

Analisis kincir air undershot untuk kebutuhan irigasi di daerah Patongloan

Atus Buku^{1,*}, Petrus Peleng Roreng², Herby Calvin Pascal Tiyow³

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus, Indonesia

²Program Studi Akuntansi Universitas Kristen Indonesia Paulus, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, Indonesia

Article Info

Article history:

Received August 04, 2022

Accepted November 10, 2022

Published November 15, 2022

Keywords:

Undershot Waterwheel
Irrigation
Patongloan

ABSTRACT

Kincir air undershot adalah jenis kincir air tertua, kincir air vertikal dengan poros horizontal yang berputar dengan dorongan air yang terus menerus mengalir di bawah kincir pada sudu. Pembuatannya relatif sederhana dan murah, telah banyak digunakan kincir air undershot dapat digunakan untuk irigasi, sebagai pompa distribusi air, pembangkit listrik, penghasil energi murah, pengolahan hasil pertanian, meningkatkan produktivitas pertanian dan dapat digunakan sebagai objek wisata. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kincir air untuk kebutuhan irigasi di wilayah Patongloan. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian undershot pada kebutuhan irigasi, dengan diperoleh kinerja kincir air dengan kecepatan aliran maksimum 3,47 m/s, luas penampang saluran maksimum 0,17 m². dan debit maksimum 0,5833 m³/s. Daya air maksimum sebesar 1659,52 watt, gaya fluida yang mengenai sudu sebesar 331,55 N dan torsi sebesar 629,94 Nm serta daya maksimum turbin sebesar 1232,97 watt dan efisiensi sebesar 74,296%. Kincir air ini dapat menghasilkan volume air maksimal 0,0182 m³ dalam waktu 2 menit atau setara dengan 18,2 liter dalam waktu 2 menit.



Corresponding Author:

Atus Buku,
Program Studi Teknik Mesin,
Universitas Kristen Indonesia Paulus,
Jalan Perintis Kemerdekaan km 13 Daya, Makassar, Indonesia, 90243.
Email: *atus@ukipaulus.ac.id

1. PENGANTAR

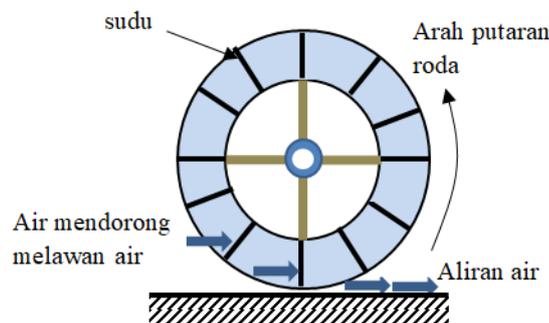
Energi merupakan kebutuhan dasar dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Energi dibedakan atas energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tak terbarukan adalah energi yang diperoleh dari fosil misalnya batubara. Batubara dapat digunakan untuk pembakaran langsung dan dapat pula dibuat dalam bentuk cair, tetapi ketersediaan dari batubara yang semakin berkurang. Batubara juga menimbulkan polusi [1-2]. Selain itu energi terbarukan dengan memanfaatkan potensi yang ada di alam sebagai sumbernya misalkan energi matahari, energi air, energi mini dan mikrohidro, angin, bioenergi dan laut. Pada daerah-daerah pertanian yang memiliki sumber air yang lebih rendah untuk mengairi area pertanian diperlukan suatu teknologi yang dikenal dengan kincir air.

Salah satu pemanfaatan energi air adalah dengan menggunakan kincir air. Kincir air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang salah satu fungsinya dapat dimanfaatkan untuk menaikkan air dari level rendah ke level tinggi [3]. Kapanpun ada air yang mengalir, kincir air dapat mengubah dan menyimpan energi air. Pemanfaatan teknologi ini masih belum optimal antara lain, karena daya angkat kincir air yang masih kecil. Berdasarkan hasil pengamatan tim penelitian dan pengembangan Sumber Daya Alam di berbagai daerah, tentang masalah kinerja kincir air konvensional masih bisa ditingkatkan antara lain dengan memperbaiki bahan, dimensi dan konstruksi, atau desain pengujian telah dilaksanakan dilaboratorium penelitian dan pengembangan

sumber daya alam dengan maksud dan tujuan antara lain : mempelajari kinerja kincir air tradisional, membuat konsep kincir air yang dapat menghasilkan debit penimbaan yang lebih besar dengan umur yang lebih lama, dan menerapkan kincir air di kalangan masyarakat dan diportipe untuk diteliti [4-5].

