

UNJUK KERJA TURBIN RODA AIR YANG DIPASANG SERI PADA WASTE WATER PITFirman Firman¹, Muhammad Anshar¹, Yiyin Klistafani¹, M. Alif Al Afgan², G. S. T. Tiranda²¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang**ABSTRACT**

This study aims to determine the effect of changes in water velocity in the waste water pit on the performance of the water wheel turbine. Experimental and Numerical Studies conducted simultaneously. The numerical method is carried out using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method with Ansys Fluent 2020 R1 software. an open channel designed to adjust field data related to the dimensions and shape of the waste water pit in the PLTU system. The water wheel is mounted in series on the waste water pit with a predetermined distance. The test and analysis results show that the curve comparison between the simulation and test results has almost the same trend, which means that the simulation used is appropriate. From the results and discussion, it can be concluded that the best performance of the water road turbine is at 120 rpm.

Keywords: *water wheel, water turbine, CFD*

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan salah satu penyuplai daya listrik yang cukup besar. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di butuhkan beberapa sistem bantu yang berfungsi sebagai penunjang proses pembangkitan daya listrik. Beberapa sistem bantu tersebut antara lain sistem pendingin, sistem oli bertekan, dan sistem pelumasan.

Sistem pendingin yang digunakan pada PLTU sebagian besar menggunakan air laut sebagai media pendingin. Menurut [1] sistem pendingin berfungsi untuk mengatasi terjadinya *over-heating* pada mesin agar mesin dapat bekerja secara stabil. Salah satu komponen vital pada PLTU yang membutuhkan air laut adalah kondensor. Kondensor memanfaatkan air laut sebagai media pendingin untuk mengubah fasa uap yang telah melewati LP turbine menjadi fasa cair yang kemudian dialirkan ke hotwell untuk sirkulasi agar hasil kondensasi dapat digunakan kembali pada proses selanjutnya. Sebelum air laut masuk ke intake, diinjeksikan *chemical* berupa chlorin untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan juga menghindari *fouling* [2], [3]. Sistem yang digunakan pada proses tersebut ialah *open loop* sehingga air laut yang telah dimanfaatkan akan dibuang kembali ke sumbernya. Ada beberapa macam proses pembuangan air limbah yang dapat digunakan pada PLTU dengan sistem pendingin *open loop* antara lain pembuangan permukaan, pembuangan bawah permukaan, dan pembuangan difusi. Di antara ketiga macam proses tersebut, proses pembuangan permukaan adalah yang paling banyak digunakan pada PLTU.

Salah satu kendala pada sistem pendingin open loop ialah air laut yang akan dibuang kembali ke sumbernya belum memenuhi syarat ketentuan baku mutu air limbah pembangkitan. Sehingga pada water outake dibutuhkan konstruksi saluran yang panjang. Konstruksi saluran water outake yang panjang dibutuhkan agar terjadi perpindahan panas secara konveksi pada saluran air tersebut untuk mencapai syarat temperatur air limbah pembangkitan yaitu sekitar 30°C [2]. Selain itu dengan konstruksi water outake yang panjang, sisa bahan kimia yang masih terkandung dapat terurai sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan kalor dengan menggunakan saluran yang panjang merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencapai syarat ketentuan baku mutu air limbah. Namun pembuangan kalor dengan saluran panjang bukanlah cara yang efektif karena membutuhkan biaya yang lebih besar. Berdasarkan fenomena tersebut, dibutuhkan inovasi baru berupa pengaplikasian agitator (pengaduk) yang berfungsi untuk mempercepat penurunan temperatur air buangan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menangani air buangan pada *waste water pit* sistem PLTU. Menurut [4] turbin roda air dapat diaplikasikan pada saluran air yang mempunyai flow 0,5 m³/s dan head 0,5. Teknologi ini sangat ekonomis, karena turbin roda air berfungsi ganda yaitu di samping memutar generator, juga sekaligus sebagai agitator akibat gerakan berputar sudu turbin dalam air. Dengan demikian, agitator tidak lagi membutuhkan motor penggerak, melainkan hanya memanfaatkan energi aliran air buangan. Menurut. [5] penggunaan turbin roda air yang berfungsi ganda sebagai agitator pada *waste water pit* system PLTU dapat menurunkan temperatur air buangan sebesar 3,5°C. Penelitian selanjutnya menyatakan bahwa konfigurasi bentuk sirip berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin roda air [6]. Beberapa penelitian tersebut masih

