

PENGARUH KEDALAMAN SUDU MANGKOK TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN KINETIK

Fitriansyah
Mahasiswa s2
Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
erwinfitriansyah36@gmail.com

Slamet Wahyudi
Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
slamet_w72@yahoo.co.id

Winarto
Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
winarto@ub.ac.id

The purpose of this study was to determine the effect of depth variations of the bowl blade on the performance of kinetic turbines. The test has conducted experimentally on a laboratory scale. In this study three vertical shaft, kinetic turbines were used with blade depth variations of 2 cm, 3 cm, and 4 cm. Each turbine will be tested on different rotation variations and flowrate variations. Parameters such as turbine power and efficiency will be determined based on the results of measurements of water velocity, water level, and braking load. The results showed that the depth of the bowl blade affected the performance of the kinetic turbine. The highest kinetic turbine performance was obtained in the turbine with 4 cm blade depth variation, followed by the turbine with 3 cm blade depth variation and the lowest turbine performance was obtained at 2 cm blade depth variation. The maximum performance of the turbine is obtained at 4 cm blade depth variation at 80 rpm and 65 m³/h water discharge, where the power generated is 13.2 Watts and efficiency is 34.5%.

Keywords: Vertical Shaft, Kinetic Turbine, Bowl Blade, Blade Depth, Wear Velocity.

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan suatu energi sangat dibutuhkan oleh manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Kebutuhan akan energi tersebut akan selalu bertambah dari tahun ke tahun dikarenakan perkembangan jumlah manusia yang semakin meningkat. Seperti yang kita ketahui energi fosil adalah penyuplai energi terbesar di dunia maupun di Indonesia, di Indonesia pada tahun 2016 sekitar 75% energi fosil merupakan penyuplai energi terbesar yang berupa bahan bakar gas, batu bara dan minyak bumi. Sementara itu energi fosil khususnya minyak bumi ketersediannya semakin terbatas, sedangkan penggunaan energi fosil terus menerus memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam mengandung persentase karbon yang tinggi. Gas karbon adalah gas tanpa warna yang merupakan senyawa karbon dengan oksigen, tidak terbakar dan larut dalam air. Jika gas karbon tersebut terlepas ke udara akan bersenyawa dengan oksigen dan membentuk gas karbon dioksida. Karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca yang meningkatkan radiasi dan memberikan kontribusi pada pemanasan global, yang menyebabkan rata-rata suhu permukaan bumi meningkat. Sehingga penggunaan energi baru terbarukan diharapkan bisa menjadi pengganti akan tetapi energi baru terbarukan belum optimal sedangkan potensinya sangat besar. [1-2]

Energi baru terbarukan yang besumber dari air dapat di dimanfaatkan sebagai energi listrik. Salah satu pemanfaatan energi air menjadi energi listrik adalah pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), yaitu pembangkit listrik berskala kecil dengan daya output dibawah PLTA. PLTA adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi air kecepatan rendah. Untuk kecepatan yang relatif rendah, salah satu perangkat pembangkit energi yang sesuai saat ini adalah turbin kinetik. Turbin jenis ini mampu untuk mengkonversi potensi energi yang tersimpan dalam aliran dengan kecepatan 0,01 – 2,8 m/s menjadi energi listrik. Penggunaan turbin kinetik sangatlah berguna karena pengaplikasiannya yang praktis serta mudah dibuat dan merawatnya. Akan tetapi turbin kinetik masih memiliki kekurangan seperti putaran tidak stabil dan efisiensi yang rendah, karena itu perlu untuk mengembangkan lebih lanjut dari turbin kinetik ini. [3-5]

Turbin kinetik adalah teknologi energi terbarukan yang relevan dan telah banyak diaplikasikan untuk mengubah potensi tenaga air pada aliran sungai menjadi listrik. Turbin kinetik memiliki prinsip kerja yang sama dengan pengubah energi angin, dan sebagian besar metode desainnya serupa. Baik turbin angin dan kinetik adalah sumber energi terbarukan yang menarik perhatian dari berbagai sektor seperti masyarakat,

pusat penelitian, industri dan pemerintah sebagai sumber energi berkelanjutan yang menjanjikan. Sejumlah inisiatif penting untuk pengembangan teknologi turbin kinetik telah dilaporkan, mengenai pendekatan desain dan pengaplikasian mesin penggerak mula tersebut. Ulasan bagus tentang teknologi turbin kinetik yang terkini dapat ditemukan dalam literatur terbaru. [6]