Kincir air merupakan teknologi yang telah dikenal dan digunakan manusia sudah sejak lama. Teknologi kincir air menggunakan material yang mudah didapatkan. Bahan material dari kincir air yaitu kayu, bambu dan besi. Prinsip kerja kincir air adalah merubah sebagian atau keseluruhan tenaga dinamik dari aliran air menjadi tenaga mekanik [6-7]. Kincir air berputar pada suatu bidang datar, dimana putaran kincir terjadi akibat adanya kecepatan dan massa air yang mengenai sudu-sudu kincir. Kincir air dapat merubah energi potensial air menjadi energi kinetik dimana kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang dipasang di sekeliling roda [8].

Pada kincir air tradisional untuk pengambilan air baku dari sumber air dengan menggunakan bucket. Bentuk dari bucket bermacam macam ada yang berbentuk kotak dan tabung yang berputar pada sumbunya oleh dorongan aliran air sungai guna penyediaan air bagi pertanian yang dibangun oleh masyarakat atau petani. Bahan utama yang digunakan ialah bahan lokal seperti kayu, bambu dan rotan [9]. Kincir ini digunakan agar kesejahteraan petani lebih mudah untuk mendapatkan air untuk kebutuhan persawahan mereka [10-11].



Gambar 1. kincir air *undershot* [7]

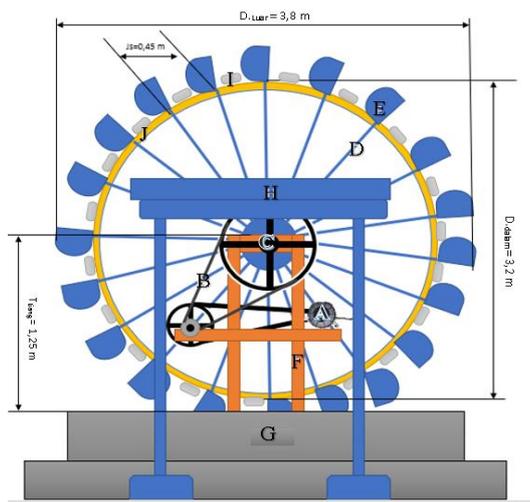
Cara kerja kincir air *undershot* yaitu kincir air dapat berputar bila air yang mengalir menghantam bagian sudu-sudu kincir, kemudian kincir mengambil air dari sungai dan menumpahkannya ke talang air. Selanjutnya dari talang tersebut air dipindahkan dengan menggunakan metode gravitasi kearah yang akan dialiri. Pada kincir air *undershot*, posisi kincir air diletakkan agak ke atas dan sedikit menyentuh air. Kemudian aliran air yang menyentuh kincir menggerakkan kincir. Kincir air sangat cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Disini daerah air berlawanan arah sudu yang memutar kincir [12-13]. Kincir *undershot* merupakan kincir air roda vertikal, roda diputar oleh aliran air yang mendorong sudu-sudu dibagian bawah roda. *Undershot* berasal dari menghantam bagian bawah roda [14]. Kincir air jenis ini dianggap kincir tertua, dan juga dianggap sebagai kincir air sederhana karena bahan yang digunakan sangat sederhana [15]. Adapun keuntungan dari kincir air *undershot* yaitu: tipe ini lebih efisien dan sederhana dibandingkan dengan tipe *breastshot*, dapat diaplikasikan dengan sumber air pada aliran datar [16-17]. Kerugian dari kincir air *undershot* yaitu: karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak dan tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran yang lebih tinggi [18-19].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian penerapan teknologi yang dilakukan di Lembang Patongloan, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi ini terdapat sumber daya alam yang melimpah dan sungai yang mengalir sehingga cocok untuk dilakukan penelitian.