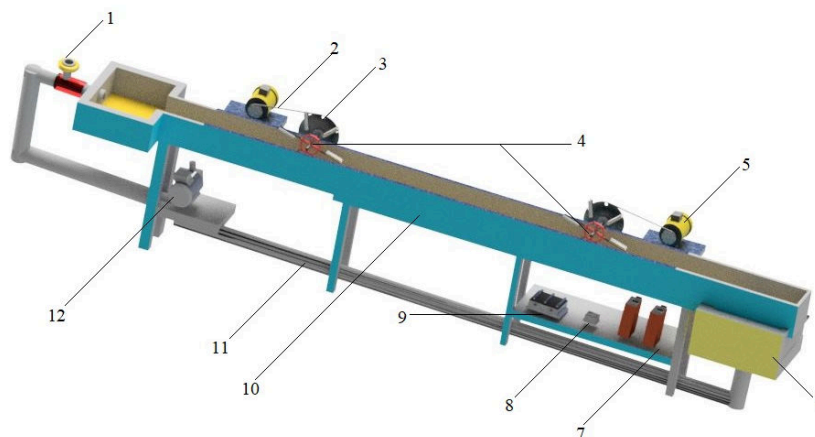
¹ Korespondensi penulis: Firman, 081342369805, firman@poliupg.ac.id

menggunakan turbin roda air yang dipasang tunggal. Di sisi lain energi aliran air buangan setelah melewati turbin roda air masih dapat dimanfaatkan sepanjang *waste water pit*. Jika digunakan lebih dari satu turbin roda air dan secara dipasang secara seri, maka akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar sekaligus memberikan dampak penurunan temperatur air buangan yang lebih besar pula. Dengan demikian, unjuk kerja sistem semakin baik pula. Akan tetapi, kecepatan dan head aliran air buangan sepanjang saluran *waste water pit* mengalami perubahan. Hal ini akan berpengaruh pula terhadap unjuk kerja sistem turbin roda air yang dipasang seri. Fenomena tersebut akan diungkapkan dalam proposal penelitian yang diajukan ini. Tujuan khusus penelitian ini ialah menentukan pengaruh perubahan head dan kecepatan air pada *waste water pit* terhadap unjuk kerja turbin roda air yang dipasang seri.

Pertumbuhan industri yang semakin meingkat mendorong pula peningkatan konsumsi energi baik energi bahan bakar maupun energi listrik. Di sisi lain, cadangan energi semakin menipis yang lambat laun akan habis. Selain itu, pertumbuhan industri juga berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengoperasian pembangkit listrik tenaga uap mempunyai peranan strategis untuk penyediaan energi listrik yang ramah lingkungan. Berdasarkan uraian tersebut, maka sangatlah penting untuk dilaksanakan penelitian ini karena menunjang pengembangan teknologi serta pembangunan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Studi karakteristik aliran fluida yang melewati turbin roda air terpasang seri pada *waste water pit* merupakan gabungan dari Studi Ekperimen dan Numerik yang dilakukan secara bersamaan. Metode numerik dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan *software Ansys Fluent 2020 R1*. saluran terbuka (*open channel*) yang didesain menyesuaikan data lapangan terkait dimensi dan bentuk *waste water pit* pada sistem PLTU. Roda air dipasang seri pada *waste water pit* dengan jarak yang telah ditentukan. Instalasi system pengujian ditunjukkan dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Instalasi sistem pengujian

Keterangan: 1. Katup control; 2. V belt; 3. Pulley; 4. Turbin Roda Air; 5. Generator; 6. *Reservoir*; 7. Baterai; 8. Baterey Charge Controller; 9. Inverter; 10. Saluran terbuka; 11. Pipa sirkulasi air; 12. Pompa Air

Eksperimen yang dilakukan terdiri dari dua pengujian yaitu pengujian Turbin Roda Air yang pasang tunggal dan pengujian Turbin Roda Air yang pasang seri pada saluran terbuka. Adapun prosedur pengujian yaitu dengan mengisi *reservoir* suction dengan air sebanyak 200 liter, menyalakan pompa untuk mengalirkan air ke *reservoir head*. Kemudian mengalirkan air melalui saluran terbuka, dan mengukur laju aliran air. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi debit air.