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam upaya mengembangkan turbin kinetik adalah variasi jumlah sudu 5, 7, 9 dan 11. Hasil yang diperoleh menunjukkan semakin banyak jumlah sudu maka kinerja dari turbin kinetik akan meningkat. Penelitian tentang pengaruh panjang sudu terhadap kinerja turbin kinetik. Pada penelitiannya kinerja turbin kinetik maksimum terjadi pada putaran 80 rpm dengan panjang sudu 12 cm dan menghasilkan daya dan efisiensi sebesar 25,455 Watt dan 42,457%. Hal ini terjadi karena adanya penambahan massa yang menumbuk sudu sehingga gaya tangensial meningkat dan mempengaruhi torsi, daya dan efisiensi turbin kinetik. Penelitian tentang pengaruh sudut pengarah aliran terhadap kinerja turbin kinetik bersudu mangkok. Dari hasil penelitian menunjukkan sudut pengarah aliran berpengaruh terhadap kinerja (daya dan efisiensi) turbin kinetik. [7-15].

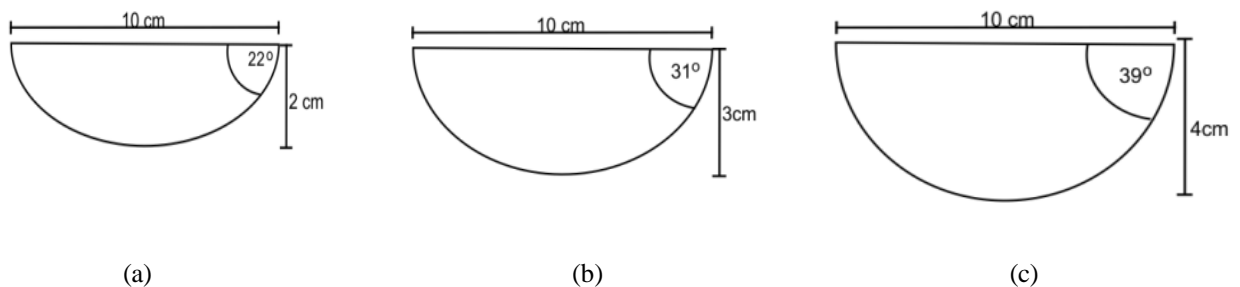
Berdasarkan hasil penelitian-penelitian di atas turbin kinetik masih perlu untuk dikembangkan agar menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis akan melakukan eksperimental penggunaan variasi kelengkungan sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik poros vertical. Hal ini diharapkan agar dapat meningkatkan daya dan efisiensi turbin kinetik.

2. METODE DAN BAHAN

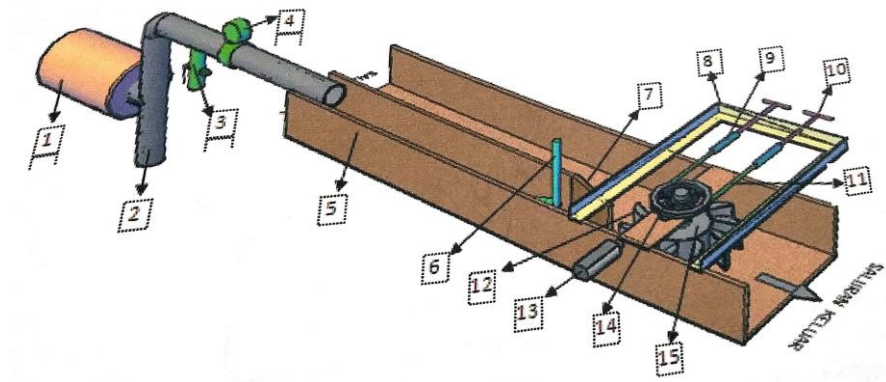
Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Pengujian dilakukan di laboratorium fluida teknik mesin Universitas Brawijaya. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu daya dan efisiensi turbin, variabel bebas yakni debit air dan kedalaman sudu beserta variabel kontrol yang mencakup putaran, dimensi dan geometri runner turbin kinetik. Langkah langkah dalam penelitian ini di mulai dengan pembuatan alat, untuk menghindari ketidak sesuaian data maka alat penelitian dibuat berdasarkan, instalasi penelitian menggunakan standar instalasi turbin kinetik di laboratorium fluida jurusan teknik mesin Universitas Brawijaya. Saluran air terbuat dari papan kayu dengan tebal 5 cm. Runner turbin terdiri atas poros berdiameter 3cm, cakram berdiameter 11 cm dan sudu – sudu berjumlah 8 bilah yang terbuat dari bahan akrilik. Adapun skema dan dimensi secara rinci dapat dilihat pada Gambar 1 – 3.