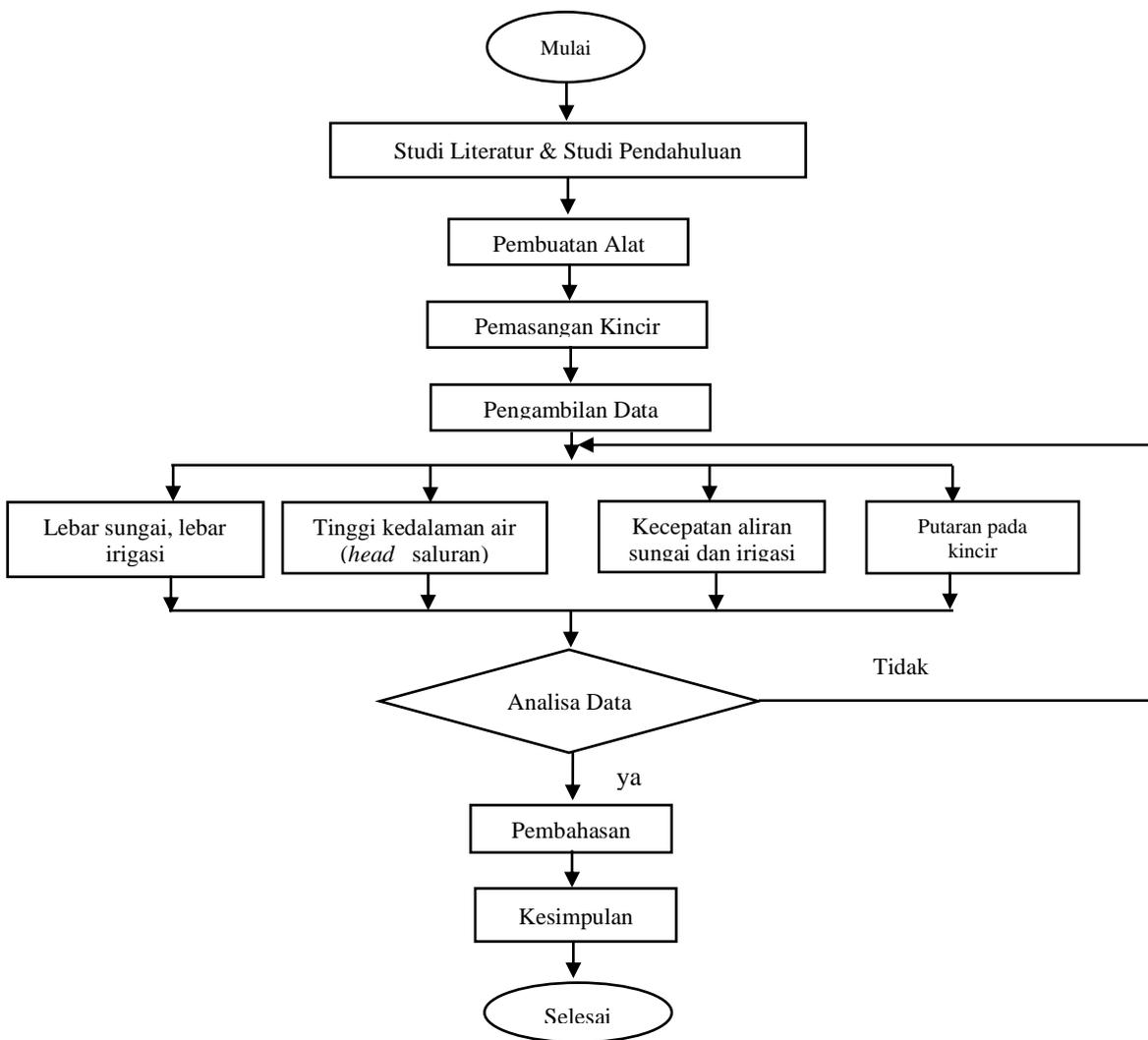
Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari kincir air *undershot* terdiri dari beberapa bagian alat yang digunakan adalah sebagai berikut: penyangga / dudukan kincir air, roda kincir air *undershot*, sudu, penyangga sudu, roda kincir, batang kincir, poros kincir dan *pulley*. Alat yang digunakan dalam dinamo listrik, beban dan *tachometer*.

