebijakan dan regulasi.



Gambar 2. 3 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia
Sumber: Good News From Indonesia, 2021

Upaya intensif dan terkoordinasi diperlukan untuk mengoptimalkan potensi ini, demi masa depan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan di Indonesia.

Indonesia memiliki potensi yang luar biasa dalam hal energi terbarukan. Negara kepulauan ini kaya akan sumber daya alam yang dapat digunakan untuk pembangkitan energi terbarukan, termasuk energi matahari, angin, hidro, bioenergi, geotermal, dan energi samudra. Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar karena lokasinya yang berada di kawasan ekuator, memberikan paparan sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun. Energi angin juga memiliki prospek yang menjanjikan, terutama di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral., 2021). Energi hidro sudah lama digunakan di Indonesia, dengan banyak sungai dan air terjun yang tersebar di seluruh nusantara. Sumber energi geotermal di Indonesia juga sangat kaya, dengan

Indonesia menjadi salah satu negara dengan kapasitas geotermal terbesar di dunia. Namun, meskipun memiliki potensi yang besar, pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih terbatas. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk keterbatasan investasi dan infrastruktur, serta kebijakan dan regulasi yang belum sepenuhnya mendukung pengembangan energi terbarukan (IRENA., 2021). Oleh karena itu, upaya yang lebih intensif dan terkoordinasi diperlukan untuk mengoptimalkan potensi besar ini, demi masa depan energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di Indonesia.

2.1.3 Energi Kinetik Langkah Kaki Manusia

Konsep energi kinetik langkah kaki manusia mengacu pada pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh gerakan langkah kaki manusia. Setiap kali kita berjalan, berlari, atau melompat, kita menghasilkan energi kinetik—energi gerak yang bisa dikonversi menjadi bentuk energi lain, termasuk energi listrik. Ini merupakan aspek penting dari penelitian dalam bidang teknologi pembangkit energi, khususnya dalam pengembangan sistem yang bertujuan untuk mengumpulkan dan mengkonversi energi kinetik dari aktivitas manusia menjadi energi yang berguna (Helonde et al., 2021).

Energi kinetik yang dihasilkan selama berjalan atau berlari memiliki potensi untuk dikonversi menjadi energi listrik melalui berbagai metode, termasuk penggunaan bahan piezoelektrik, yang menghasilkan listrik ketika ditekan atau dikenai tegangan mekanis. Proses ini membuka peluang untuk pengembangan aplikasi berkelanjutan, seperti penerangan jalan yang ditenagai oleh langkah kaki pejalan kaki atau stasiun pengisian perangkat mobile yang mengumpulkan energi dari aktivitas manusia di tempat-tempat umum (Panghate et al., 2020).

Konversi energi kinetik langkah kaki menjadi energi listrik menghadapi beberapa tantangan, terutama berkaitan dengan efisiensi

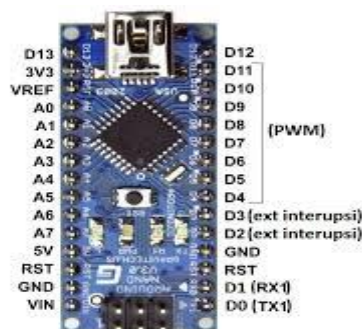
konversi dan pengoptimalan pengumpulan energi. Efisiensi sistem dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk desain mekanisme konversi energi, jenis dan kualitas material piezoelektrik yang digunakan, serta lokasi dan cara pemasangan sistem pengumpul energi dalam lingkungan yang nyata (Logeshwaran et al., 2022).

2.1.4 Arduino Nano



Gambar 2. 4 Mikrokontroler Arduino Nano
Sumber: Tokopedia.com

Arduino Nano adalah salah satu varian mikrokontroler dari keluarga Arduino yang berukuran kecil dan fleksibel. Mikrokontroler ini didasarkan pada ATmega328 dan dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan ukuran fisik yang minimal tetapi tetap memerlukan kemampuan yang sama dengan papan Arduino standar. Arduino Nano memiliki fitur yang serupa dengan Arduino Uno tetapi dalam faktor bentuk yang lebih kecil, membuatnya ideal untuk proyek-proyek yang memiliki keterbatasan ruang (Banzi & Shiloh, 2020).



