

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa dekade terakhir, kebutuhan akan sumber energi alternatif yang bersih dan berkelanjutan. Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan ekonomi dan populasi semakin mendesak. Krisis energi fosil disertai dengan kenaikan harga minyak dunia serta peningkatan emisi gas rumah kaca telah mendorong banyak negara termasuk Indonesia untuk mengembangkan energi terbarukan sebagai solusi jangka panjang. Energi angin merupakan salah satu energi yang sangat potensial karena bersifat baru, tidak menimbulkan emisi dan tersedia hampir di seluruh wilayah dunia. Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan yang paling berkembang saat ini (David & Rhakasywi, n.d.). Turbin angin menjadi teknologi utama dalam konversi angin menjadi energi mekanik atau listrik bahkan memiliki berbagai jenis dan desain yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan juga kebutuhan pengguna.

Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan turbin angin (Wijianti et al., 2019). Turbin angin secara umum terbagi menjadi dua jenis berdasarkan sumbu rotasinya, yakni turbin angin horizontal dan turbin angin vertikal. Salah satu tipe turbin angin vertikal banyak ditemui adalah turbin Savonius. Keunggulan turbin Savonius terletak pada desain sederhana, biaya produktif lebih rendah juga kemampuannya untuk bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah dan arah angin yang tidak stabil. Hal tersebut

menjadikan turbin Savonius relevan untuk diterapkan di daerah pedesaan atau kawasan kota yang memiliki ruang terbatas dan kondisi angin yang berubah-ubah. Adapun kelemahan dari turbin ini yaitu efisiensi konversi energi yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin horizontal.

Turbin Savonius masih dipelajari untuk pembangkitan energi hidrokinetik. Kinerja turbin Savonius dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk alur pada rotor. Penelitian sedang berlangsung untuk menganalisis secara menyeluruh dampak alur tambahan terhadap kinerja motor Savonius turbin hidrokinetik, yang menunjukkan relevansinya yang berkelanjutan. Meningkatkan kinerja turbin dengan alur pada permukaan rotor Savonius memiliki nuansa tersendiri. Alur-alur ini mengubah pola aliran (udara/air), perbedaan tekanan, dan kerugian aerodinamis. Peneliti berharap alur pada rotor akan meningkatkan aerodinamika dan pembangkitan daya turbin. Oleh karena itu, penelitian tentang efek alur tambahan pada kinerja motor Savonius turbin hidrokinetik masih relevan (Sampelawang et al., 2024).

Upaya dalam mengatasi keterbatasan efisiensi ini, peneliti mencoba melakukan berbagai modifikasi terhadap desain turbin Savonius. Salah satu pendekatan adalah bentuk dan jumlah sudu. Sudu merupakan komponen utama yang berinteraksi langsung dengan aliran angin dan berperan dalam menghasilkan gaya torsi. Modifikasi sudu tidak hanya mencakup geometri makro seperti bentuk L, S, atau U tetapi juga mencakup aspek mikro seperti tekstur permukaan sudu. Sehingga dalam penelitian ini, akan lebih terarah pada turbin Savonius tipe L dengan empat sudu. Tipe ini dipilih karena kombinasi empat sudu pada

konfigurasi tipe L itu dapat menghasilkan torsi awal yang lebih baik dan distribusi gaya yang lebih merata dibandingkan konfigurasi lainnya.

Dalam konteks peningkatan performa sudu, salah satu pendekatan yang relatif baru dan menarik untuk diteliti adalah penggunaan permukaan *dimple*. *Dimple* merupakan lekukan-lekukan kecil yang dibuat secara teratur dipermukaan suatu benda untuk mengubah karakteristik aliran fluida di sekitarnya yang berfungsi mengurangi *drag* dan meningkatkan jarak tempuh. *Dimple* memiliki fungsi lain yaitu menciptakan lapisan batas turbulen yang menjaga aliran tetap menempel lebih lama pada permukaan, hingga dapat mengurangi hambatan (*drag*), bahkan meningkatkan gaya angkat (*lift*) tergantung pada aplikasinya. Itulah sebabnya, pemanfaatan *dimple* pada sudu topik yang relatif untuk dikaji dan diteliti.

Meskipun konsep *dimple* telah dikenal luas di bidang aerodinamika dan *fluida*, penerapannya pada desain sudu turbin Savonius masih relatif jarang dilakukan. Salah satu aspek penting dalam implementasi *dimple* adalah dimensi atau ukuran lekukan tersebut terutama diameter *dimple*. Diameter *dimple* memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan, pola aliran udara dan karakteristik turbulensi di sekitar sudu. Penelitian terhadap variasi diameter *dimple* menjadi krusial untuk memahami seberapa besar kontribusi dimensi mikro ini terhadap kinerja keseluruhan sistem turbin angin. Pengaruh diameter *dimple* terhadap performa seperti torsi, kecepatan putar, dan efisiensi daya belum banyak dieksplorasi secara menyeluruh terutama pada turbin Savonius tipe L empat sudu.

Masih terdapat kesenjangan pengetahuan sehingga membuka peluang besar bagi penelitian eksperimental maupun numerik yang lebih komprehensif.