Prosedur pembuatan kincir air adalah sebagai berikut: (1). pembuatan diameter ukuran kincir; (2). membuat penyangga / dudukan kincir air; (3). pembubutan poros untuk kincir dan bearing; (4). pemasangan dan pengelasan sudu-sudu kincir pada diameter poros kincir; (5). pembuatan irigasi dan bendungan pada sungai; (6). pemasangan pully pada as poros untuk sabuk; (7). pemasangan kincir air pada tiang penyangga; (8). pemasangan tranmisi dari kincir ke genarotor; (9). mengamati proses kerja dari kincir air.



Gambar 2. Kincir air

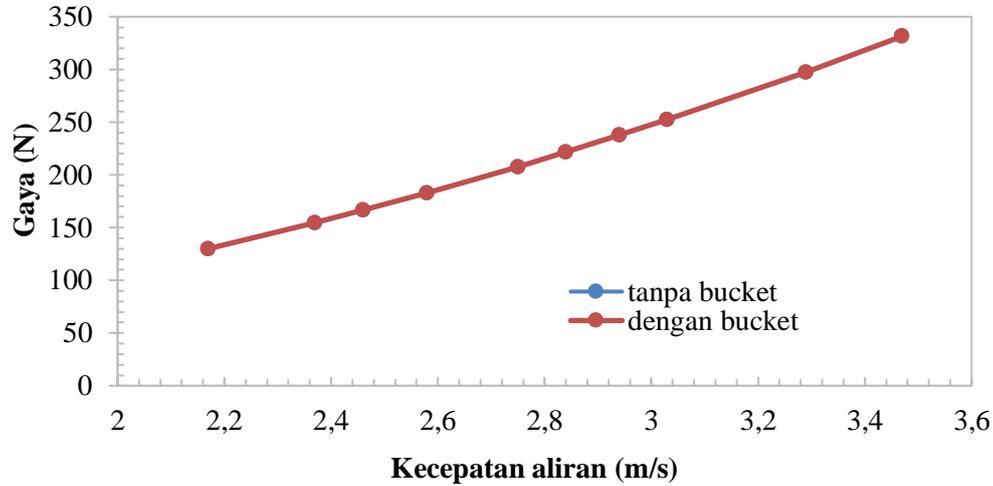
Keterangan: A. Generator; B. *Fan belt*; C. *Pulley*; D. Batang Sudu; E. Sudu; F. Tiang kincir; G. Irigasi; H. Talang; I. Bucket; J. Roda Kincir



Gambar 3. Diagram alir penelitian

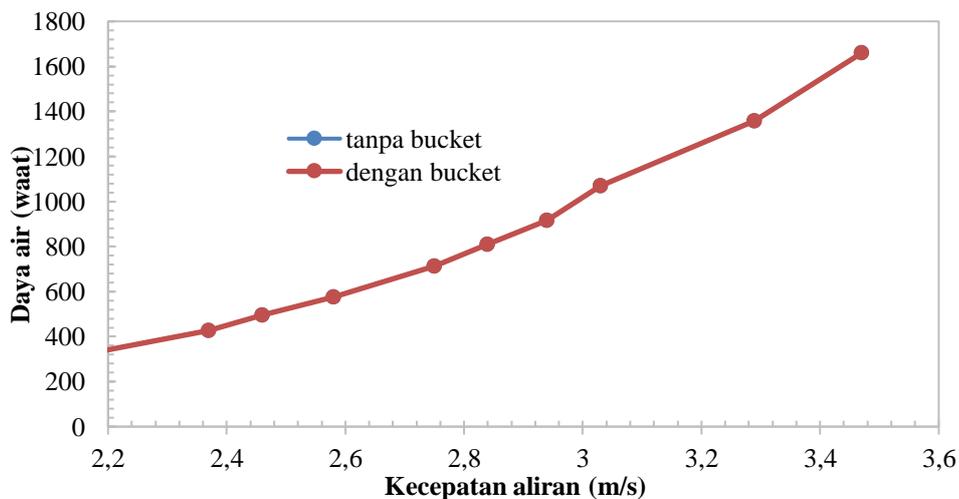
Tahapan pengujian yang dilakukan terdiri dari: (a). memasang kincir sudu pelat datar diatas saluran irigasi yang telah disiapkan sebelumnya; (b). menyiapkan tachometer untuk mengukur besar putaran poros; (c). menghitung berapa kecepatan pada saluran air dengan menggunakan botol; (4). menghitung kecepatan putaran sudut kincir dan menghitung kapasitas daya yang dihasilkan oleh kincir.