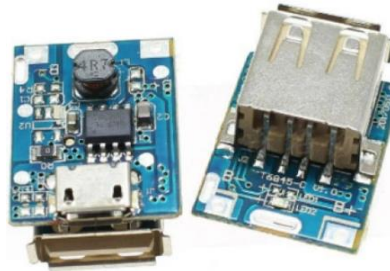
Gambar 2. 5 Konfigurasi Pin dari Arduino Nano
Sumber: arduinoku-Wordpress.com

Arduino Nano dilengkapi dengan mikrokontroler ATmega328, memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 8 pin input analog, kecepatan clock 16 MHz, dan memori flash 32 KB. Selain itu, Arduino Nano memiliki konektor USB mini-B untuk pemrograman dan daya, serta header ICSP untuk memudahkan pemrograman ulang bootloader (Monk, 2018).

Arduino Nano memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya populer di kalangan pengembang, hobiis, dan akademisi. Salah satu keunggulan utamanya adalah ukuran kompaknya, dengan dimensi hanya 18 mm x 45 mm, yang memungkinkan penggunaannya dalam aplikasi dengan keterbatasan ruang (Purdum, 2019). Selain itu, Arduino Nano mendukung berbagai sensor, modul, dan perisai yang kompatibel dengan varian Arduino lainnya, sehingga memberikan fleksibilitas dan kemudahan integrasi ke dalam berbagai proyek (Margolis, 2018). Keunggulan lainnya adalah harga yang terjangkau dibandingkan dengan varian lain seperti Arduino Uno, menjadikannya pilihan ekonomis untuk pengembangan prototipe dan proyek DIY (Schmidt, 2021).

Namun, Arduino Nano juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu keterbatasan utama adalah jumlah pin input/output yang terbatas, dengan hanya 14 pin digital dan 8 pin analog, yang mungkin tidak mencukupi untuk aplikasi yang kompleks dan membutuhkan banyak pin (Norris, 2020). Selain itu, penggunaan port USB mini-B, yang lebih jarang digunakan dibandingkan dengan micro-USB atau USB-C, dapat menjadi kendala dalam beberapa situasi, terutama jika perangkat atau kabel yang kompatibel tidak tersedia (Cohen, 2019). Meskipun demikian, keunggulan yang dimiliki Arduino Nano sering kali mampu mengatasi keterbatasan ini, menjadikannya solusi yang handal dan efisien untuk berbagai aplikasi.

2.1.5 Modul Powerbank 3.7V – 5V



Gambar 2. 6 Modul Powerbank Multi Charger dengan Step Up Protection
Sumber: Electronic Spices, 2019

Modul powerbank adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengisi daya baterai lithium-ion atau lithium-polymer dan menyediakan output daya yang stabil untuk mengisi perangkat lain, seperti ponsel, tablet, atau perangkat elektronik portabel lainnya. Modul ini biasanya dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk step-up converter, proteksi overcharge, proteksi overdischarge, dan proteksi short circuit, yang semuanya bertujuan untuk memastikan pengisian daya yang aman dan efisien (Smith & Jones, 2018).

Modul Powerbank 1 Slot Multi Charger Step Up Protection 5V 1A bekerja dengan prinsip konversi tegangan dan proteksi baterai. Step-up converter adalah komponen utama yang meningkatkan tegangan dari baterai (biasanya 3.7V) ke tegangan output yang stabil (5V) untuk mengisi perangkat lain. Modul ini juga dilengkapi dengan sirkuit proteksi yang memonitor tegangan dan arus untuk mencegah kondisi yang berbahaya seperti overcharge, overdischarge, dan short circuit (Miller et al., 2017).