Selanjutnya adalah memasang seluruh instalasi peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data. Hal yang terpenting dalam proses ini adalah memeriksa kondisi – kondisi alat yang akan digunakan agar data yang diambil sesuai dengan tujuan dari penelitian. Pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan untuk setiap perekaman data, tujuannya adalah untuk menghindari adanya kesalahan pembacaan data baik dari alat ataupun dari manusia. Adapun langkah – langkah pengambilan data adalah yang dilakukan adalah (1) Mengatur debit aliran dengan cara memutar kran sesuai dengan variasi debit yang direncanakan. (2) Mengukur putaran poros turbin dengan beban yang diberikan secara pelan – pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi nilai putaran yang telah ditentukan yaitu 80 rpm. (4) Mencatat data gaya (F) dan debit (Q) pada setiap pengujian turbin dengan variasi kedalaman sudu. (5) Melakukan tiga kali pengulangan pada setiap variabel yang divariasikan. Mengulang langkah 1 sampai dengan ke 5 untuk setiap variasi yang telah direncanakan. Instalasi penelitian dalam penelitian ini adalah standar instalasi turbin kinetik yang dirancang tim pengajar UB.

2.1 Instalasi Penelitian



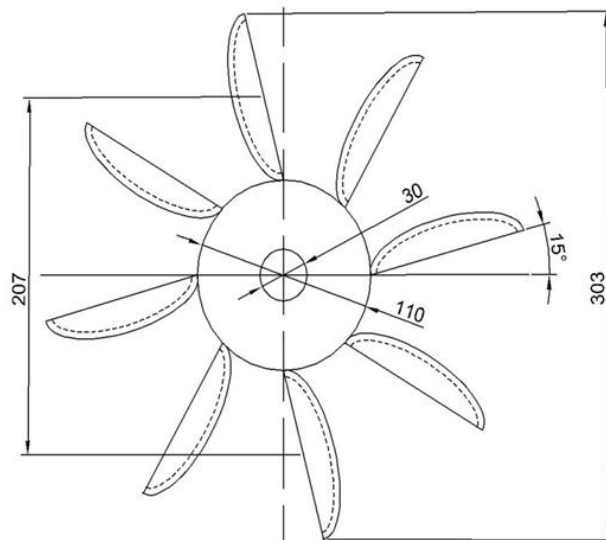
Gambar 1: Dimensi sudu mangkok (a) Variasi kelengkungan 2 cm dengan sudut 22° , (b) Variasi kelengkungan 3 cm dengan sudut 31° dan (c) Variasi kelengkungan 4 cm dengan sudut 39°



Keterangan:

No	Nama komponen	No	Nama komponen
1	Pompa	9	Neraca pegas
2	Pipa alir	10	Tuas penetel gaya
3	Katup buangan	11	Tali
4	Flowmeter	12	Sudu turbin
5	Saluran turbin	13	Tachometer
6	Flowwatch	14	Puli
7	Pengarah aliran	15	Cakram / Roda turbin
8	Dudukan tuas penyetel gaya		