3. HASIL DAN ANALISIS



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan dengan gaya

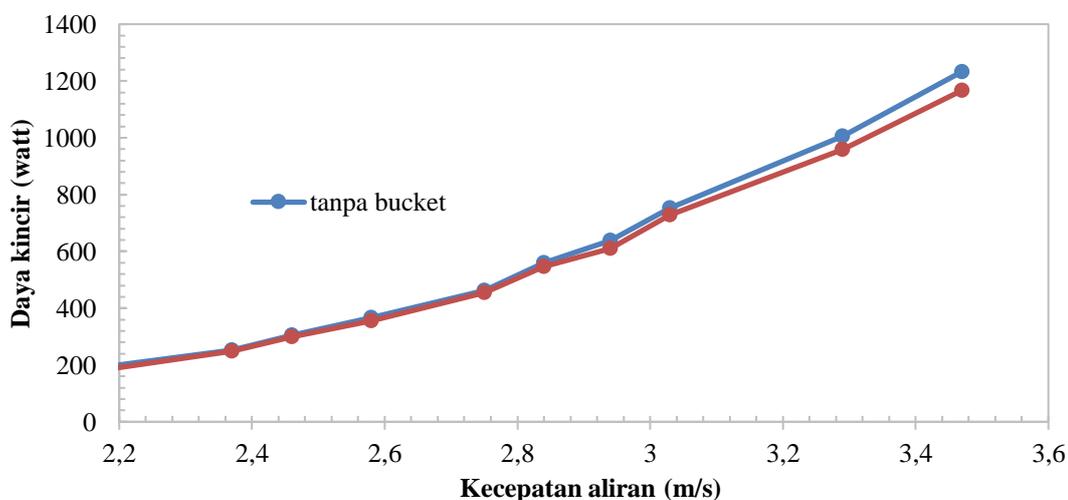
Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa gaya yang dihasilkan tanpa dan menggunakan bucket mempunyai nilai yang sama pada kecepatan aliran yang sama, dimana diperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan aliran maka gaya juga semakin besar. Selain waktu dan debit yang sama, Hal lain yang mempengaruhi nilai antara kecepatan aliran dan gaya adalah waktu dan variasi tinggi air yang melalui saluran, dimana diketahui waktu tempuh yang dihasilkan pada tinggi air 0,15 m adalah 2,3 s pada kincir dengan menggunakan bucket maupun kincir air tanpa menggunakan bucket dengan debit aliran yang melalui saluran sama yaitu $0,1957 \text{ m}^3/\text{s}$. Daya minimum yang dihasilkan kincir air tanpa menggunakan bucket dan kincir dengan menggunakan bucket adalah 129,96 watt, dan daya maksimum yang dihasilkan kincir dengan menggunakan bucket maupun tanpa menggunakan bucket adalah 331,55 watt. Perbedaan antara kincir air tanpa menggunakan bucket maupun kincir air menggunakan bucket adalah putaran pada kincir. Dimana putaran kincir minimum pada kincir air tanpa menggunakan bucket adalah 7,4 put/menit, sedangkan putaran minimum pada kincir dengan menggunakan bucket adalah 7 put/menit. Untuk putaran maksimum kincir air tanpa menggunakan bucket maupun dengan menggunakan bucket masing-masing 18,7 put/menit dan 17,7 put/menit.



