

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformasi biomassa berkualitas tinggi menjadi energi masih menjadi tantangan utama bagi kemajuan teknologi dan komersialisasi. Kebutuhan akan metode baru untuk menghasilkan listrik muncul karena peningkatan emisi CO_2 dan tingginya harga bahan bakar fosil global. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil untuk pembangunan ekonomi telah menimbulkan dampak negatif di seluruh dunia [1]. PBB menyerukan upaya drastis untuk mengurangi gas rumah kaca guna mencegah bencana iklim, seiring dengan laporan Program Lingkungan PBB (UNEP) yang menunjukkan peningkatan emisi CO_2 dari deforestasi sebesar 55 gigaton dalam dekade terakhir. Para ilmuwan menekankan perlunya penurunan emisi global sebesar 7,6% per tahun hingga tahun 2030 untuk menghindari konsekuensi yang merusak. Hal ini juga mendorong industri untuk menggunakan bahan bakar biomassa, yang pada akhirnya dapat mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan emisi gas rumah kaca [2].

Mengolah limbah biomassa menjadi bahan bakar adalah cara menarik untuk menghasilkan listrik, terutama karena didukung oleh kebijakan energi ramah lingkungan [3]. Salah satu contoh adalah limbah tempurung kelapa, yang banyak dihasilkan di negara tropis seperti di Asia. Karena kelapa banyak digunakan untuk berbagai produk, limbah tempurungnya pun melimpah dan bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif [2].

Indonesia yang beriklim tropis memiliki potensi besar dalam pengembangan perkebunan kelapa, dengan lahan yang mencapai sekitar 3,7 juta hektar dan tersebar mulai dari Sumatera hingga Jawa, serta terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Provinsi Sumatera Barat termasuk salah satu daerah dengan hasil produksi kelapa tertinggi, yakni mencapai 77.766,2 ton pada tahun 2023. Kelapa dikenal sebagai tanaman multifungsi karena hampir semua bagiannya, mulai dari daging buah, air, serat, hingga tempurung dapat dimanfaatkan. Namun, pemanfaatan tempurung kelapa masih tergolong minim, karena sebagian besar hanya digunakan dengan cara dibakar langsung menjadi arang, meskipun tempurung tersebut mengandung karbon tinggi dan berpotensi besar sebagai

sumber energi alternatif [4]. Melalui penerapan teknologi pirolisis, tempurung kelapa dapat dikonversi menjadi biochar atau arang aktif yang ramah lingkungan, memiliki emisi rendah, serta bisa digunakan sebagai bahan bakar biomassa atau sumber energi terbarukan. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan pemanfaatan tempurung kelapa sebagai energi alternatif demi mendukung kelestarian lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil [5].

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya energi terbarukan yang dimiliki oleh Indonesia [2]. Salah satu contoh energi terbarukan yang menjanjikan adalah arang dari tempurung kelapa, yang dikenal ramah lingkungan, hemat biaya, dan berkelanjutan. Arang ini berasal dari limbah pertanian berupa batok kelapa, sehingga penggunaannya turut berkontribusi dalam mengurangi volume sampah dan mencegah kerusakan hutan, karena tidak melibatkan penebangan pohon. Proses pembakarannya juga menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan arang kayu maupun bahan bakar fosil, sehingga berdampak positif terhadap kualitas udara dan pengurangan emisi karbon. Dari segi ekonomi, ketersediaan tempurung kelapa yang melimpah dan biaya yang relatif rendah membuat produksi arang tempurung kelapa menjadi lebih efisien, serta memungkinkan harga jual yang terjangkau tanpa mengorbankan mutu atau kinerja [6].

Salah satu metode pemanfaatan energi panas dari pembakaran arang tempurung kelapa menunjukkan bahwa energi panas tersebut berpotensi dijadikan sumber energi listrik berskala mikro. Energi panas ini dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan alat bernama *Thermoelectric Generator* (TEG). TEG atau juga dikenal sebagai generator *Seebeck*, adalah perangkat yang secara langsung mengubah panas menjadi energi listrik [4]. Aliran elektron terjadi dari sisi negatif ke sisi positif akibat adanya perbedaan suhu antara dua elemen; semakin besar selisih suhu ini, maka semakin cepat laju elektron dan semakin besar pula arus listrik yang dihasilkan [5]. Teknologi ini telah diterapkan pada berbagai bidang, seperti sistem pembuangan kendaraan bermotor, pembangkit listrik tenaga panas bumi, serta peralatan elektronik portabel dan aplikasi luar angkasa, termasuk satelit dan wahana milik NASA. Keunggulan utama TEG terletak pada kemampuannya mengonversi panas langsung menjadi energi listrik tanpa memerlukan komponen

mekanis yang bergerak. Hal ini menjadikannya lebih andal, ramah lingkungan, serta membutuhkan perawatan yang minim [7].

