

INTISARI

Sistem pembangkit listrik tenaga air biasanya dikembangkan menggunakan aliran sungai dengan *head* yang sangat rendah dan menggunakan kincir air sebagai penggerak utama. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kondisi operasi kincir, panjang *head race* (HR) dan bukaan pintu air (SGO) pada pola aliran air dan kinerja kincir air *breastshot* dan *undershot* baik secara eksperimen maupun numerik.

Penelitian dilakukan pada kincir air *breastshot* (dengan dan tanpa *jumping water*) dengan diameter 500 mm, lebar 140 mm dan jumlah sudu 14. Kincir air *undershot* dengan diameter 420 mm, 350 mm, dan 280 mm, lebar 140 mm dan jumlah sudu 10. Kincir air dipasang pada saluran dengan bendung setinggi 250 mm, panjang *head race* 50 mm, 100 mm, 150 mm, dan 200 mm untuk kincir air *breastshot*, 100 mm dan 150 mm untuk kincir air *undershot* dengan debit aliran air 0,014 m³/detik. Simulasi numerik dilakukan untuk kincir air *breastshot* dengan panjang HR dan kondisi operasi yang sama dengan eksperimen, khususnya menggunakan bukaan pintu air 60 mm, 80 mm, dan 100 mm. Untuk kincir air *undershot*, simulasi dilakukan pada panjang HR 100 mm dan 150 mm, dengan bukaan pintu air 60 mm, 80 mm, 100 mm, dan 120 mm. Pada simulasi numerik digunakan perangkat lunak *Ansys*. Saluran hidrolik dianggap simetris ke arah lateral sehingga hanya separuh bagian yang diperhitungkan. Simulasi pergerakan permukaan bebas (*free surface*) diperhitungkan dengan metode *volume of fluid (VOF)*, dan daerah statis dan berputar antar muka diperlakukan dengan menggunakan *sliding mesh interface (SMI)*. Untuk perhitungan viskositas turbulensi, digunakan model *shear-stress transport (SST) k- ω* .

Hasil eksperimen dan simulasi numerik menunjukkan kecenderungan yang sama dalam perubahan nilai torsi dan daya yang dihasilkan kincir air pada berbagai kondisi operasi, variasi panjang HR, dan SGO. Untuk kincir air *breastshot*, visualisasi aliran menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan putar kincir, semakin besar volume air yang menumbuk *blade* kincir, dan semakin besar torsi yang dihasilkan oleh kincir air. Hal ini juga menegaskan bahwa perubahan torsi secara periodik tergantung pada kecepatan putar dan jumlah *blade*, dan berhubungan dengan perubahan berkala dari tekanan pada permukaan *blade*. Torsi dan daya cenderung meningkat dengan bukaan pintu air yang kecil dan semakin panjang HR yang berkenaan dengan kecepatan aliran air menuju kincir air. Untuk kincir air *undershot*, visualisasi aliran menunjukkan bahwa melambatnya kecepatan putar kincir selaras dengan meningkatnya volume air yang menumbuk *blade* kincir, dan meningkatnya *front pressure* dan *back pressure*. Torsi dan daya meningkat dengan semakin besar bukaan pintu air yang berkenaan dengan volume air yang menekan *blade* kincir. Daya terbesar untuk kincir air *Breastshot* terjadi pada kincir air *breastshot* dengan *jumping water* HR 100 SGO 60 mm, yaitu 26,40 W (Eksperimen) dan 26,57 W (simulasi). Daya terbesar untuk kincir air *undershot* terjadi pada diameter kincir 350 mm HR 150 mm, SGO 120 mm yaitu 12,51 W (Simulasi) dan 12,53 W (Eksperimen).

Kata Kunci: Kincir air *breastshot*, Kincir air *undershot*, *Head race*, *Jumping water*, *Sluice gate opening*

ABSTRACT

Hydroelectric power generation systems are usually developed using river flows with very low heads and waterwheels as the prime mover. This research aims to study the effect of waterwheel operating conditions, head race length (HR), and sluice gate opening (SGO) on the water flow pattern and performance of breastshot and undershot waterwheels both experimentally and numerically.

The study was conducted on a breastshot waterwheel (with and without jumping water) with a diameter of 500 mm, a width of 140 mm, and the number of blades is 14. An undershot waterwheel with a diameter of 420 mm, 350 mm, and 280 mm, a width of 140 mm, and the number of blades is 10. The waterwheel was installed in a channel with a 250 mm high weir, head race lengths of 50 mm, 100 mm, 150 mm, and 200 mm for the breastshot waterwheel, 100 mm and 150 mm for the undershot waterwheel, with a water flow discharge of 0.014 m³/sec. Numerical simulations were performed for the breastshot waterwheel with the same HR length and operating conditions as the experiments, specifically using 60 mm, 80 mm, and 100 mm sluice openings. For the undershot waterwheel, simulations were performed at HR lengths of 100 mm and 150 mm, using sluice openings of 60 mm, 80 mm, 100 mm, and 120 mm. Ansys software was used for the numerical simulation. In the numerical simulation, the hydraulic channel is considered symmetrical in the lateral direction, so only half of the section is accounted. Simulated free surface movement is accounted for by the volume of fluid (VOF) method, and the static and rotating regions of the interface are treated using the sliding mesh interface (SMI). For the calculation of turbulence viscosity, the shear-stress transport (SST) k- ω model is used.

The experimental results and numerical simulations show similar trends in torque and power values generated by the waterwheel at various operating conditions, variations in HR length, and SGO. For the breastshot waterwheel, the flow visualization shows that the lower the waterwheel's rotational speed, the larger the volume of water that impinges on the blade, and the greater the torque generated by the waterwheel. It is also confirmed that the periodic change in torque depends on the rotating speed and number of blades, and is related to the periodic change of pressure on the blade surface. Torque and power tend to increase with smaller sluice openings and longer HR concerning water flow velocity towards the waterwheel. For the undershot waterwheel, the flow visualization shows that slowing down the waterwheel rotational speed is consistent with the increasing volume of water impinging on the waterwheel blade and the increasing front and back pressure. The torque and power increase with the larger sluice opening, concerning the volume of water pressing on the waterwheel blade. The maximum power for the Breastshot waterwheel occurs in the Breastshot waterwheel with a jumping water HR 100 mm SGO 60 mm, which is 26.40 W (Experiment) and 26.57 W (Simulation). The maximum power for the undershot waterwheel occurs at a wheel diameter of 350 mm, HR 150 mm, and SGO 120 mm, with values of 12.51 W (Simulation) and 12.53 W (Experiment).

Key Word : Breastshot water wheel, Undershot water wheel, Head race, Jumping water, Sluice gate opening