Gambar 5. Grafik hubungan kecepatan aliran dengan daya air

Berdasarkan gambar 5 terlihat bahwa daya air yang dihasilkan oleh kincir air tanpa menggunakan bucket dan kincir air dengan menggunakan bucket memiliki nilai yang sama, hal ini dipengaruhi waktu dan jarak yang nilainya sama sehingga debit yang dihasilkan pun sama. Daya air pada kincir tanpa menggunakan bucket maupun menggunakan bucket memiliki daya minimum adalah 326,289 watt dan daya air maksimum masing-masing adalah 1659,525 watt. Kecepatan aliran berbanding lurus dengan daya air. Semakin besar daya air yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan aliran yang melewati saluran.

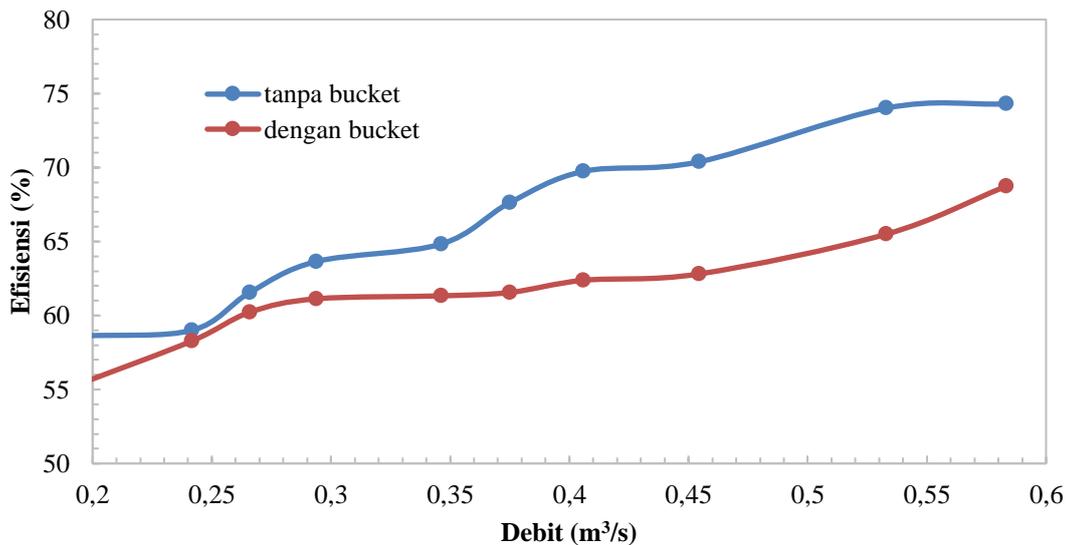
Pada gambar 5. ketahu bahwa daya air dan debit yang dihasilkan sama ,namun yang membedakan adalah putaran yang dihasilkan oleh kincir dimana putaran minimum kincir adalah masing-masing 7,4 put/menit dan 7 put/m dan putaran maksimumnya adalah masing-masing 18,7 put/menit dan 17,7 put/menit, putaran kincir tanpa bucket lebih cepat karena kincir air tanpa bucket tidak memiliki beban atau tabung pengangkat air sehingga putarannya. Debit aliran minimum yang dihasilkan kincir air dengan menggunakan bucket maupun kincir air tanpa menggunakan bucket adalah 0,1957 m³/s dengan jarak 5 m dan waktu tempuh 2.3s, tinggi air yang melalui saluran 0,15m , luas penampang saluran 0,09m², sedangkan untuk kecepatan aliran maksimum yang dihasilkan adalah 3,47 m/s dengan masing-masing waktu tempuh 1,44s, tinggi air yang melalui saluran 0,28 m dengan debit aliran 0,5833 m³/s dan tinggi air maksimum yang menghantam sudu 0,29 m.



Gambar 6. Grafik hubungan kecepatan aliran daya air

Pada gambar 6. terlihat bahwa daya kincir yang dihasilkan oleh kincir tanpa bucket lebih besar dibanding daya kincir yang dihasilkan kincir air dengan menggunakan bucket, besarnya daya kincir dipengaruhi oleh torsi, putaran, jarak, waktu dan kecepatan aliran. Daya kincir yang menggunakan bucket maupun kincir tanpa menggunakan bucket mengalami kenaikan seiring dengan naiknya tinggi air yang melalui saluran dan tinggi air yang menghantam sudu. Semakin tinggi air yang melalui saluran maka semakin besar daya kincir yang dihasilkan, begitu pula dengan debit aliran yang dihasilkan semakin tinggi air yang mengalir pada saluran maka debit aliran yang dihasilkan juga besar. Tinggi air juga mempengaruhi kecepatan aliran, dan waktu tempuh yang dihasilkan pada saluran dengan panjang saluran masing-masing 5 m.

