

PENGARUH PITCH SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN ULIR

Harianto

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
email: yantomt0010@gmail.com

Abstrak

Di Indonesia banyak dijumpai sungai dengan alirannya yang cukup deras yang berpotensi menghasilkan tenaga air dengan *head* rendah namun belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber tenaga. Disisi lain telah ditemukan salah satu jenis turbin air yang dapat bekerja pada *head* rendah yaitu jenis turbin ulir. Dalam operasinya turbin ulir mempunyai banyak parameter yang dapat mempengaruhi kinerjanya, parameter yang berpengaruh meliputi jumlah sudu, jarak antar sudu, jumlah lilitan sudu, laju aliran air dan sudut kemiringan poros turbin. Terkait dengan pengaruh parameter tersebut perlu dilakukan penelitian sebagai upaya untuk mencapai kondisi kinerja turbin ulir secara optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *pitch* sudu, kemiringan sudu dan laju aliran air masuk terhadap putaran, daya output dan efisiensi turbin ulir.

Penelitian dilakukan terhadap suatu model turbin ulir dengan diameter luar ulir (d_o) 10,10 cm, ulir tunggal, dan panjang ulir 43 cm, dengan variasi sudut kemiringan antara 10^0 sampai 45^0 , variasi laju aliran air 84 l/menit, 95 l/menit dan 105 l/menit, dan variasi jarak antar sudu (p) 2 cm, 3 cm, 4 cm

Dari hasil penelitian ini diperoleh putaran maksimum 226,4 rpm pada laju aliran air 105 liter/menit, sudut kemiringan 20^0 , dan *pitch* sudu 3 cm menghasilkan daya maksimum 5,558 W dengan efisiensi maksimum sebesar 44,35.

Kata-kata Kunci: turbin ulir, *head* rendah, daya, efisiensi, *pitch*

Abstract

In Indonesia found river with a fairly heavy flow that has the potential to generate hydropower with low head but has not been utilized optimally as a source of energy. On the other hand has been found one type of screw turbine. In its operation screw turbine has many parameters that affect the number of blades, the distance between the blade, the number of blade turns, the flow rate of water and the angle of the turbine shaft. Associated with the influence of screw turbine performance. The objective of the research is to investigate the influences of pitch of blades, inclination angle and flow rate to the turbine output power and turbine efficiency.

The research has been conducted in a 10.1 outside diameter, 43 cm length model screw turbine, in which pitch of blades was varied in 2 cm, 3 cm and 4 cm, inclination angle was varied in 10^0 , 15^0 , 20^0 , 25^0 , 30^0 , 35^0 and 45^0 and flow rate was varied in 84 l/min, 95 l/min and 105 l/min.

It is concluded from the research that maximum rotation 226,4 rpm, maximum power output is 5,558 Watt, maximum efficiency is 44,35 %, and they are reached at 105 l/men flow rate, 20^0 incline angle. and 3 cm pitch blades.

Keywords : screw turbine, low head, power, efficiency, *pitch*.

1. Pendahuluan

Kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2035 diperkirakan antara 903 – 1.229 TWh. Pada tahun itu diperkirakan kemampuan penyediaan listriknya akan mencapai antara 215 – 270 GW, yang sumber energinya masih tetap didominasi oleh batubara. Sedangkan untuk Sumber energi terbarukan dari tenaga air diperkirakan baru mencapai 17,8 GW [3]

Kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan kemajuan bangsa dan penambahan penduduk. Indonesia sebetulnya memiliki berbagai sumber energi, baik yang berasal dari fosil maupun sumber-sumber lain. Namun hingga saat ini, di Indonesia, peranan bahan bakar dari fosil masih sangat dominan, yaitu minyak bumi 54,4 %, batubara 14,1 % dan gas bumi 26,5 % [8]. Sedangkan

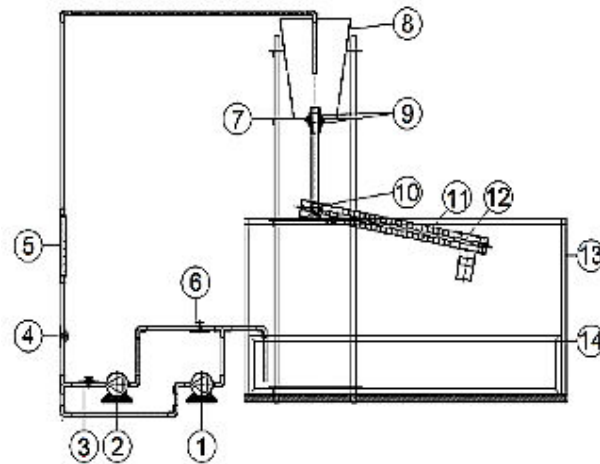
menurut kajian, minyak bumi, di Indonesia, diperkirakan akan habis dalam waktu 23 tahun ke depan, batu bara 100 tahun ke depan dan gas bumi 50 tahun ke depan [7]. Sedangkan saat ini, bahan bakar minyak masih merupakan sumber energi utama di Indonesia, bahkan di dunia. Pada tahun 2005, peranan BBM impor di Indonesia telah mencapai 32 % [8] Kebutuhan akan impor BBM akan semakin meningkat seiring dengan perkembangan kebutuhan energi di dalam negeri. Bila hal ini terus berkelanjutan, dipastikan akan sangat mengganggu perekonomian nasional.