Modul powerbank ini kompatibel dengan berbagai jenis baterai lithium-ion dan lithium-polymer, serta dapat digunakan untuk mengisi berbagai perangkat elektronik portabel (Lee et al., 2020). Fitur proteksi *overcharge*, *overdischarge*, dan *short circuit* memastikan keamanan dan keandalan modul saat digunakan, serta memperpanjang umur baterai (Kim & Park, 2018). Dengan menggunakan *step-up converter*, modul ini dapat

meningkatkan efisiensi konversi daya, mengurangi kehilangan energi, dan menyediakan tegangan output yang stabil (Wang et al., 2020).

2.1.6 Buzzer



Gambar 2. 7 Buzzer 5v
Sumber: (Digiware, 2019)

Buzzer 5V adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bunyi sebagai respon terhadap sinyal input listrik. Buzzer ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti alarm, timer, dan indikator suara dalam perangkat elektronik. Buzzer 5V biasanya digunakan karena kemudahan integrasinya dengan sistem elektronik yang beroperasi pada tegangan rendah, terutama mikrokontroler seperti Arduino (Smith, 2018).

Buzzer 5V bekerja berdasarkan prinsip piezoelektrik atau elektromagnetik. Pada buzzer piezoelektrik, material piezoelektrik akan berubah bentuk ketika diberi tegangan listrik, menghasilkan getaran yang menghasilkan suara. Sementara itu, pada buzzer elektromagnetik, medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik menyebabkan diafragma bergerak dan menghasilkan suara (Chen et al., 2020). Buzzer 5V umumnya dioperasikan dengan memberi tegangan 5V melalui pin positif dan menghubungkan pin negatif ke ground, menghasilkan bunyi sesuai dengan frekuensi sinyal input.

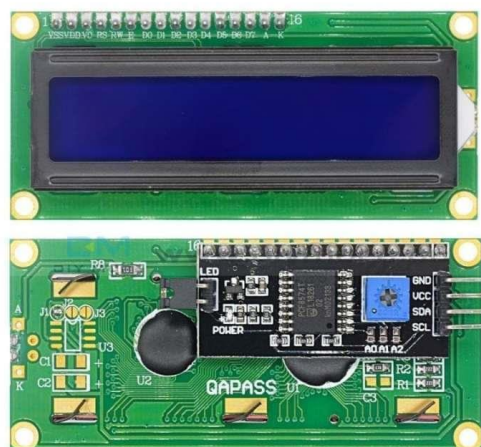
Buzzer 5V sangat mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler dan sistem elektronik lainnya. Tegangan operasi yang rendah (5V) membuatnya kompatibel dengan banyak perangkat elektronik modern (Jones & Brown, 2019).

Buzzer 5V digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk:

- d. Alarm dan Peringatan: Digunakan dalam sistem alarm kebakaran, alarm pintu, dan peringatan keamanan lainnya untuk memberikan sinyal suara saat terjadi kondisi darurat (Smith, 2018).
- e. Indikator Audio: Digunakan sebagai indikator audio dalam perangkat elektronik seperti oven microwave, timer, dan mesin cuci untuk memberikan feedback suara kepada pengguna (Chen et al., 2020).
- f. Proyek DIY dan Edukasi: Buzzer 5V sering digunakan dalam proyek DIY dan pendidikan untuk mengajarkan dasar-dasar elektronik dan pemrograman mikrokontroler (Jones & Brown, 2019).

2.1.7 LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) I2C 16x2 adalah perangkat tampilan yang menggunakan teknologi kristal cair untuk menampilkan karakter teks dalam dua baris, masing-masing terdiri dari 16 karakter. Modul ini dirancang dengan antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit) yang memungkinkan komunikasi yang lebih sederhana dengan mikrokontroler atau mikroprosesor menggunakan hanya dua jalur komunikasi, yaitu SDA (data) dan SCL (clock) (Smith, 2020).