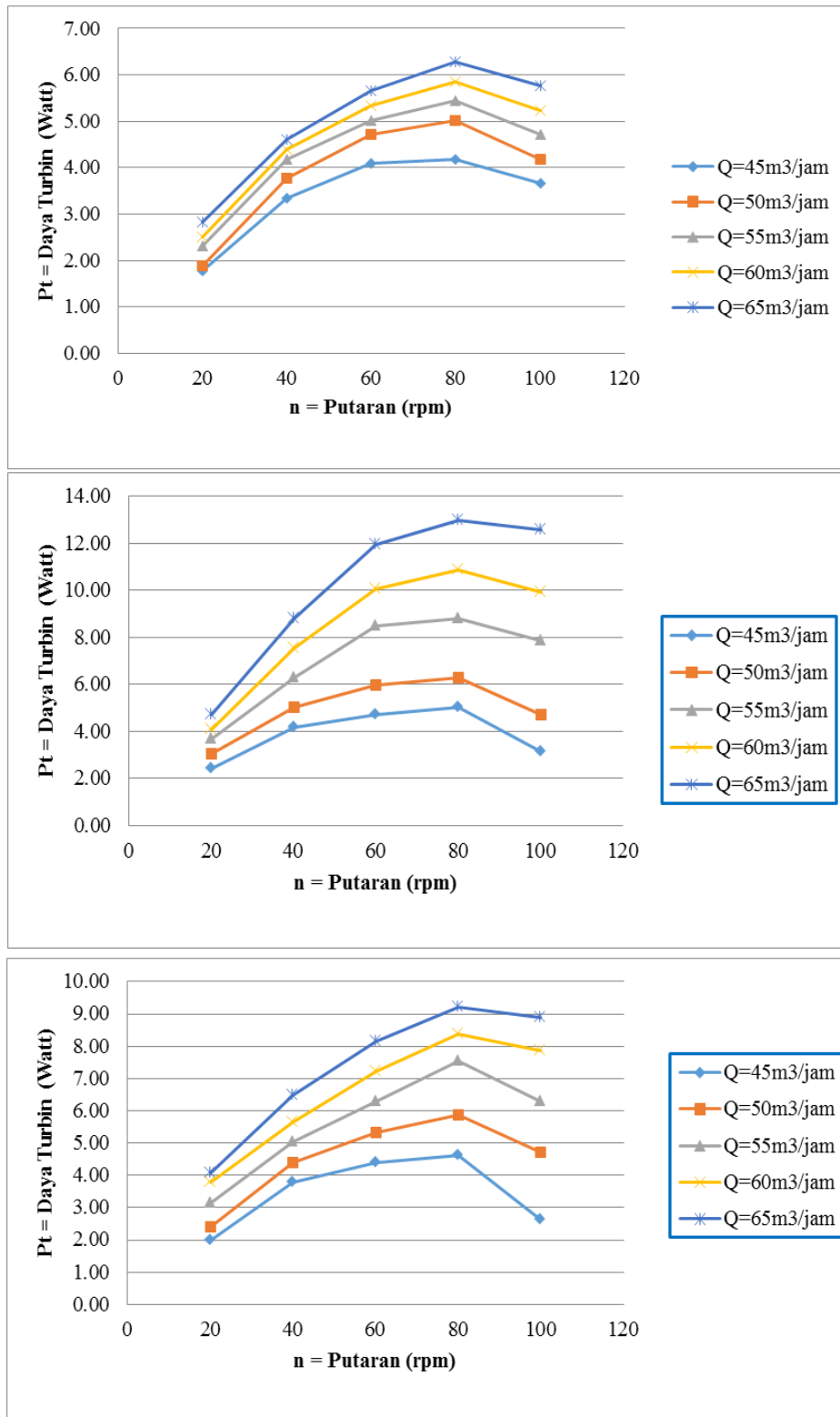
Gambar 2: Instalasi pengujian turbin kinetik



Gambar 3: Dimensi dan geometri runer turbin

3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan kemudian dilakukan analisa dan perhitungan untuk memperoleh nilai parameter Daya dan efisiensi. Data hasil pengujian dan pengolahan dimuat dalam bentuk grafik hubungan antara variabel – variabel yang ada dalam penelitian yaitu debit aliran, putaran, daya dan efisiensi turbin.