Problem yang masih belum teratasi hingga saat ini pada *hydropower* kecil dengan daya antara 100 W s.d 1000 kW dan head sangat rendah dari 0,8 m s.d 2,0 m, namun menjadi potensi yang signifikan meskipun belum banyak dibahas khususnya *hydropower* dengan *head* yang sangat rendah, yaitu yang kurang dari 2 m [8]

Saat ini baru dimanfaatkan sebesar 20 MW dari potensi mikrohidro di Indonesia sebesar 500 MW yang berarti baru 4% dari total potensi mikrohidro yang ada di Indonesia.

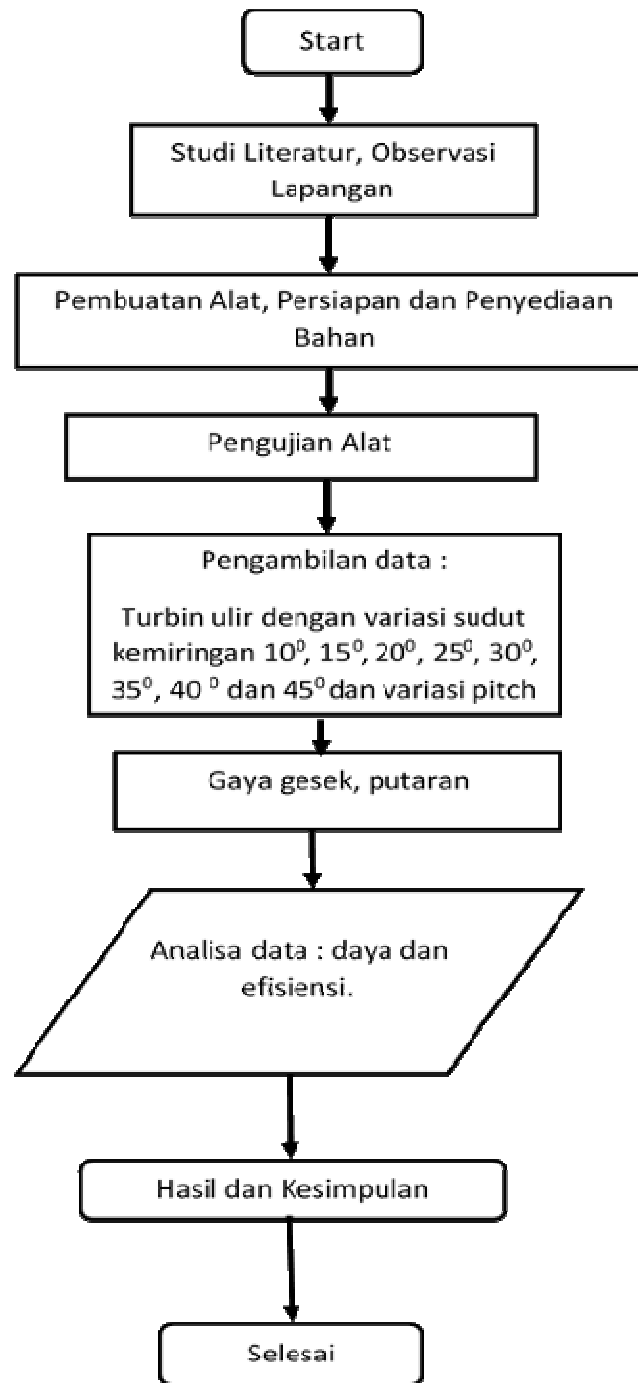
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 buah model turbin ulir dengan diameter luar (d_0) 10,10 cm, jumlah *blade* = 15 buah, masing masing dengan jarak *pitch* (p) = 2 cm, 3cm dan 4 cm serta sudut kemiringan antara 10^0 sampai 45^0 . Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Aero dan Hidrodinamika STTNAS Yogyakarta. Alat uji penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan prosedur penelitian pada Gambar 2



- | | |
|--------------|-------------------------------|
| 1. Pompa 1 | 8. Reservoir atas |
| 2. Pompa 2 | 9. Shock drat pvc |
| 3. Katup 2 | 10. Water meter |
| 4. Katup 3 | 11. Casing turbin |
| 5. Flowmeter | 13. Turbin ulir |
| 6. Katup 1 | 13. Penyangga reservoir bawah |
| 7. Tower air | 14. Reservoir bawah |

Gambar 1. Alat uji Penelitian



Gambar 2. Prosedur penelitian.