Penelitian ini juga relevan mengingat semakin banyak berkembangnya teknologi fabrikasi seperti pencetakan 3D dan teknik manufaktur presisi lainnya memungkinkan pembuatan empat sudu dengan tekstur kompleks seperti *dimple* secara lebih mudah dan ekonomis. Dengan dukungan teknologi ini, modifikasi sudu secara mikro seperti penambahan *dimple* dapat diterapkan secara luas dalam desain turbin kecil, tanpa menambah biaya produksi secara signifikan. Dengan efisiensi yang lebih baik, penelitian terhadap variasi diameter *dimple* menjadi krusial untuk memahami seberapa besar kontribusi dimensi mikro ini terhadap kinerja keseluruhan sistem turbin angin. Pengaruh diameter *dimple* terhadap performa seperti torsi, kecepatan putar, dan efisiensi daya belum banyak dieksplorasi secara menyeluruh terutama pada turbin Savonius tipe L empat sudu. Masih terdapat kesenjangan pengetahuan sehingga membuka peluang besar bagi penelitian eksperimental maupun numerik yang lebih komprehensif.

Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak bagi pengembangan turbin angin skala kecil yang efisien dan ramah lingkungan. Dalam konteks Indonesia, yang memiliki potensi angin cukup baik di wilayah pesisir dan dataran tinggi, turbin Savonius dengan desain sudu termodifikasi dapat menjadi solusi energi mandiri di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Dengan efisiensi yang lebih baik, masyarakat dapat memperoleh akses listrik yang lebih handal dan berkelanjutan dari turbin yang mudah dipasang dan dirawat.

Berdasarkan latar belakang ini, maka penting dilakukan sebuah kajian ilmiah yang mendalam tentang pengaruh diameter *dimple* terhadap karakteristik turbin Savonius tipe L empat sudu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh variasi diameter *dimple* dalam meningkatkan performa turbin melalui pendekatan eksperimental atau simulasi numerik. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan desain turbin angin mikro yang lebih efisien dan aplikatif dalam berbagai skenario pemanfaatan energi angin skala kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, maka rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi diameter *dimple* terhadap torsi turbin Savonius tipe L dengan empat sudu?
2. Bagaimana pengaruh diameter *dimple* terhadap efisien turbin Savonius tipe L empat sudu?
3. Bagaimana pengaruh diameter *dimple* terhadap daya turbin Savonius tipe L empat sudu?
4. Bagaimana pengaruh diameter terhadap *Trip Speed Ratio* (TSR) turbin Savonius tipe L empat sudu?

1.3 Tujuan Penelitian

Bertitik tolak dari rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi diameter *dimple* terhadap torsi turbin Savonius tipe L dengan empat sudu?

2. Untuk mengetahui pengaruh diameter *dimple* terhadap efisiensi turbin Savonius tipe L empat sudu?
3. Untuk mengetahui pengaruh diameter *dimple* terhadap daya turbin Savonius tipe L empat sudu?
4. Untuk mengetahui pengaruh diameter terhadap *Trip Speed Ratio* (TSR) turbin Savonius tipe L empat sudu?

1.4 Batasan Masalah

Upaya dalam menjaga fokus penelitian ini agar hasil yang diperoleh dapat dianalisis secara lebih terarah, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin savonius tipe L dengan empat sudu.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Toraja (UKIT).
3. Diameter *dimple* yang digunakan sebagai variabel bebas divariasikan dalam lima ukuran, yaitu: 5, 7, 9, 11 ,dan 13.
4. Dimensi sudu turbin angin sumbu vertikal model *dimple*

a) *Dimple*

Diameter = 5, 7, 9, 11 ,dan 13 mm

Kedalaman = 1 mm

Jarak antara *dimple* = 10 mm

b) Poros yang digunakan

Bahan = Besi monel

Diameter (D) = 8 mm

Tinggi (H) = 60 mm

c) Sudu

Jumlah sudu = 4 sudu

Bahan = Pipa PVC

d). Rotor

Tinggi = 300 mm

Lebar = 300 mm

Tebal = 2 mm

e). *Blower*

Merek *Blower* = *morris*

Voltage = 220 V ac

Watt = 1500 watt

Frekuensi = 50 Hz

Size = 450,0 mm (18 Inchi)

f). Bantalan

Bahan = Pipa besi

Tipe = deep Grove Ball

Nomor *Bearing* = 6700 zz

g). *Wind Tunnel*

Panjang (L) = 2500 mm

Sisi depan (D) = 500 mm

Sisi belakang (D) = 400 mm

h). Penyangga *Blower*

Bahan = Besi holo

Panjang (L) = 800 mm.

Lebar = 800 mm

Tinggi = 605,2 mm

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menjadi acuan bagi penulis untuk menyelesaikan studi gelar sarjana (SI) Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Toraja. Selain itu, penelitian ini bermanfaat bagi segenap sivitas akademik UKIT khususnya Teknik Mesin dalam mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang aerodinamika dan desain turbin angin, khususnya dalam penerapan microstruktur *dimple* pada sudu turbin Savonius. Temuan ini dapat menjadi referensi teknis dan akademik bagi pengembangan desain turbin yang lebih efisien dan responsif terhadap kecepatan angin rendah.