Gambar 4: Hubungan putaran terhadap daya turbin untuk variasi kedalaman.

Pada Gambar 4 memperlihatkan daya turbin semakin meningkat seiring dengan bertambahnya debit air yang diberikan. Setiap turbin dengan variasi kedalaman sudu 2 cm, 3 cm dan 4 cm memperoleh daya minimum dan maksimum pada kondisi putaran atau pembebanan yang sama. Daya terbesar untuk turbin dengan variasi kedalaman sudu 2 cm diperoleh pada debit aliran 65 m³ / jam yaitu sebesar 6,90 Watt dan daya terkecil pada debit aliran 45 m³ / jam yakni 4,25 Watt. Sedangkan daya tertinggi untuk turbin dengan kedalaman sudu 3 cm diperoleh pada debit air 65 m³ / jam yaitu sebesar 10,25 Watt dan daya terendah pada debit air 45 m³ / jam

yakni 4,81 Watt. Sementara itu daya maksimum untuk turbin dengan kedalaman sudu 4 cm juga terdapat pada debit air $65 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yaitu sebesar 13,2 Watt dan daya minimum pada debit air $45 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yakni 5,12.

Secara keseluruhan dari tiga variasi kedalaman sudu yang diuji, daya tertinggi diperoleh pada turbin dengan kedalaman sudu 4 cm, diikuti turbin dengan variasi kedalaman 3 cm dan daya terendah diperoleh pada turbin dengan kedalaman sudu 2 cm. Pada skala dimensi sudu yang diuji dapat dikatakan bahwa semakin besar kedalaman sudu maka daya turbin selalu meningkat pula. Pada nilai debit aliran yang sama kedalaman sudu yang lebih besar menghasilkan daya yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan energi potensial dari aliran air dapat dimanfaatkan lebih banyak pada turbin dengan variasi kedalaman sudu yang lebih besar. Secara teoritis besarnya energi potensial air bergantung pada nilai kecepatan dan masa aliran, tentu saja pada debit air yang sama kecepatan aliran juga sama. Oleh karena itu energi potensial yang dimanfaatkan pada fenomena ini bukan dari kecepatan melainkan penambahan massa aliran yang menumbuk sudu disebabkan kedalaman sudu lebih besar.[17]