Gambar 2. 8 Tampilan LCD 16x2 I2C
Sumber: (Goodtitevs, 2021)

LCD I2C 16x2 bekerja dengan prinsip pengaturan orientasi molekul kristal cair yang terperangkap antara dua lapisan kaca transparan. Ketika tegangan diterapkan, molekul-molekul ini mengubah orientasi mereka, memodulasi cahaya yang melewati mereka untuk menghasilkan tampilan karakter yang diinginkan (Morrison, 2019). Antarmuka I2C memfasilitasi komunikasi serial antara LCD dan mikrokontroler dengan menggunakan protokol bus I2C yang menghemat pin GPIO pada mikrokontroler.

Keunggulan utama dari modul LCD I2C 16x2 adalah kemudahan instalasi dan penggunaan. Dengan hanya dua jalur komunikasi, modul ini menyederhanakan koneksi dan pengendalian, mengurangi kompleksitas rangkaian, dan menghemat ruang pada papan sirkuit. Selain itu, modul ini memiliki konsumsi daya yang rendah dan dapat menampilkan karakter yang jelas dan dapat dibaca dalam berbagai kondisi pencahayaan (Brown & Wilson, 2018).

Modul LCD I2C 16x2 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk proyek-proyek DIY, pendidikan, dan industri. Dalam dunia pendidikan, modul ini sering digunakan untuk mengajarkan dasar-dasar antarmuka I2C dan tampilan data kepada siswa. Dalam industri, modul ini digunakan untuk menampilkan informasi pada perangkat seperti mesin otomatis, alat ukur, dan peralatan rumah tangga (Jones et al., 2021). Dalam proyek-proyek DIY, modul ini populer di kalangan penggemar elektronika untuk menampilkan data sensor atau status sistem pada proyek berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan Raspberry Pi (Lee & Chang, 2020).

2.1.8 *Lithium Battery Protection Board 1S*



Gambar 2. 9 1S BMS Li-Ion Battery Protection Board
Sumber: MBA Techmeds

Lithium Battery Protection Board 1S adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk melindungi sel baterai lithium-ion atau lithium-polymer tunggal (1S) dari kondisi yang dapat merusak atau memperpendek masa pakai baterai. Kondisi tersebut meliputi overcharge, overdischarge, overcurrent, dan short circuit. Proteksi ini sangat penting mengingat karakteristik baterai lithium yang sensitif terhadap tegangan dan arus yang tidak sesuai (Kang et al., 2019).

Board proteksi baterai 1S umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk pengendali tegangan dan arus, MOSFET sebagai sakelar elektronik, serta sensor suhu. Pengendali tegangan dan arus berfungsi untuk memantau dan mengatur tegangan serta arus yang masuk dan keluar dari sel baterai. MOSFET digunakan untuk menghentikan aliran listrik saat terdeteksi kondisi yang tidak aman, seperti tegangan yang terlalu tinggi atau rendah. Sensor suhu membantu dalam mendeteksi kondisi overheating dan melindungi baterai dari kerusakan termal (Chen et al., 2020).

Keunggulan utama dari lithium battery protection board 1S adalah kemampuannya untuk meningkatkan keamanan dan memperpanjang umur baterai lithium. Dengan proteksi ini, risiko kebakaran atau ledakan akibat overcharge dan overdischarge dapat diminimalisir. Selain itu, proteksi ini juga menjaga performa baterai agar tetap optimal dalam jangka waktu yang lebih lama (Lee & Kim, 2018). Namun, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah kompleksitas desain yang mungkin menambah biaya produksi dan pemasangan. Selain itu, proteksi yang terlalu ketat bisa menyebabkan pembatasan pada performa baterai, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan arus tinggi (Zhang et al., 2017).

Proteksi baterai 1S banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan sel baterai lithium tunggal. Dalam perangkat elektronik portabel seperti ponsel, tablet, dan kamera digital, board proteksi ini sangat penting untuk memastikan keamanan dan keandalan perangkat. Selain itu, proteksi ini juga digunakan dalam proyek DIY dan perangkat IoT yang menggunakan baterai lithium untuk daya (Wang et al., 2019). Dalam industri otomotif, proteksi ini digunakan pada baterai skala kecil untuk aplikasi seperti sepeda listrik dan skuter (Huang et al., 2021).