Salah satu produk *thermoelectric* yang banyak tersedia di pasaran adalah tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848, yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi panas menjadi listrik dan sebaliknya. Komponen ini tersusun dari sejumlah semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang disusun dalam rangkaian tertutup dan dilapisi material keramik, dengan ukuran $40 \times 40 \times 5 \text{ mm}^3$ [10].

Sebelumnya juga sudah ada yang melakukan penelitian serupa dengan cara yang lebih sederhana. Yaitu hanya dengan menggunakan 10 modul TEC 12706 yang didinginkan menggunakan air didalam suatu wadah dengan sumber panasnya langsung menggunakan api yang dinyalakan menggunakan bensin dan spiritus, plat konduktornya menggunakan material kuningan dan tembaga. Yang membedakan penelitian kali ini dengan sebelumnya yaitu sumber energinya berasal dari arang tempurung yang dibakar dengan memvariasikan massanya. Lalu untuk pendinginnya menggunakan air PDAM yang laju aliran massanya divariasikan dan terus mengalir, lalu juga dibantu dengan pendinginan oleh kipas mini 12V. Lalu untuk plat konduktornya menggunakan aluminium.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu mengetahui bagaimana pengaruh variasi massa dari tempurung kelapa terhadap hasil dari energi listrik yang dihasilkan dari pembakaran tempurung dengan menggunakan *Thermoelectric Generator* terhadap waktu pembakaran dan konversi panas menjadi listrik.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh variasi massa arang tempurung kelapa terhadap daya listrik, efisiensi konversi energi panas menjadi energi listrik, serta tegangan pada sistem *Thermoelectric Generator* (TEG) sebagai upaya pemanfaatan energi terbarukan berbasis biomassa.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan teknologi konversi energi panas berbasis *Thermoelectric Generator* (TEG) dengan memanfaatkan arang tempurung kelapa sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat untuk meningkatkan pemanfaatan limbah

biomassa menjadi energi listrik ramah lingkungan serta memberikan kontribusi ilmiah terhadap peningkatan efisiensi sistem termoelektrik di masa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini hanya membahas penggunaan arang tempurung kelapa sebagai sumber energi panas.
2. Kelapa yang digunakan berasal dari wilayah Padang.
3. TEG yang digunakan adalah tipe modul TEG SP1848 dan modul TEC 12706.
4. Proses konversi energi yang dikaji terbatas pada pemanfaatan panas dari pembakaran arang tempurung kelapa untuk menghasilkan listrik.
5. Analisis hanya mencakup daya, tegangan, arus listrik, efisiensi energi dan kelayakan penggunaan dalam skala kecil atau laboratorium.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan awali dengan Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang pemilihan topik, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka, yang berisi penjelasan studi literatur penelitian. Bab III Metodologi, yang terdiri dari langkah-langkah penelitian dari konversi energi panas hasil pembakaran arang tempurung kelapa menjadi energi listrik menggunakan TEG dengan *water cooling* efek *peltier*. Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi penyajian data hasil pengujian dan analisisnya. Bab ini membahas hubungan antara variasi massa arang tempurung kelapa dengan daya listrik yang dihasilkan, waktu pembakaran terhadap performa sistem, efisiensi konversi energi panas menjadi listrik, serta analisis nilai koefisien Seebeck pada modul TEG. Pembahasan disertai dengan grafik, tabel, dan interpretasi hasil secara ilmiah untuk menunjukkan efektivitas sistem yang dikembangkan. Bab V Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Bab ini merangkum temuan utama terkait potensi arang tempurung kelapa sebagai sumber energi alternatif dan memberikan rekomendasi bagi peningkatan efisiensi serta penerapan teknologi TEG dalam skala yang lebih luas di masa depan.