Pengukuran yang dilakukan meliputi :

Sudut kemiringan (α) debit air (Q), gaya tegangan tali rem puli (F), dan putaran turbin (n).

3. Hasil dan Analisa

3.1. Data Penelitian

Dari hasil pengukuran, diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data Penelitian untuk Debit 84 liter/menit

No	A	Putaran (rpm)			Gaya sumbu puli, (kg)		
		P 2cm	P 3cm	P 4cm	P 2cm	P 3cm	P 4cm
1	10°	87	94.5	112,7	1,9	2.78	2,34
		126,8	127.0	108,5	2,33	3,12	1,96
		92,6	112.6	110,6	1,79	2.23	2,19
2	15°	145,7	149.3	118,9	2,29	2.08	2,16
		133,2	156.1	123,5	1,88	2.54	2,34
		140,4	150.4	121,2	1,97	1.45	2,01
3	20°	88,6	164.5	157,3	2,62	2.45	2,17
		153,4	76.0	90,7	2,56	2,40	2,09
		77,2	83.8	78,2	2,96	2.39	2,08
4	25°	149,9	140.2	155,2	3,40	3,26	2,80
		76,6	85.7	88,7	2,82	3.22	2,02
		102,4	105.7	117,6	2,65	3.17	2,78
5	30°	123,7	129.1	118,1	2,97	2.51	2,61
		120,5	132.6	124,6	2,59	3.21	2,91
		62,6	74.1	88,6	2,06	3.13	2,12
6	35°	176,2	131.7	220,1	2,33	2.78	2,16
		122,6	130,0	115,3	2,36	2.41	2,13
		168,8	123.4	111,3	2,29	2.49	2,08
7	40°	118,3	131.3	111,4	2,24	2.69	2,16
		110,2	119.2	106,4	2,48	2.59	2,08
		121,7	112.4	111,2	2,46	2.62	2,02
8	45°	89,7	117.8	88,1	2,32	1.69	2,05
		121,1	96.6	109,3	2,39	2.06	1,61
		98,3	130.0	110,6	2,29	2,71	2,07

3.2. Analisis

Dari Data penguuran kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan karakteristik kinerja turbin, yaitu hubungan antara daya output (P_{out}) dengan sudut kemiringan (α) dan debit (Q), dan hubungan antara efisiensi (η) dengan sudut kemiringan (α) dan debit (Q).

Daya output dicari dengan persamaan :

$$P_{out} = T\omega, \quad (1)$$

dengan T torsi poros (Nm) dan ω kecepatan sudut poros (rad/s).

Torsi dicari berdasarkan persamaan :

$$T = F_t r, \quad (2)$$

dengan F_t gaya tangensial puli (N) dan r jari-jari puli (0,00865m).

Daya input dicari dengan persamaan :

$$P_{in} = \rho g Q H \quad (3)$$

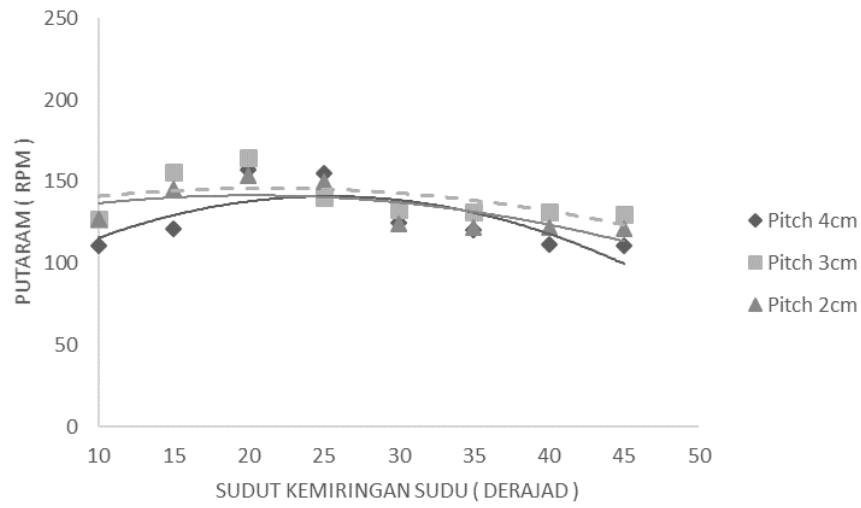
dengan ρ massa jenis air (1000 kg/m^3), g : percepatan gravitasi ($9,82 \text{ m/s}^2$), Q : debit air (m^3/s), dan H : tinggi jatuh (0,73 m).