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Penulis dan Judul	Hasil	Kelebihan	Kekurangan
Logeshwaran, M., Sheela, J. J. J., & Priya, A. P. (2022). A high-efficiency power generator by footsteps using piezoelectric effect. In 2022 Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS) (pp. 1547-1553). Coimbatore, India: IEEE.	Bertujuan untuk meningkatkan sistem pembangkit tenaga dari langkah kaki (footstep power generation) dengan mencapai output energi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian lain. Hal ini menegaskan penggunaan bahan piezoelektrik sebagai teknologi inti untuk mengubah tekanan dari langkah kaki menjadi energi listrik. Penelitian ini mungkin melihat optimasi seluruh sistem, termasuk faktor-faktor seperti penempatan sensor, pemilihan material, dan efisiensi konversi daya.	Desain Inovatif: Penelitian ini berhasil merancang generator yang mampu mengkonversi energi kinetik dari langkah kaki dengan efisiensi tinggi. Penggunaan teknologi piezoelektrik memungkinkan konversi energi yang lebih efektif dibandingkan teknologi konvensional. Pengujian Efisiensi: Penelitian ini melakukan pengujian efisiensi secara menyeluruh, memberikan data empiris yang mendukung klaim tentang efisiensi tinggi. Hasil	Penelitian ini terbatas pada skala laboratorium dan belum mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan nyata yang dapat mempengaruhi kinerja. Kondisi lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan tekanan dapat mempengaruhi kinerja material piezoelektrik dan efisiensi konversi energi. Uji Lapangan: Kurangnya uji lapangan yang ekstensif dapat membuat hasil penelitian kurang

		pengujian menunjukkan bahwa generator ini dapat menghasilkan daya yang cukup untuk aplikasi praktis dengan input energi minimal.	dapat diterapkan langsung pada kondisi dunia nyata tanpa modifikasi tambahan.
Panghate, S., Barhate, P., & Chavan, H. (2020). Advanced footstep power generation system using RFID for charging. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(02).	Generation System using RFID for Charging" menghasilkan sistem pembangkit tenaga langkah kaki yang canggih menggunakan RFID untuk pengisian daya. Sistem ini terdiri dari: <ol style="list-style-type: none"> 1. Pijakan piezoelektrik: Menghasilkan tegangan saat ditekan oleh kaki. 2. Modul RFID: Mengirim data tentang langkah kaki ke perangkat pengumpul. 3. Perangkat pengumpul: Menyimpan 	Penelitian ini menggabungkan teknologi RFID dengan sistem pengisian daya langkah kaki, menawarkan solusi yang inovatif dan multifungsi. Penggunaan RFID memungkinkan identifikasi dan pengisian daya otomatis pada perangkat yang ditentukan, meningkatkan kenyamanan dan keamanan penggunaan. Dengan memanfaatkan teknologi RFID, sistem ini dapat secara otomatis	Integrasi teknologi RFID dengan sistem pengisian daya langkah kaki dapat menambah kompleksitas sistem, membuatnya lebih sulit untuk diimplementasikan dan di-maintenance. Sistem ini memerlukan komponen tambahan dan perangkat lunak untuk mengelola identifikasi dan pengisian daya, yang dapat meningkatkan biaya dan kebutuhan perawatan.

