

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era perkembangan teknologi modern, kebutuhan terhadap sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin meningkat. Penggunaan energi listrik konvensional yang bergantung pada bahan bakar fosil masih mendominasi berbagai sektor kehidupan, sementara ketersediaan sumber energi tersebut semakin terbatas dan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, meningkatnya penggunaan perangkat elektronik portabel dan sistem berdaya rendah juga menuntut adanya sumber energi mandiri yang lebih efisien dan praktis. Oleh karena itu, berbagai penelitian mulai dikembangkan untuk memanfaatkan sumber energi alternatif melalui teknologi Energy Harvesting atau pemanenan energi dari lingkungan sekitar.

Salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan adalah energi mekanik yang berasal dari aktivitas manusia, khususnya langkah kaki. Tekanan mekanik yang dihasilkan saat seseorang berjalan dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sensor piezoelektrik. Teknologi piezoelektrik bekerja berdasarkan efek piezoelektrik langsung, yaitu kemampuan material tertentu untuk menghasilkan tegangan listrik ketika menerima tekanan atau getaran mekanik. Pemanfaatan energi dari langkah kaki dinilai cukup potensial karena aktivitas berjalan merupakan kegiatan yang dilakukan manusia setiap hari, terutama pada area dengan tingkat mobilitas tinggi seperti trotoar, pusat perbelanjaan, stasiun, maupun fasilitas umum lainnya.

Namun demikian, penerapan sistem pemanen energi berbasis piezoelektrik masih menghadapi beberapa permasalahan. Energi listrik yang dihasilkan sensor piezoelektrik umumnya memiliki daya yang kecil dan keluaran tegangan yang tidak stabil. Besarnya energi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tekanan, berat badan pengguna, frekuensi langkah kaki, serta jumlah sensor yang digunakan. Selain itu, keluaran sensor piezoelektrik berupa arus bolak-balik (AC) sehingga memerlukan rangkaian tambahan untuk proses penyearahan, penyimpanan, dan

pengaturan daya sebelum dapat digunakan pada perangkat elektronik. Permasalahan tersebut menyebabkan efisiensi pemanenan dan penyimpanan energi menjadi tantangan utama dalam pengembangan sistem ini.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai pembangkit energi mikro. Penelitian oleh Mowaviq et al. (2018) menjelaskan prinsip dasar piezoelektrik sebagai transduser yang mengubah energi mekanik dari getaran langkah kaki menjadi listrik. Selain itu, penelitian oleh Naufal et al. (2026) menekankan pada efektivitas induksi elektromagnetik dan piezoelektrik dalam mengumpulkan daya secara mandiri (*self-powered system*). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses pembangkitan energi dan belum banyak membahas integrasi sistem manajemen daya secara optimal, khususnya pada sistem penyimpanan energi dan pemantauan kondisi baterai secara real-time.

Berdasarkan permasalahan tersebut, proyek akhir ini mengusulkan sistem pemanenan energi dari langkah kaki menggunakan sensor piezoelektrik yang diintegrasikan dengan sistem manajemen daya berbasis mikrokontroler. Energi listrik yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik akan disearahkan menggunakan rangkaian penyearah dioda dan ditampung menggunakan kapasitor sebelum dialirkan ke rangkaian pengisian untuk disimpan pada baterai lithium-ion. Arduino Uno digunakan sebagai unit kendali utama untuk melakukan pemantauan dan pengendalian sistem berdasarkan parameter kelistrikan yang terukur. Pengukuran tegangan dan arus pada sistem dilakukan menggunakan sensor INA219, sehingga kondisi proses pemanenan dan penyimpanan energi dapat dipantau secara langsung. Data hasil pemantauan selanjutnya dapat ditampilkan melalui LCD dan disimpan pada kartu SD sebagai dokumentasi hasil pengukuran. Dengan demikian, sistem yang dirancang diharapkan mampu memanfaatkan energi mekanik dari langkah kaki dan mengelolanya menjadi energi listrik yang dapat disimpan serta dipantau secara terukur.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam proyek akhir ini adalah:

- 1) Bagaimana cara memanfaatkan energi mekanik dari langkah kaki manusia menggunakan sensor piezoelektrik untuk menghasilkan dan menyimpan energi listrik.
- 2) Bagaimana pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan paralel pada susunan sensor piezoelektrik terhadap karakteristik tegangan, arus, daya, dan kecepatan pengisian yang dihasilkan?
- 3) Bagaimana perbandingan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik pada aktivitas melompat dan jalan di tempat?
- 4) Sejauh mana perbedaan berat badan penguji memengaruhi tegangan, arus, daya yang dihasilkan, serta durasi pengisian pada kapasitor dan baterai?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup proyek akhir tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor yang digunakan adalah elemen piezoelektrik yang ditempatkan pada platform pijakan sebagai komponen pemanen energi dari tekanan mekanis akibat aktivitas pengguna.
- 2) Manajemen daya dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno dengan pemantauan tegangan dan arus menggunakan sensor INA219.
- 3) Pengujian aktivitas pengguna dibatasi pada aktivitas melompat dan jalan di tempat menggunakan satu kaki pada platform pijakan yang ditempatkan di permukaan lantai yang rata.
- 4) Pengujian dilakukan menggunakan beberapa variasi berat badan dengan toleransi ± 5 kg dari berat yang ditetapkan pada setiap variasi pengujian.
- 5) Energi listrik yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik ditampung sementara menggunakan kapasitor dan selanjutnya disimpan pada baterai lithium-ion 3,7 V.
- 6) Parameter kelistrikan yang dianalisis dalam penelitian meliputi tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan oleh sistem.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun Tujuan dari proyek akhir ini adalah:

- 1) Merancang dan mengimplementasikan sistem *energy harvesting* yang mampu mengubah energi mekanik langkah kaki menjadi energi listrik menggunakan sensor piezoelektrik.
- 2) Menganalisis perbandingan tegangan dan arus yang dihasilkan antara aktivitas berjalan di tempat dan melompat untuk mengetahui potensi maksimal energi yang didapat.
- 3) Mengetahui korelasi antara variabel berat badan terhadap efisiensi pengisian daya pada sistem penyimpanan baterai.
- 4) Menentukan konfigurasi terbaik antara rangkaian seri dan paralel pada sensor piezoelektrik untuk mempercepat proses pengisian daya baterai.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Memberikan alternatif pemanfaatan energi mekanik dari aktivitas manusia menjadi energi listrik melalui teknologi *energy harvesting* berbasis sensor piezoelektrik.
- 2) Memberikan informasi mengenai karakteristik tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik pada berbagai konfigurasi rangkaian seri dan paralel.
- 3) Memberikan informasi mengenai pengaruh jenis aktivitas dan variasi berat badan terhadap keluaran energi listrik yang dihasilkan oleh sistem pemanenan energi berbasis piezoelektrik.
- 4) Menjadi referensi dalam pengembangan sistem pemanenan energi skala kecil yang dapat mengonversi tekanan mekanis pada platform pijakan menjadi energi listrik yang dapat disimpan pada baterai.