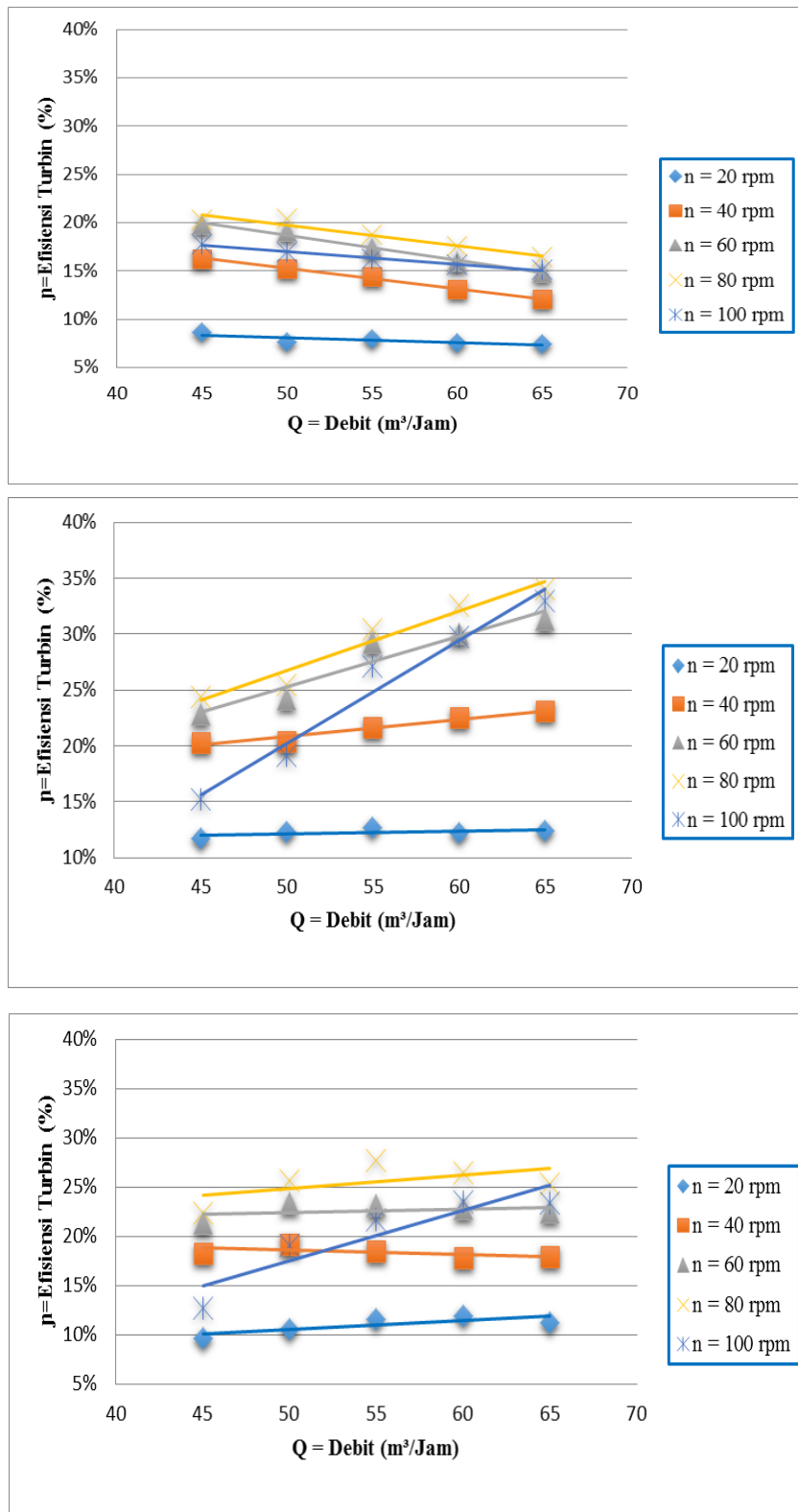
Hubungan debit air dan daya turbin pada setiap variasi kedalaman sudu memperlihatkan pola yang sama, secara keseluruhan meningkatnya debit air akan meningkatkan daya turbin. Fenomena ini bisa dipahami karena pada dasarnya daya turbin merupakan daya yang diperoleh dari kecepatan aliran dan massa aliran air yang dikonversi ke putaran poros oleh sudu – sudu turbin. Masa aliran yang bertambah memperbesar momentum aliran yang menumbuk sudu – sudu turbin. Karena itu ada pertambahan gaya yang menyebabkan torsi meningkat.

Berdasarkan Gambar 4, grafik hubungan putaran dan daya turbin pada variasi kelengkungan sudu mangkok, terlihat bahwa dengan meningkatnya debit aliran, efisiensi turbin kinetik cenderung meningkat. Hal tersebut karena penambahan debit aliran membuat daya aliran air atau laju massa air menumbuk sudu meningkat dan daya turbin kinetik juga cenderung naik.

Kedalaman sudu 2 cm memiliki sudut 22° , kedalaman sudu 3 cm memiliki sudut kelengkungan 31° , dan kedalaman sudu 4 cm memiliki sudut kelengkungan 39° . Kedalaman sudu dipengaruhi oleh sudut kelengkungan sudu, semakin besar sudut kelengkungan sudu maka kedalaman sudu semakin besar. Sehingga daya turbin tidak hanya dipengaruhi oleh debit aliran saja tapi juga dipengaruhi oleh kelengkungan sudut sudu. Kelengkungan sudut 39° menunjukkan daya paling tinggi dari pada kelengkungan sudut 22° dan 31° .