Metode numerik yang dilakukan terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap *pre-processing*, tahap *processing/solving*, tahap *post-processing*, tahap validasi data. Tahap *pre-procesing* yaitu pembuatan geometri dengan bantuan *software Autocad*. Pembuatan mesh dilakukan dengan bantuan software *ANSYS Workbench 2020 R1*. Kondisi batas inlet yaitu *velocity inlet* dan kondisi batas outlet adalah *outflow*, sedangkan konstruksi saluran terbuka dan roda air ditetapkan dengan kondisi batas *wall* [9].

Metode numerik terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap *pre-processing*, tahap *processing/solving*, tahap *post-processing*, tahap validasi data.

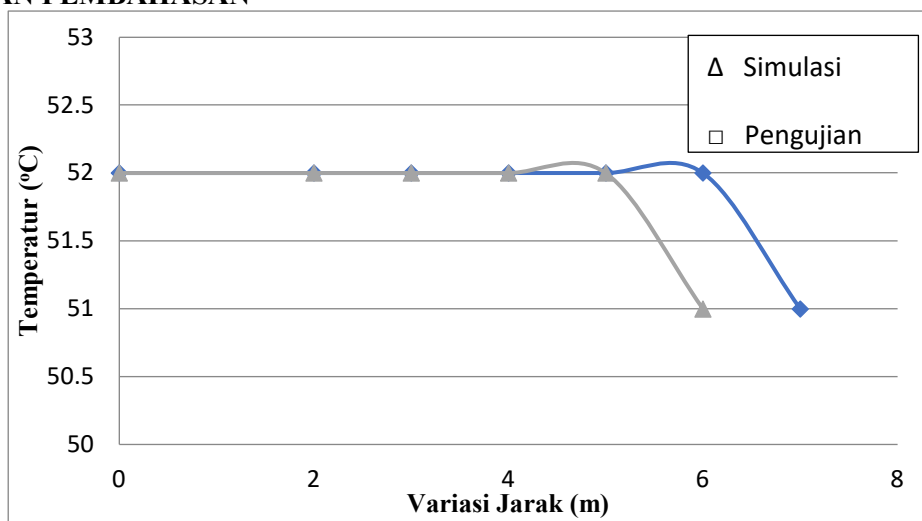
Tahap pre-processing ialah pembuatan geometri dengan bantuan software Autocad. Setelah geometri dibuat maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan *mesh* dan penentuan kondisi batas komputasi. Pembuatan *mesh* dilakukan dengan bantuan software *ANSYS Workbench 2019 R2*. Kondisi bata inlet yaitu *velocity inlet* dan kondisi batas *outlet* adalah *outflow*, sedangkan konstruksi *waste water pit* dan roda air ditetapkan dengan kondisi batas *wall*.

Tahap *processing/solving* ialah simulasi dengan menggunakan software *ANSYS Fluent 2019 R2*. Pemilihan model *solver* dan penentuan *SST k- ω* sebagai *turbulence model* yang digunakan untuk menjelaskan *bahwa* model tersebut sangat bagus dalam memprediksi karakteristik aliran di dekat dinding [9]. Penetapan jenis material yang digunakan yaitu disesuaikan dengan material air laut. Kriteria konvergensi yang ditetapkan sebesar 10^{-6} untuk semua kriteria dan diakhiri dengan tahap iterasi hingga konvergen.

Tahap *post-processing* adalah tahap ekstrak data hasil simulasi, baik berupa raw data ataupun hasil visualisasi melalui tampilan *grid display*, plot kontur (tekanan, kecepatan, temperatur), plot *vector* dan lain-lain disesuaikan dengan kebutuhan analisis.

