

INTISARI

Energi angin belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia karena kecepatan angin masih rendah sehingga diperlukan inovasi turbin angin horizontal (*horizontal axis wind turbine* – HAWT) yang lebih efisien. Salah satu aspek yang harus diperhatikan adalah pengaruh perubahan *tip speed ratio* (TSR) dan jumlah sudu terhadap performa turbin angin horizontal. Penelitian ini menganalisis perbandingan performa dan *wake effect* HAWT sudu 2, 3, dan 4 pada beberapa kecepatan angin masukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan pengembangan selanjutnya tentang jenis HAWT yang efisien untuk diterapkan di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan studi numerik pendekatan komputansi dinamika fluida (*computational fluid dynamics* - CFD) untuk mempelajari pengaruh perbedaan perubahan TSR dan jumlah sudu terhadap performa. Penelitian menunjukkan bahwa turbin angin sudu 4 memiliki koefisien daya yang paling baik, diikuti oleh sudu 3 dan sudu 2 pada semua TSR dengan koefisien daya maksimum yang diperoleh pada turbin angin sudu 2 adalah 0,3850, sudu 3 adalah 0,4613, dan sudu 4 adalah 0,5048. Seluruh koefisien daya maksimum tersebut diperoleh pada saat TSR sama dengan 6. Pada saat TSR rendah, terjadi perbedaan tekanan di sisi *hub* yang sangat tinggi sehingga menyebabkan tingginya gradien *velocity deficit* dan munculnya *root vortex*. *Root vortex* ini menyebabkan adanya *turbulent kinetic energy* yang tinggi di daerah tersebut dan kerugian turbin pada TSR yang terlalu rendah. Sebaliknya, semakin tinggi TSR memicu tingginya perbedaan tekanan di sisi *tip* sehingga fenomena kerugian turbin terjadi pada TSR tinggi. Hal ini yang menyebabkan turbin angin akan memiliki koefisien daya maksimum pada TSR yang tidak terlalu rendah dan tinggi. Fenomena ini terjadi pada seluruh jumlah sudu. Pertumbuhan vorteks meningkat seiring dengan peningkatan jumlah sudu akibat semakin banyaknya vorteks yang saling bertrabakan. Hal ini membuat *velocity deficit* dan *turbulent kinetic energy* juga semakin tinggi. Karena *velocity deficit* pada rotor tunggal juga berkaitan dengan banyaknya energi angin yang berhasil terkonversi menjadi energi mekanik, maka turbin angin sudu 4 memiliki performa yang paling baik.

Kata Kunci: *aerodynamic, horizontal-axis wind turbine, jumlah sudu, performa, TSR*

ABSTRACT

Wind energy has not been optimally utilized in Indonesia because the wind speed is still low, therefore a more efficient horizontal axis wind turbine (HAWT) is needed. One aspect that must be considered is the effect of changes in tip speed ratio (TSR) and the number of blades on the performance of a horizontal wind turbine. This study analyzes the comparison of the performance and wake effect of HAWT with 2, 3, and 4 blades at several input wind speeds. The results of this study are expected to be considered for further development of efficient types of HAWT to be applied in Indonesia. This research was conducted using a numerical approach called computational fluid dynamics (CFD) to study the effect of changes in TSR and number of blades on the wind turbine performance. The study showed that 4-bladed wind turbines had the best power coefficient, followed by 3-bladed and 2-bladed on all TSR with the maximum power coefficient obtained on 2-bladed wind turbines was 0.3850, 3-bladed is 0.4613, and 4-bladed is 0.5048. All the maximum power coefficients are obtained when the TSR is equal to 6. When the TSR is low, there is a very high-pressure difference on the hub side causing a high velocity deficit gradient and the emergence of root vortexes. This root vortex causes high turbulent kinetic energy in the area and turbine losses at TSR are too low. On the other hand, the higher TSR triggers a higher-pressure difference on the tip side so that the turbine loss phenomenon occurs at high TSR. This causes the wind turbine to have a maximum power coefficient at a TSR that is not too low and high. This phenomenon occurs in the entire number of blades. The growth of the vortex increased along with the increase in the number of blades due to the increasing number of vortexes colliding with each other. This makes the velocity deficit and turbulent kinetic energy also higher. Because the velocity deficit on a single rotor is also related to the amount of wind energy that has been successfully converted into mechanical energy, the 4-bladed wind turbine has the best performance

Keywords: aerodynamic, horizontal-axis wind turbine, low speed wind, number of blades, wake effect