Gambar 5 menunjukkan untuk setiap debit yang diuji pada masing – masing turbin diperoleh efisiensi turbin yang lebih tinggi pada variasi kedalaman sudu yang lebih besar. Efisiensi maksimum dan minimum pada masing - masing turbin diperoleh pada kondisi debit air yang berbeda. Pada turbin dengan variasi kedalaman sudu 2 cm efisiensi turbin terus menurun seiring dengan naiknya debit air yang diberikan. Efisiensi paling tinggi berada pada debit air $45 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yaitu sebesar 22,22 % dan efisiensi paling rendah pada debit air $65 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yakni 18,74 %. Sedangkan untuk turbin dengan variasi kedalaman sudu 4 cm memperlihatkan hal yang sebaliknya yaitu efisiensi turbin semakin meningkat dengan adanya penambahan debit air. Efisiensi terbesar terdapat pada debit air $65 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yaitu sebesar 35,92 % dan efisiensi terkecil pada debit air $45 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yakni 26,87 %. Sementara itu untuk turbin dengan variasi kedalaman sudu 3 cm menunjukkan fenomena yang berbeda dari dua variasi lainnya. Terjadi kenaikan efisiensi turbin dari nilai minimum pada debit air $45 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yakni 8,440 % dan mencapai nilai maksimum pada debit air $55 \text{ m}^3 / \text{jam}$ yaitu sebesar 24,85 % kemudian efisiensi menurun seiring naiknya debit air.

Efisiensi maksimum terjadi pada kedalaman sudu 4 cm, diikuti variasi kedalaman 3 cm dan daya terendah diperoleh pada kedalaman sudu 2 cm. Dengan kata lain hasil penelitian menunjukkan semakin besar kedalaman sudu maka efisiensi turbin akan meningkat pula. Pada nilai debit aliran yang sama turbin dengan kedalaman sudu yang lebih besar menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan daya turbin pada daya air yang sama. Disebabkan adanya energi potensial dari aliran air dapat dimanfaatkan lebih banyak pada turbin dengan kedalaman sudu yang lebih besar. Secara teoritis efisiensi turbin merupakan perbandingan antara daya turbin dengan daya potensial air yang tersedia. Karena itu efisiensi yang lebih tinggi pada turbin dengan variasi kedalaman sudu yang lebih besar dapat dipahami karena pada bagian sebelumnya daya turbin yang lebih tinggi juga didapatkan pada turbin dengan variasi kedalaman sudu yang lebih besar [17].



Gambar 5: Hubungan putaran terhadap efisiensi turbin untuk variasi kedalaman sudu

Hubungan antara debit air dan efisiensi turbin memperlihatkan pola yang berbeda pada masing – masing turbin dengan variasi kedalaman sudu. Fenomena ini terjadi karena Kondisi aliran yang berada pada saluran terbuka dimana bertambahnya debit air menyebabkan luasan aliran membesar. karena itu ada kondisi tertentu yang sesuai antara kedalaman sudu dengan daya air yang tersedia dimana kondisi itu akan menghasilkan efisiensi turbin yang maksimum.

Gambar 5 menunjukkan efisiensi turbin yang semakin meningkat seiring bertambahnya debit aliran yang