Torsi dan kecepatan sudu kincir yang dihasilkan kincir air tanpa menggunakan bucket dan dengan menggunakan bucket mempengaruhi daya kincir yang dihasilkan. Dimana torsi yang dihasilkan kincir air tanpa bucket maupun dengan bucket sama. Masing masing memiliki nilai torsi minimum sebesar 246,93 N.m dan nilai torsi maksimum adalah 629,94N.m. Namun nilai kecepatan sudu yang dihasilkan berbeda, dimana nilai kecepatan sudu yang dihasilkan kincir tanpa menggunakan bucket lebih besar dibanding dengan nilai kecepatan sudu yang dihasilkan oleh kincir air dengan menggunakan bucket. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah putaran yang dihasilkan oleh masing-masing kincir, dimana diketahui putaran kincir yang dihasilkan kincir air tanpa menggunakan bucket lebih cepat dibanding putaran kincir yang dihasilkan oleh kincir air dengan menggunakan bucket. Daya kincir berbanding lurus dengan kecepatan aliran, karena semakin besar daya kincir mempengaruhi kecepatan aliran yang dihasilkan.



Gambar 7. Grafik hubungan debit efisiensi

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa efisiensi dari kincir air tanpa menggunakan bucket maupun kincir air dengan menggunakan bucket mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan debit aliran. Efisiensi yang dihasilkan kincir air tanpa bucket lebih besar dibanding dengan efisiensi yang dihasilkan kincir air dengan menggunakan bucket. Berkurangnya efisiensi kincir dengan menggunakan bucket akibat dari beban yang bertambah dari bucket. efisiensi maksimum untuk kincir air tanpa bucket 74,296% sedangkan kincir air dengan bucket efisiensinya 70,323%, efisiensi maksimum diperoleh dari kecepatan aliran adalah 3,47 m/s.

Besarnya efisiensi yang dihasilkan masing-masing kincir dipengaruhi oleh daya air dan daya kincir, dimana daya air minimum yang dihasilkan masing-masing adalah 326,289 watt dan daya kincir minimum yang dihasilkan adalah 180,92 watt kincir dengan menggunakan bucket dan 191,25 watt tanpa menggunakan bucket, sedangkan daya air maksimum adalah 1659,525 watt, dan daya kincir maksimum yang dihasilkan kincir air dengan menggunakan bucket maupun kincir air tanpa menggunakan bucket adalah masing-masing 1167,03 watt dan 1232,97 watt. Efisiensi kincir air berbanding lurus dengan debit pada aliran, karena semakin besar debit aliran akan mempengaruhi efisiensi kincir air yang dihasilkan, hal ini berlaku pada kincir air tanpa bucket maupun kincir air dengan bucket.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian unjuk kerja kincir air *undershot* untuk kebutuhan irigasi, diperoleh unjuk kerja kincir air sebagai berikut kecepatan aliran maksimum 3,47 m/s, luas penampang saluran maksimum 0,17 m², debit aliran maksimum 0,5833 m³/s, daya air maksimum 1659,52 watt, gaya fluida yang mengenai sudut 331,55 N dan torsi 629,94 N.m dan juga daya kincir maksimum 1232,97 watt serta efisiensi 74,296 % dengan volume air maksimum yang mampu dihasilkan oleh kincir air *undershot* ini adalah 0,0182 m³ dalam waktu 2 menit atau setara dengan 18,2 liter dalam 2 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas dana hibah yang diberikan guna melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Buku, S. Soeparman, I.N.G Wardana and S. Wahyudi, "Chemical Composition Identification of Compounds in Coal After a Disbursement Process", *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10, 10536-10540, 2015.
- [2] A. Buku, S. Soeparman, I.N.G Wardana and S. Wahyudi, "Liquid Coal Characteristic Analysis with Fourier Transform Infra Red (FTIR) and Differential Scanning Calorimeter (DSC)", *Journal of Engineering Science and Technology*, 12, pp. 564-571, 2017.
- [3] A. Buku, H.C.P. Tiyow and B. Tangaran, "Planning of Flat Plate Undershot Waterwheel as Mini Hydro Power Plant and Irrigation Power in Remote Areas", *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11, 12, 342-349, 2020.
- [4] A. Buku, B. Tangaran and H.C.P. Tiyow, "Analisis Variasi Jumlah Sudu Pada Kincir Air Arus Bawah Sebagai Tenaga Irigasi Skala Laboratorium", *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019*, 204-209, 2019.