Efisiensi dicari dengan persamaan :

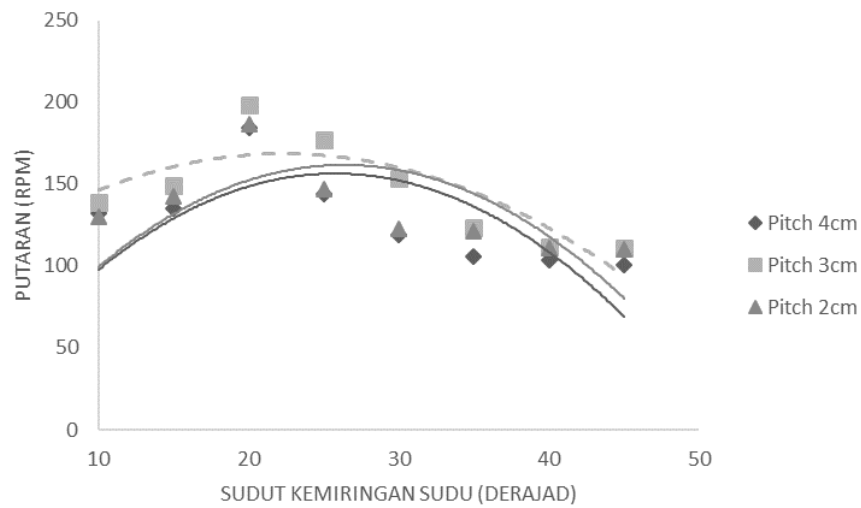
$$\eta = P_{out}/P_{in} * 100\%. \quad (4)$$

3.3. Hasil analisis

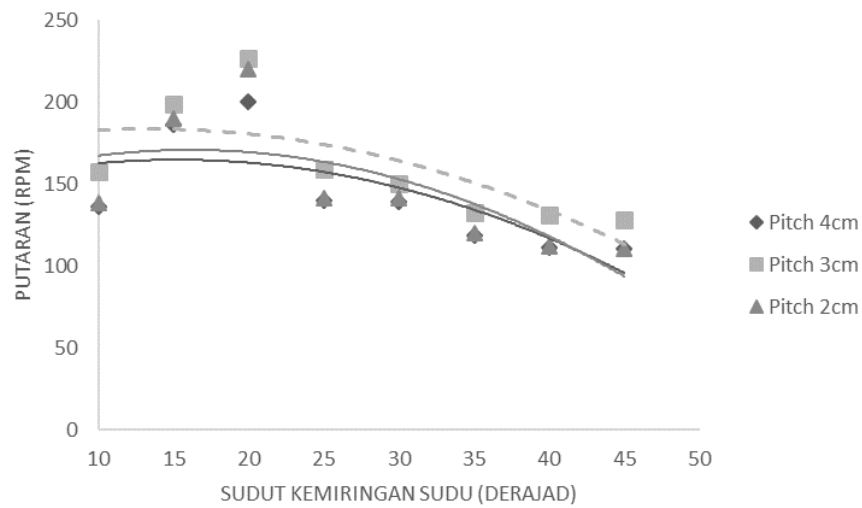
Setelah dilakukan analisis untuk semua data penelitian, kemudian diperoleh karakteristik kinerja turbin ulir yang diteliti seperti ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 12.



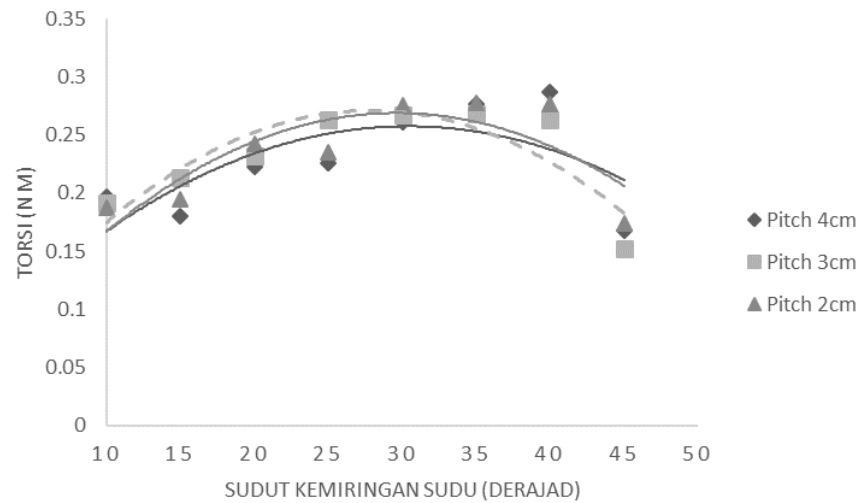
Gambar 1. *Trend Pitch Sudu* terhadap Putaran Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 84 liter.menit