diberikan diperoleh pada turbin dengan variasi kedalaman sudu 4 cm. unjuk kerja turbin kinetik paling optimal didapatkan pada turbin dengan variasi kedalaman sudu 4 cm. Hal ini menunjukkan harus adanya perbandingan yang optimal antara kedalaman sudu dan kedalaman beserta panjang sudu mangkok. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang skala perbandingan antara dimensi dan geometri sudu mangkok.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa pengolahan data dan pembahasan, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kedalaman sudu mangkok mempengaruhi unjuk kerja turbin kinetik. Unjuk kerja turbin kinetik paling tinggi diperoleh pada turbin dengan variasi kedalaman sudu 4 cm, diikuti variasi kedalaman sudu 3 cm dan unjuk kerja turbin paling rendah diperoleh pada variasi kedalaman sudu 2 cm.
2. Unjuk kerja maksimum turbin diperoleh pada variasi kedalaman sudu 4 cm pada kondisi putaran 80 dan debit air 65 m³ / jam, dimana daya yang dihasilkan sebesar 13,2 watt dan efisiensi sebesar 34, 5 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENTERIAN ESDM RI. Handbook Energy & Economic Statistics Of Indonesia. Jakarta: Kemntrian ESDM. (2017).
- [2] KEMENTERIAN ESDM RI. Statistik Ketenaga Listrik Indonesia. Jakarta: Kemntrian ESDM. (2017).
- [3] PATEL, VIMAL., T.I ELDHO., & S.V. PRABHU. 2019. Velocity and Performance Correction Methodology for Hydrokinetic Turbines Experimented with Different Geometry of the Channel. *Renewable Energy*, 131 (2019): 1300-1317.
- [4] WANG, WEN-QUAN., RUI YIN., & YAN YAN. 2018. Design and Prediction Hydrodynamic Performance of Horizontal Axis Micro-hydrokinetic River Turbine. *Renewable energy*, 133 (2019): 91-102.
- [5] SHAHSAVARIFARD, MOHAMAD., ERIC LOUIS BIBEAU., & VIJAY CHATOORGOON. 2015. Effect Of Shroud On the Performance Of Horizontal Axis Hydrokinetic Turbines. *Ocean Engineering*, 96 (2015): 215-225.
- [6] NIEBHUR, C.M & BHAGWAN, J.N. A Review of Hydrokinetic turbines and enhancement techniques for Canal Installation: Technology and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* ed 113. 2019
- [7] MAIDANGKAY, ADRIAN., SOENOKO, RUDY., & WAHYUDI, SLAMET. 2014. Pengaruh Sudut Pengarah Aliran dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal terhadap Kinerja Turbin Kinetik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5 (2014): 149-156.
- [8] DUARTE, LEANDRO., NICOLAS DELLINGER., GUILHEM DELLINGER., ABDELLAH GHENAIM., & ABDELALI TERFOUS. 2019. Experimental Investigation of the Dynamic Behaviour of a Full Passive Flapping Foil Hydrokinetic Turbine. *Journal of Fluids and Structures*, 88 (2019): 1-12.
- [9] GUERRA, MARICARMEN., & JIM THOMSON. 2019. Wake Measurements From a hidrokinetic River Turbine. *Renewable Energy*, 139 (2019): 483-495.
- [10] HU, ZHEN., & XIAOPING DUA. 2012. Reliability Analysis for Hydrokinetic Turbine Blades. *Renewable Energy*, 48 (2012): 251-262.
- [11] KINSEY, THOMAS., & GUY DUMAS. 2017. Impact of Chennel Blockage on the Performance of Axial and Cross-flow hydrokinetic Turbines. *Renewable Energy*, 103 (2017): 239-254.
- [12] KUMAR, ANUJ., & R.P. SAINI. 2017. Performance Analysis of a Savonius Hydrokinetic Turbine Having Twisted Blades. *Renewable Energy*, 108 (2017): 502-522.
- [13] LUST, ETHAN E., KAREN A. FLACK., & LUKSA LUZNIK. 2019. Survei of the Near Wake Of An Axial-flow Hydrokinetic Turbine In the Presence of Waves. *Renewable Energy*, 146 (2020): 2199-2209.
- [14] NIEBUHR, C.M., M. VAN DIJK., V.S NEARY., & J.N. BHAGWAN. 2019. A Review Of Hydrokinetic Turbines and Enhancement Tecniques For Canal Installations: Technology Applicability and Potential. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 133 (2019) 109240
- [15] YANI, A., MIHDAR. & ERIANTO, R. Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik. *Journal teknik mesin Univ. Muhammadiyah Metro (TURBO)*. 5 (1): 8 – 13. (2016).
- [16] SHAHSAVARIFARD, MOHAMAD, ERIC LOUIS BIBEAU, & VIJAY CHATOORGOON. 2015. Effect Of Shroud On the Performance Of Horizontal Axis Hydrokinetic Turbines. *Ocean Engineering*, 96 (2015): 215-225.
- [17] YANI, AHMAD., UJIBURRAHMAN, FITRIA, & IRIANTO. 2020. Analysis of the Effect of Blades on the Vertical Shaft Kinetic Turbine Performance. *Engineering & Management*, 83 (2020): 11207-11213.