	<p>energi yang dihasilkan dan menggunakannya untuk mengisi daya perangkat elektronik.</p> <p>Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghasilkan daya yang cukup untuk mengisi daya perangkat elektronik kecil seperti smartphone.</p>	<p>mengidentifikasi perangkat yang membutuhkan pengisian daya dan mengarahkan daya ke perangkat tersebut tanpa intervensi manual.</p>	<p>Tidak semua energi kinetik dapat dikonversi secara efisien karena ada kerugian yang mungkin terjadi dalam proses pengisian melalui RFID. Proses konversi dan transmisi energi melalui RFID dapat mengakibatkan kerugian daya, yang dapat mengurangi efisiensi keseluruhan sistem.</p>
<p>Helonde, N. J., Suryawanshi, P., Bhagwatkar, A. A., Wagh, A., & Vetal, P. (2021). Footstep Power Generation Using Piezoelectric Sensor. International Journal for Research in Applied Science &</p>	<p>Penelitian "Power Generation Using Piezoelectric & Thermoelectric from Footstep Technique" oleh Saranya et al. (2021) meneliti potensi penggunaan sensor piezoelektrik dan termoelektrik untuk menghasilkan energi dari langkah</p>	<p>Proses penelitian ini menggunakan beberapa sensor yang lebih kompleks seperti MQ-135, MQ-7, MQ-2, dan DHT-11 kemudian dari data sensor akan dilakukan prediksi menggunakan KNN.</p>	<p>Penelitian hanya mengambil data-data berupa angka sesuai parameter (tidak berupa gambar) untuk diujikan pendeteksi kebakarannya menggunakan KNN.</p>

Engineering Technology, 9(XII), 1-9.	kaki. Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan:		
Saranya, L., Divya, M., Kalki, B., & Pavithra, P. (2021). Power Generation Using Piezoelectric & Thermoelectric from Footstep Technique. Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 3570-3575. Chicago	Kombinasi sensor piezoelektrik dan termoelektrik dapat menghasilkan lebih banyak energi daripada sensor piezoelektrik saja.	Penelitian ini melakukan pendeteksian kebakaran menggunakan Node MCU dan sensor DHT-11 yang data sensor tersebut akan dikirimkan ke handphone sebagai alarm atau peringatannya.	Penelitian ini hanya menggunakan sensor DHT-11 dan tanpa menggunakan proses pengenalan gambar dengan menggunakan kecerdasan buatan atau deep learning. Kemudian, alat hanya bisa mendeteksi kebakaran melalui kondisi suhu.
Ganesh, R. J., Shanmugam, D. B., Munusamy, S., & Karthikeyan, T. (2021).	Penelitian ini meneliti sistem pembangkit tenaga dari langkah	Hasil penelitian ini relevan untuk berbagai aplikasi, seperti jalan setapak, lantai	Penelitian ini mungkin terbatas pada skala laboratorium dan belum

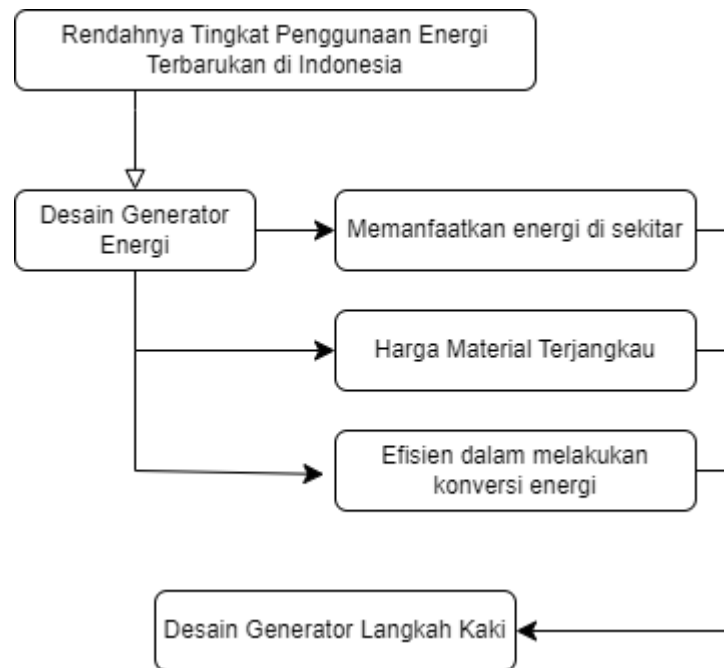
<p><i>Experimental study on footstep power generation system using piezoelectric sensor.</i> Materials Today: Proceedings, 45(2), 1633-1637.</p>	<p>kaki (footstep power generation) menggunakan sensor piezoelektrik. Sensor piezoelektrik mampu menghasilkan tegangan dan arus listrik saat ditekan oleh kaki. Tegangan yang dihasilkan berkisar antara 0,5 V hingga 4 V, tergantung pada berat dan gaya tekan. Arus yang dihasilkan berkisar antara 0,1 mA hingga 0,5 mA. Efisiensi sistem pembangkit tenaga dari langkah kaki masih tergolong rendah, yaitu sekitar 0,1% hingga 0,5%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti: Kehilangan energi mekanik saat kaki menekan sensor</p>	<p>gedung, dan fasilitas umum lainnya, yang memungkinkan pemanfaatan energi dari langkah kaki di berbagai lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang mendalam untuk menguji dan mengevaluasi kinerja sistem generator langkah kaki. Hal ini memberikan data empiris yang valid dan dapat diandalkan untuk mengevaluasi efektivitas sistem.</p>	<p>mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan nyata yang dapat mempengaruhi kinerja. Kondisi lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan tekanan dapat mempengaruhi kinerja material piezoelektrik dan efisiensi konversi energi. Kurangnya uji lapangan yang ekstensif dapat membuat hasil penelitian kurang dapat diterapkan langsung pada kondisi dunia nyata tanpa modifikasi tambahan.</p>
--	---	---	---