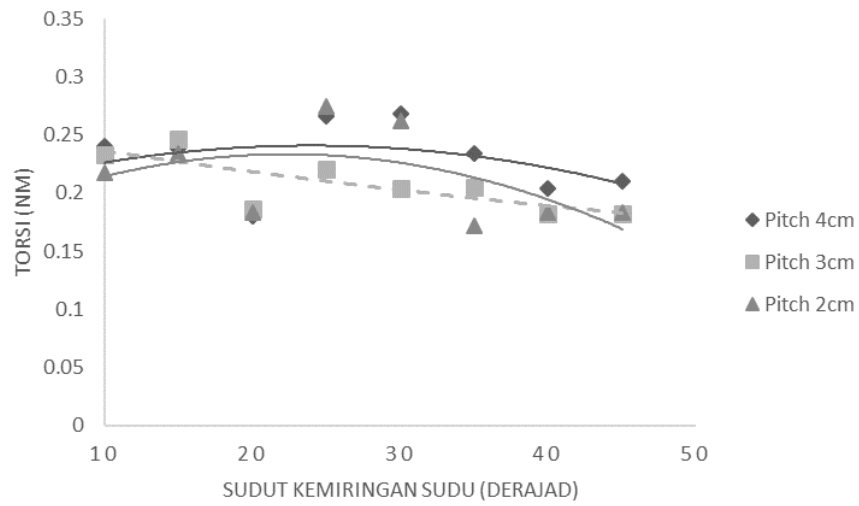
Gambar 2. *Trend Pitch Sudu* terhadap Putaran Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 95 liter.menit



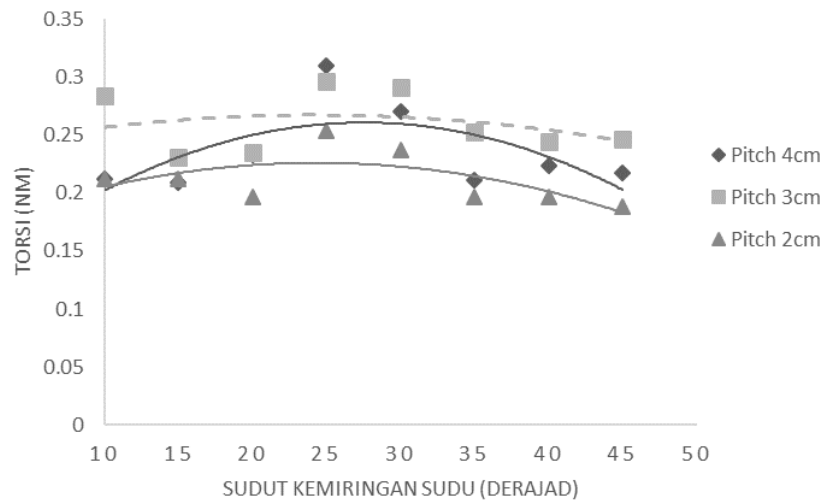
Gambar 3. *Trend Pitch* Sudu terhadap Putaran Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q=105$ liter.menit



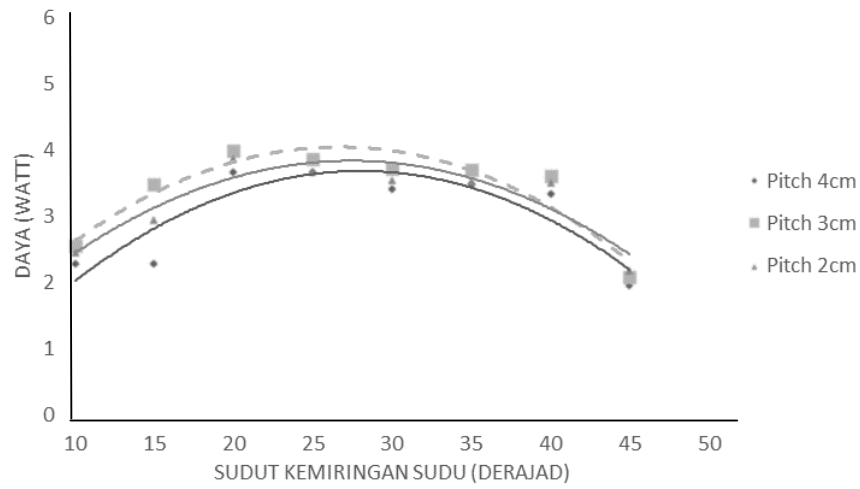
Gambar 4. *Trend Pitch* Sudu terhadap Torsi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q=84$ liter.menit