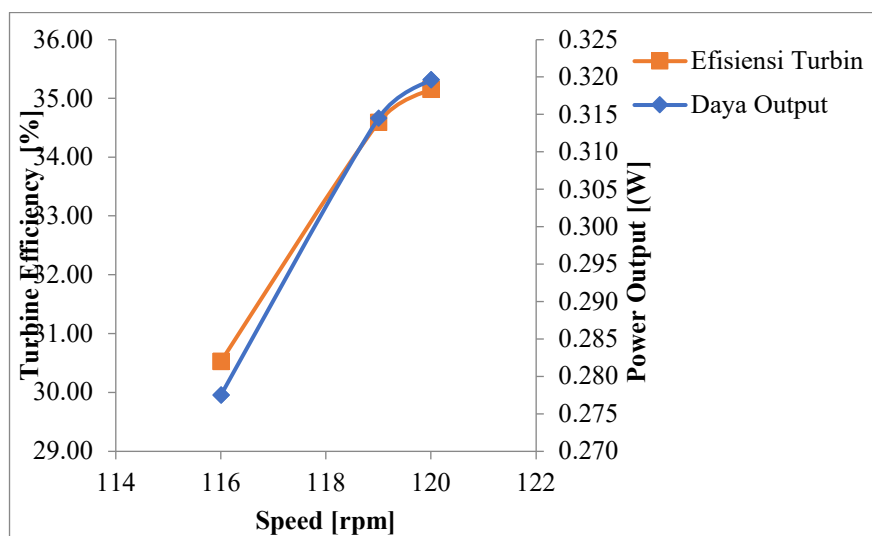
Tahap validasi data dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi numerik dengan hasil eksperimen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Perbandingan grafik hasil simulasi dan pengujian

Gambar 4. Menunjukkan perbandingan kurva antara hasil simulasi dan pengujian mempunyai trend yang hampr sama. Ini berarti bahwa simulasi yang digunakan sudah sesuai. Hasil ini sejalan dengan penelitian lainnya yang dilakukan sebelumnya [10].



Gambar 5. Unjuk kerja turbin roda air

Gambar 5 menunjukkan bahwa daya output maksimum sebesar 0,32 watt diperoleh pada putaran 120 rpm. Demikian pula dengan efisiensi maksimum turbin diperoleh 35,5% pada putaran 120 rpm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja terbaik turbin roda air ialah pada putaran 120 rpm.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thermodynamics, entropy and waterwheels. Dept. Physics and Astronomy and CSDC, University of Florence. via G. Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Italy.
- [2] Hasan, Achmad. 2006. Dampak Penggunaan Klorin, P3 Teknologi Konversi Energi, Deputi Teknologi Informasi Energi Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- [3] PT. ANTAM Tbk. 2016. *Operation & Maintenance Manual Cooling Water System*, Sumitomo Corporation,.
- [4] Quaranta, E., S. Fontan, P. Cavagnero, R. Revelli. 2015. Efficiency of Traditional Water Whells. E.proceedings of the 36th IHAR World Congress, 28 June – 3 July, 2015, The Hague, the Netherlands
- [5] Yunus, M. Y., & Firman, F. (2019). Pengaruh Agitator Terhadap Penurunan Temperatur Air Buangan Pada Waste Water Pit Sistem PLTU. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (pp. 107-111).
- [6] Firman dkk. 2020. Karakteristik Aliran Fluida pada Wastewater Pit dengan Berbagai Tipe Sirip Roda Air. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (hal. 107-111), Makassar 7-8 November 2020.
- [7] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Edisi kelima, John Wiley & Son Pte. Ltd. Singapore, 2005.
- [8] Ibrahim, G. A., C.H.C. Haron, C.H. Azhari. 2019. Traditional Water Wheels as a Renewable Rural Energy. The Online Journal on Power and Energy Engineering (OJPEE) Vol. (1) – No. (2) pp 62-66.
- [10] Khan, F.U., A. Ahmed, U.K. Jadoon, F. Heider. 2015. Modeling, Simulation and Fabrication of An Undershot Floatinf Water Wheel. J. Engg. And Appl. Sci. Vol. 34 No. 2, July – December 2015.
- [11] Quaranta, E. 2018. Stream Water Wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical Considerations, performance assessment and design recommendations. *Energy for Sustainable Development*, 45 (2018) 96-109.
- [9] Yah, N.F., I.M. Sahat, A.N. Quner. 2016. Numerical Investigation of Effect of Immersed Blade Depth on the Performance of Undershot Water Turbines. MATEC Wbe of Conferences 74, 00035 (2016) ICMER 2015.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan hibah penelitian dari dana PNBPD/DIPA 2021 Politeknik Negeri Ujung Pandang Skema (Research Grant) Kelas Jalur Mandiri (20 Program Studi) Nomor: B/33/PL10.13/PM.01.05/2021 tanggal 23 April 2021.