	Kehilangan energi listrik saat konversi dari tegangan AC ke tegangan DC		
Kamboj, A., Haque, A., Kumar, A., Sharma, V. K., & Kumar, A. (2017). Design of footstep power generator using piezoelectric sensors. In 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS) (pp. 1-3). Coimbatore, India: IEEE.	Sistem berhasil diimplementasikan dan diuji dalam kondisi laboratorium untuk mengevaluasi efisiensi konversi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan output daya yang cukup untuk mengisi daya perangkat elektronik kecil seperti LED dan sensor. Efisiensi Konversi: Efisiensi konversi energi dari langkah kaki ke listrik bervariasi tergantung pada tekanan yang diterapkan dan kualitas material piezoelektrik yang digunakan.	Desain sistem yang sederhana memungkinkan implementasi yang mudah dan cepat, serta tidak memerlukan teknologi yang sangat kompleks atau mahal. Desain modular memungkinkan sistem ini untuk diperluas atau disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari lokasi atau aplikasi tertentu.	Sistem ini mungkin memerlukan perawatan berkala untuk memastikan kinerja optimal.

Penelitian terdahulu mengenai implementasi teknologi piezoelektrik dalam pemanfaatan energi terbarukan telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Berbagai studi telah mengeksplorasi potensi piezoelektrik dalam berbagai aplikasi, mulai dari penghasil energi di area dengan lalu lintas tinggi hingga penggunaannya dalam perangkat portabel untuk mendeteksi tekanan dan getaran. Hasil-hasil ini mengindikasikan bahwa teknologi piezoelektrik tidak hanya dapat memberikan solusi inovatif dalam mengatasi krisis energi, tetapi juga memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti transportasi, infrastruktur, dan peralatan elektronik. Penelitian-penelitian ini memberikan landasan penting bagi pengembangan lebih lanjut dari teknologi piezoelektrik, sekaligus menunjukkan berbagai tantangan dan peluang yang perlu dihadapi dalam implementasinya di masa mendatang. Penelitian-penelitian terdahulu telah mengkaji berbagai aspek dari implementasi teknologi piezoelektrik dalam memanfaatkan energi langkah kaki. Logeshwaran et al. (2022) menyelidiki efisiensi tinggi dari generator tenaga langkah kaki menggunakan efek piezoelektrik, menunjukkan potensi besar dalam menghasilkan energi di area dengan lalu lintas tinggi. Studi oleh Panghate et al. (2020) menambahkan dimensi baru dengan mengintegrasikan teknologi RFID untuk sistem pengisian daya, menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat dimanfaatkan secara praktis dalam aplikasi sehari-hari. Helonde et al. (2021) dan Saranya et al. (2021) fokus pada pengembangan sistem pembangkit listrik yang menggabungkan sensor piezoelektrik dan termoelektrik, masing-masing, untuk meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan dari langkah kaki. Ganesh et al. (2021) melakukan studi eksperimental yang menegaskan efektivitas sistem pembangkit listrik langkah kaki dengan sensor piezoelektrik dalam berbagai kondisi.