- [5] A. Buku, B. Tangaran, H.C.P. Tiyow and N. Tolan, “Unjuk Kerja Kincir Air Undershot Sebagai Pembangkit Listrik Minihidro Di Lembang Patongloan”, Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M), 179-184, 2021.
- [6] I.L.K. Wong, A. Buku, J.E. Lutupeirissa and H.C.P. Tiyow, “Performance of Undershot Water wheels with a Variation of the Number of Archives of 90°”, International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET), 11,12, 0976-6499, 2020.
- [7] A. Buku, B. Tangaran and H.C.P. Tiyow, “Undershot Flat Plate Water Wheel Performance as a Water Lifter”, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 10, 10, 158-165, 2019.
- [8] A. Buku, B. Tangaran and H.C.P. Tiwoy, “Performance of Undershot Water Wheel as Mini Hydro Power Plant For Agricultural Road”, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 12, 11, 21-30, 2021.
- [9] G.A. Ibrahim, C. Haron and H. Azhari, “Traditional Water Wheels as a Renewable Rural Energy”, The Online Journal on Power and Energy Engineering (OJPEE), 1(2), pp. 62-66, 2014.
- [10] I. Butera and R. Balestra, “Estimation of the Hydropower Potential of Irrigation Networks”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48, pp. 140–151, 2015.
- [11] E. Quaranta, “Stream Water Wheels as Renewable Energy Supply in Flowing Water: Theoretical Considerations, Performance Assessment and Design Recommendations”, Energy for Sustainable Development, 45, pp. 96-109, 2018.
- [12] I.L.K. Wong, A. Buku, E. J. Latupeirissa and H.C.P. Tiyow, “Performance of Undershot Waterwheel Curved Blade of the Laboratory Scale”, Materials Science Forum, 967, pp. 250-255, 2019.
- [13] L. Sule, I.N.G. Wardana, R. Soenoko and S. Wahyudi, “Angled and curved blades of deep-water wheel efficiency”, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 8(6), pp 186-192, 2014.
- [14] A. Buku, I.L.K. Wong, H.C.P. Tiyow and B. Tangaran, “A Laboratory Scale Curve Bladed Undershot Water Wheel Characteristic as an Irrigation Power”, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 9 (9), pp. 1048–1054, 2018.
- [15] Y. Wu and J. Chen, “Estimating Irrigation Water Demand Using an Improved Method and Optimizing Reservoir Operation for Water Supply and Hydropower Generation: a Case Study of the Xinfengjiang Reservoir in Southern China”. Agriculture Water Management, 116, pp.110-121, 2013.
- [16] P. Yelguntwar, P. Bhange, Y. Lilhare and A. Bahadure, “Design, fabrication & testing of a waterwheel for power generation in an open channel flow”, IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, 2(1), pp. 1-6, 2014.
- [17] T. Denny, “The efficiency of overshot and undershot waterwheels”, European Journal of Physics, 25, pp 193–202, 2004.
- [18] H. F. A. Hamed, A.M. Kassem and, M.E.M. Ali, “Hydro Matrix Power Wheels Generate More Than 5 GW/H From Main Branch Canals (River Nile) In Egypt”, Journal of Power and Energy Engineering, 4, pp. 71-78, 2016.
- [19] G. Müller and K. Kauppert, “Performance Characteristics of Water Wheels”, Journal of Hydraulic Research, 42(5), pp. 451–460, 2004.