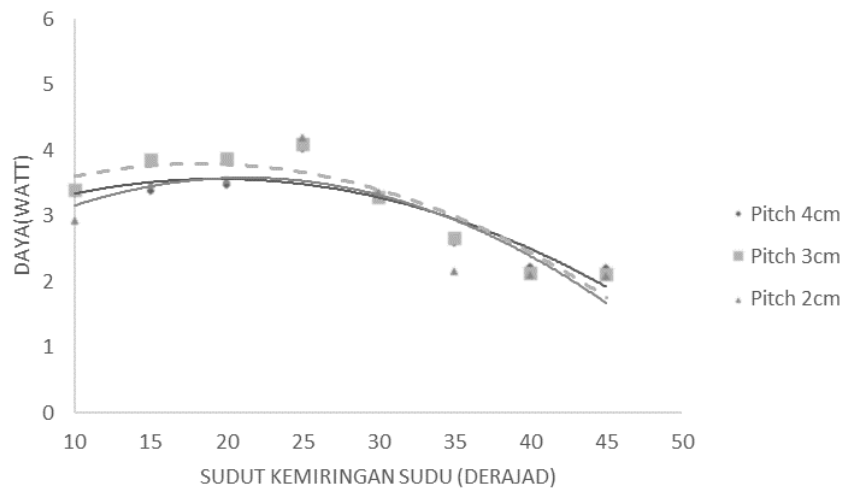
Gambar 5. *Trend Pitch Sudu* terhadap Torsi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 84 liter.menit



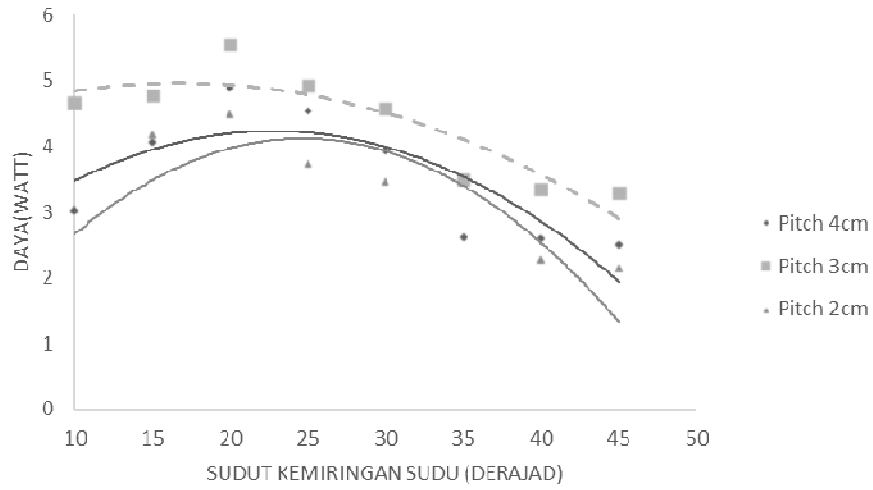
Gambar 6. *Trend Pitch Sudu* terhadap Torsi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 105 liter/menit



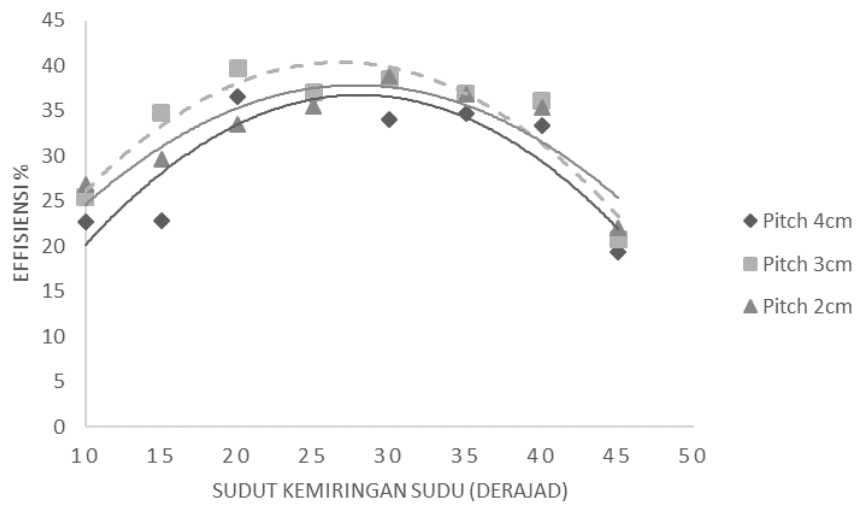
Gambar 7. *Trend Pitch Sudu terhadap Daya output Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q=84$ liter/menit*



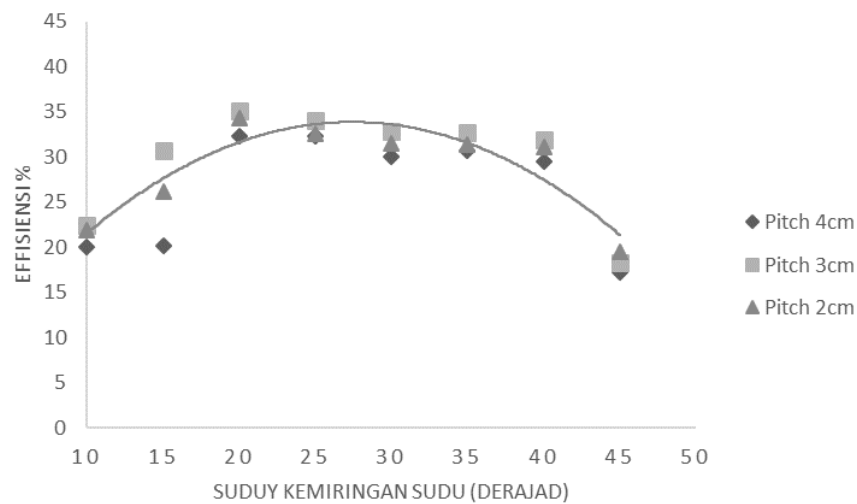
Gambar 8. *Trend Pitch Sudu terhadap Daya output Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q=95$ liter/menit*



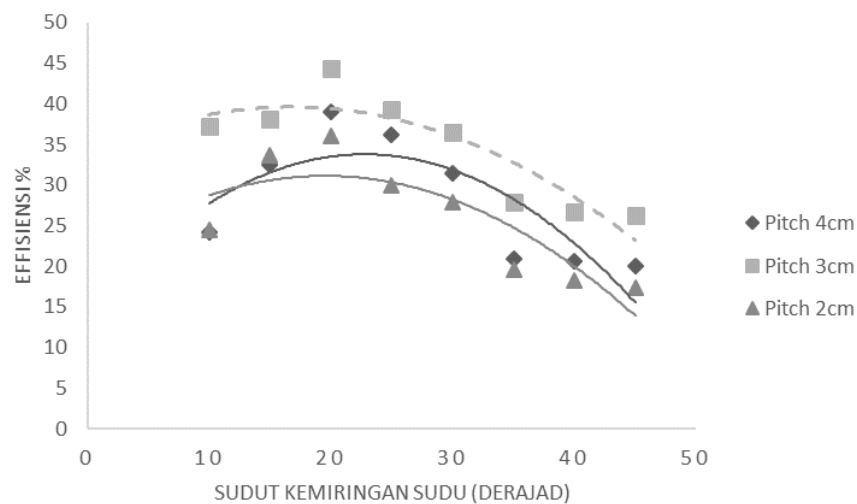
Gambar 9. *Trend Pitch Sudu terhadap Daya output Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 105 liter/menit*



Gambar 10. *Trend Pitch Sudu terhadap Efisiensi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada Q= 84 liter/menit*



Gambar 11. *Trend Pitch Sudu* terhadap Effisiensi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q= 95$ liter/menit



Gambar 12. *Trend Pitch Sudu* terhadap Effisiensi Turbin dan sudut kemiringan sudu pada $Q= 105$ liter/menit

3.4 Pembahasan

Dalam penelitian ini diawali dengan membuat turbin ulir sebagai sesi uji dengan dimensi diameter luar (d_0) = 10,10 cm, panjang ulir 45 cm, 3 macam variasi pitch ulir 2 cm, 3 cm dan 4 cm. Masing masing turbin dengan *pitch* sudu yang telah ditentukan dilakukan pengujian dengan memvariasi laju aliran air pada 84 l/menit, 95 l/menit dan 105 l/menit dan sudut kemiringan 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, dan 45°.

Pada pengujian ini diperoleh data primer berupa gaya tangensial pulay poros turbin, putaran turbin untuk masing masing variasi laju aliran air, sudut kemiringan sudu dan *pitch* sudu yang selanjutnya

dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data torsi poros, daya poros teoritis, daya potensial dan efisiensi turbin. Hasil pengamatan dan hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan dalam bentuk Gambar diatas.

Pada Gambar 1 - 12 sejalan dengan kondisi dimana *pitch* yang sangat kecil akan menimbulkan gaya aksial yang besar dengan gaya tangensial yang kecil sehingga berpotensi putaran poros rendah dan torsi kecil, sedangkan pada kondisi *pitch* yang sangat besar aliran air mendekati sejajar dengan permukaan sudu sehingga torsi juga berpotensi kecil yang berakibat putaran poros juga menjadi kecil. Energi air yang masuk kedalam turbin dan mengalir pada aliran searah poros akan ditransfer ke poros sudu adalah timbulnya gaya yang tegak lurus atau arah normal terhadap permukaan sudu. Gaya tersebut akan diurai menjadi gaya tangensial yang menyebabkan poros berputar dan menghasilkan daya poros dan gaya aksial yang harus ditahan oleh bantalan poros. Makin besar *pitch* sudu memperkecil energi air yang menimbulkan gaya normal sudu, sedangkan makin kecil *pitch* sudu energi air memberikan gaya normal sudu besar namun gaya tersebut mengarah ke gaya aksial poros. Energi air juga menimbulkan energi potensial yang mengarah vertikal kebawah akibat gaya gravitasi yang mengakibatkan kemiringan sudu terhadap arah vertikal juga berpengaruh terhadap kinerja turbin. Sehingga titik optimal kinerja turbin akan dipengaruhi oleh kombinasi *pitch* sudu dan kemiringan sudu.

Hasil perhitungan dari percobaan di atas dengan variasi pitch 4 cm, 3cm dan 2cm didapatkan daya *output* (daya teoritis) tertinggi sebesar 5,558 watt, efisiensi tertinggi 44.35% terjadi pada laju aliran air 105 liter/ menit dengan sudut kemiringan 20°, dan *pitch* 3 cm. Peneliti lain Zul Hizhar dkk (2017) menggunakan debit aliran yang konstan sebesar sebesar 436,8 liter /menit pada kemiringan sudut poros 25°, ulir pitch 2Ro dan 2 ulir menghasilkan daya sebesar 15,89 W dengan efisiensi 73,08%.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan dan perhitungan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Putaran turbin bervariasi terhadap arah aliran air pada permukaan sudu, dengan *pitch* sudu yang terlalu sempit arah alirannya tegak lurus terhadap permukaan sudu menimbulkan momentum yang tegak lurus terhadap poros turbin sehingga putaran poros turbin sangat rendah, sedangkan jarak *pitch* yang terlalu panjang mengakibatkan momentum ke permukaan sudu rendah sehingga putaran juga menjadi sangat rendah. Dalam penelitian ini diperoleh putaran tertinggi sebesar 226.4 rpm pada kemiringan sudu 15° jarak pitch = 3 rpm dan efisiensi 44,35 %
2. Efisiensi turbin dipengaruhi oleh gaya tangensial dan jarak pitch serta kemiringan sudu, jarak *pitch* yang terlalu besar menghasilkan efisiensi yang rendah demikian pula jarak *pitch* yang terlalu sempit juga menghasilkan efisiensi yang rendah. Dalam penelitian ini diperoleh efisiensi 44,35 % pada *pitch* 3 cm pada kemiringan sudu 20°, dengan daya 5.558 W

Saran

1. Laju aliran air disimulasikan dengan memompakan air kedalam bak tandon hal ini diperlukan kecermatan untuk mendapatkan potensi daya air yang sesungguhnya pada kerja turbin ulir, sehingga hasil penelitian lebih maksimal
2. Dalam fabrikasi pembuatan miniatur turbin ulir sebagai sesi uji, seharusnya dilakukan dengan kualitas fungsional yang memadai untuk kesempurnaan hasil penelitian.
3. Kecermatan didalam melakukan proses pengukuran sangat menentukan kualitas hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] S. Alkistis and K. Efrossini, "Towards a First C.F.D. Study of Modern Horizontal Axis Archimedean Water Current Turbines," *International Research Journal of Engineering and Technology (Irjet)*, vol. 2, no. 4, 2015.
- [2] Y. Bambang, "Effect of Flow and Shaft Slope of Archimedean Turbine on the Microhidro Power Plant," *Dinamika Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, 2012.
- [3] BPPT, "Outlook Energi Indonesia," BPPT, Jakarta, 2014.
- [4] F. Erino, "Preliminary Design of Archimedean Screw Turbine Prototype for Remote Area Power Supply," *Journal of Ocean*, vol. 5, 2014.
- [5] L. Furukawa, S. Watanabe, D. Matsushita and K. Okuma, "Development of Ducted Darrieus Turbine for Low Head Hydropower Utilization," 2010.
- [6] K. R. d. Teknologi, "Buku Putih Indonesia 2005-2025, Penelitian dan Pengembangan dan Penerapan

- Ilmu Pengetahuan dan Teknologi," Jakarta.
- [7] D. E. Nasional, "Outlook Energi Indonesia 2014," pp. 1-186, 2014.
 - [8] P. S. Sutikno, Phommachanh and O. Shinnosuke, "Ducted Helical Type Hydro Turbine with Narrow Intake For Extremely Low Head Hydro Power Utilization," in *The 2nd AUN/SEED-Net Regional Conference on New & Renewable Energy, Faculty of Engineering, Thailand*, 2010.
 - [9] T. Saroinsong, "Flow Fluid Phenomenon in Three-Bladed Power Generating Archimedes Screw Turbine," *Journal of Engineering Science and Technology*, pp. 72-79, 2016.
 - [10] W. D. Lubitz, "Gap Flow in Archimedes Screws," in *Proceeding of Candian Society for Mechanical Engineering International Congress*, Toronto, Ontario, Canada., 2014.
 - [11] Z. Rosly, "Parametric Study on Efficiency of Archimedes Screw Turbine, ARPN," *Journal of Engineering and Applied Sciences, Asian Research Publishing Network*, vol. 11, no. 18, 2016.