Semua penelitian ini secara kolektif menunjukkan potensi besar dari teknologi piezoelektrik dalam menghasilkan energi terbarukan dari aktivitas manusia sehari-hari. Penelitian-penelitian ini menjadi landasan penting bagi skripsi peneliti, di mana peneliti akan mengeksplorasi lebih lanjut penerapan teknologi piezoelektrik untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan dari langkah kaki, serta mengevaluasi kinerja dan efisiensinya dalam berbagai kondisi penggunaan.

2.3 Kerangka Berpikir



Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir
Sumber: diolah oleh peneliti

Berikut kerangka berpikir dalam penelitian ini:

- a. Rendahnya Tingkat Penggunaan Energi Terbarukan di Indonesia
 1. Identifikasi Masalah: Indonesia masih tergantung pada energi fosil, padahal terdapat potensi besar untuk memanfaatkan energi terbarukan seperti energi kinetik dari langkah kaki.
- b. Desain Generator Energi
 1. Desain Awal: Mengembangkan desain generator yang dapat memanfaatkan energi di sekitar kita, khususnya energi kinetik dari langkah kaki.
 2. Pemilihan Material: Memilih material dengan harga yang terjangkau namun memiliki kinerja yang baik dalam konversi energi.

3. Efisiensi Konversi Energi: Desain harus memastikan efisiensi tinggi dalam mengkonversi energi kinetik menjadi listrik.

c. Desain Generator Langkah Kaki

1. Implementasi Teknologi: Mengimplementasikan teknologi piezoelektrik atau teknologi lain yang sesuai untuk mengkonversi energi kinetik dari langkah kaki.
2. Pengujian dan Evaluasi: Melakukan uji coba dan evaluasi untuk memastikan sistem bekerja dengan baik dalam kondisi nyata.
3. Penyesuaian dan Optimasi: Menyesuaikan desain berdasarkan hasil pengujian untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan.

Poin pertama dari kerangka berpikir ini adalah mengidentifikasi masalah utama yaitu rendahnya penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Meskipun ada banyak sumber energi terbarukan yang potensial, penerapannya masih minim. Energi kinetik dari aktivitas sehari-hari, seperti berjalan, merupakan salah satu sumber yang belum dimanfaatkan secara optimal. Langkah berikutnya adalah mengembangkan desain generator yang dapat memanfaatkan energi di sekitar kita. Fokus utama dalam desain ini adalah:

- a. Memanfaatkan Energi di Sekitar: Energi kinetik dari langkah kaki adalah sumber energi yang melimpah di area dengan lalu lintas pejalan kaki yang tinggi.
- b. Harga Material Terjangkau: Material yang digunakan dalam desain harus memiliki harga yang terjangkau untuk memastikan teknologi ini bisa diadopsi secara luas.
- d. Efisiensi dalam Melakukan Konversi Energi: Desain harus memastikan bahwa konversi energi dari kinetik ke listrik dilakukan dengan efisiensi yang tinggi.

- e. Desain akhir yang diusulkan adalah generator langkah kaki yang mampu mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik. Proses ini melibatkan:
 - f. Implementasi Teknologi: Menggunakan teknologi seperti sensor piezoelektrik yang dapat mengkonversi tekanan dari langkah kaki menjadi listrik.
 - g. Pengujian dan Evaluasi: Melakukan uji coba untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata dan mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan.
 - h. Penyesuaian dan Optimasi: Berdasarkan hasil pengujian, desain generator disesuaikan dan dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan.