

Uji Kinerja Turbin Kinetik Sudu Tetap Berbahan Akrilik dan Pipa Pvc Dengan Jumlah Sudu 6, 8, 10

Silvy Dollorossa Boedi ¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ silvyboedi@gmail.com

No. Hp: ¹ 085240440056

Abstrak

Sumber energi di Indonesia tersebar sangat banyak juga melimpah di wilayah Indonesia. Sumber energi air skala pikohidro dengan kecepatan aliran 0,01 sd. 2,8 m/detik yang dapat menghasilkan energi sebagai sumber energi listrik sedang dikembangkan, dengan memanfaatkan turbin kinetik. Turbin kinetik adalah pembangkit listrik yang memiliki prinsip kerja dengan mengandalkan dan menggunakan energi kecepatan aliran, menjadi sumber energinya, merubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan uji kinerja yang optimal daripada turbin yang menggunakan sudu berbahan akrilik dan bahan pipa pvc. Uji kinerja turbin kinetik sudu tetap berbahan akrilik yang paling optimal pada jumlah sudu 10, dengan torsi 0,1764 nm, daya turbin 2.077 watt, dan efisiensi 4,8 %, Uji kinerja turbin kinetik sudu tetap berbahan pipa pvc yang paling optimal pada jumlah sudu 8, dengan torsi 0,1764 nm, daya turbin 2,4 watt, dan efisiensi 5,2 %.

Kata Kunci – Turbin, Kinetik, Uji, Kinerja, Sudu, Tetap

Performance Test of Fixed Blade Kinetic Turbine Made of Acrylic and Pvc Pipe With Number of Blades 6, 8, 10

Abstract

Energy sources in Indonesia are scattered very much also abundant in the territory of Indonesia. Picohydro-scale water energy sources with flow velocities of 0.01 to. 2.8 m/sec that can produce energy as a source of electrical energy is being developed, by utilizing kinetic turbines. Kinetic turbines are power plants that have a working principle by relying on and using flow velocity energy, being the source of energy, converting kinetic energy into mechanical energy. This study aims to obtain an optimal performance test of turbines that use blades made of acrylic and pvc pipe materials. The performance test of the fixed blade kinetic turbine made of acrylic is most optimal at the number of blades 10, with a torque of 0.1764 nm, turbine power of 2.077 watts, and efficiency of 4.8%, the performance test of the fixed blade kinetic turbine made of pvc pipe is most optimal at the number of blades 8, with a torque of 0.1764 nm, turbine power of 2.4 watts, and efficiency of 5.2%.

Keywords – Turbine, Kinetic, Performance, Test, Blade, Fixed

PENDAHULUAN

Sumber energi di Indonesia tersebar sangat banyak juga melimpah di wilayah tanah air Indonesia. Berdasarkan data Direktorat Konstruksi dan Energi Baru Terbarukan (EBT) PT. PLN (Persero), pemanfaatan potensi air di Indonesia masih sekitar 75.000 – 76.000 MW. Sumber energi air skala pikohidro dengan kecepatan aliran 0,01 sd. 2,8 m/detik yang dapat menghasilkan energi sebagai sumber energi listrik sedang dikembangkan, dengan memanfaatkan turbin kinetik. [1]

Teknologi yang semakin berkembang menjadikan energi sebagai keperluan mendasar dalam melakukan kegiatan mobilitas manusia. Pemasok energi terbesar yang kita kenal saat ini, baik di Indonesia ataupun di dunia, berasal dari energi fosil, sedangkan produksi energi fosil, khususnya minyak bumi sudah tidak mungkin lagi dieksplorasi atau ditingkatkan secara signifikan karena terbatasnya pasokan. Di sisi lain, pemanfaatan sumber energi baru terbarukan masih belum optimal padahal potensinya besar. [2]

Data Outlook Energy Indonesia pada tahun 2016, proyeksi kebutuhan listrik per sektor Indonesia adalah 190 TWh dan 232 TWh, dengan pemanfaatan di bidang rumah tangga masih memerlukan 41% lebih, untuk bidang industri sekitar 34%, selanjutnya bidang komersil 24%, dan bidang transportasi 0,1%, selama periode 2013 s.d. 2050, total tenaga listrik yang dibutuhkan di seluruh bidang diprediksi akan meningkat besar sampai dengan 10 kali. [3]

Sebesar 19 juta masyarakat belum merasakan listrik, di Indonesia Timur khususnya untuk daerah-daerah yang jaraknya jauh. Pembangkit listrik berukuran kecil sangat penting untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, terutama di wilayah yang jauh dari jaringan transmisi listrik PLN, dengan langsung menggali potensi energi yang tersedia di sekitar lingkungan tempat tinggal teristimewa yang bersifat energi terbarukan. [4]

Arus sungai atau irigasi merupakan salah satu potensi energi listrik dengan memanfaatkan turbin kinetik. Turbin air kinetik adalah suatu generator yang prinsip operasinya didasarkan pada penggunaan energi kinetik air sebagai sumber energi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Penggunaan turbin kinetik sebagai generator tidak terlalu banyak persyaratannya, selain itu biaya pemasangan yang murah dan waktu pemasangan yang cepat. Jika di tinjau pada kinerja sangat bergantung dari jumlah sudu, pengarah kecepatan aliran, dan kecepatan aliran itu sendiri. Jumlah sudu dan material atau bahan sudu, merupakan variabel yang penting dalam mempengaruhi gaya tangensial dan putaran dalam menentukan efisiensi dan daya pada sebuah turbin kinetik. [5]

Penelitian dengan menguji kinerja turbin kinetik dengan sudu tetap berbahan akrilik dan pipa PVC dengan jumlah sudu sebanyak 6, 8, 10 sudu akan menghasilkan daya dan efisiensi turbin yang optimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Lokasi pembuatan turbin di bengkel Teknik Mesin Polimdo dan pengujian di lakukan pada saluran irigasi: Pintu Air 4 Desa Talawaan Kabupaten Minahasa Utara.

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen (penelitian eksperimen sebenarnya). Metode ini dilakukan dengan pelaksanaan pengujian untuk dapat mengetahui pengaruh perubahan bahan atau material sudu juga jumlah sudu pada runner terhadap efisiensi kinetik turbin yang dihasilkan pada setiap perubahan jumlah sudu 6, 8, dan 10 sudu.

Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang karakteristik turbin air diindikasikan oleh daya turbin (p_t) efisiensi (η_t) dan debit aliran yang dibutuhkan. Kaitan ketiga variabel tersebut merupakan informasi penting dan sangat berguna ketika akan mendesain sebuah PLTA. Energi kinetik fluida air merupakan kecepatan aliran yang kemudian oleh turbin diubah menjadi energi mekanis (putaran). Menyebabkan meningkatnya fluida air (energi kinetis air) debit aliran juga akan mengalami peningkatan, untuk energi mekanis turbin di tandai dengan meningkatnya daya turbin dan efisiensi. [6]

Penelitian tentang optimalisasi kinerja turbin kinetik yang memiliki cara kerja dengan menggunakan kecepatan aliran, jenis turbin ini tidak memerlukan head sebagai energi potensial. Untuk daerah dataran rendah dan mempunyai aliran sungai, khususnya daerah pedesaan. Turbin kinetik mempunyai prinsip kerja, yaitu aliran air langsung kena pada permukaan sudu dari turbin tanpa nozel. [7]

Pengaruh lebar sudu mangkok 8 cm, 9 cm, 10 cm menghasilkan daya maksimum pada keadaan saat debit air sesuai. Daya tertinggi untuk variasi lebar sudu 8 cm dengan debit aliran $65 \text{ m}^3/\text{h}$, sebesar 6,70 watt. Daya tertinggi untuk lebar sudu 9 cm pada debit air $65 \text{ m}^3/\text{h}$ yaitu sebanyak 10,05 watt. Untuk lebar sudu 10 cm, daya maksimum pada debit air $65 \text{ m}^3/\text{h}$ yaitu sebanyak 12,98 watt. [2]

Kinerja turbin kinetik dipengaruhi oleh rupa/bentuk sudu, penelitian ini diteliti pada tiga jenis bentuk sudu antara lain bentuk mangkuk, bentuk datar dan bentuk lengkung. Saat pengujian dilakukan, sudu lengkung memiliki efisiensi maksimal dengan efisiensi sebesar 29,659 %, selanjutnya sudu bentuk mangkuk memiliki efisiensi sebesar 28,457 %, efisiensi terendah terjadi pada sudu bentuk datar dengan efisiensi sebesar 19,439 %. [3]

Pada kajian perancangan turbin kinetik poros vertikal berengsel luar diperoleh jumlah sudu 10, efisiensi turbin 14,806% dan jumlah putaran 191,11 rpm, daya turbin 59,01 watt. Variasi aliran juga dapat mempengaruhi efisiensi dan daya turbin, beban akan mempengaruhi putaran turbin, putaran turbin mempengaruhi apa yang akan diproduksi, daya turbin semakin besar, putaran turbin akan semakin rendah. Nilai optimum untuk turbin kinetik dengan engsel luar adalah 10 sudu. [4]

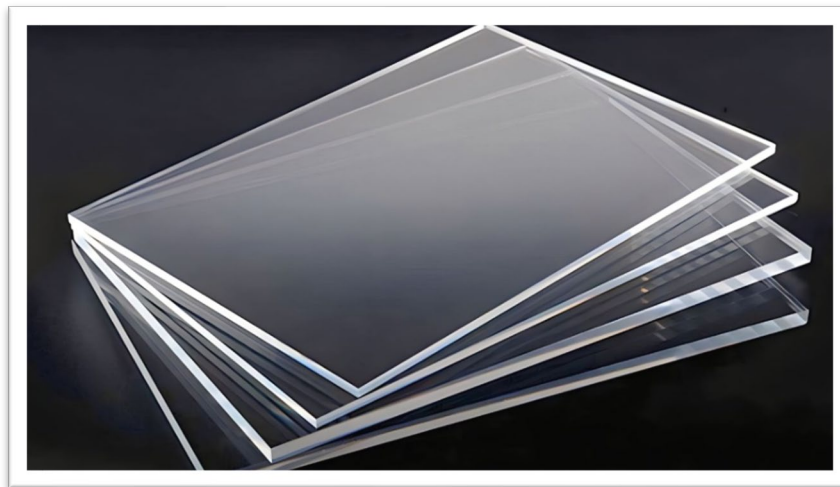
Pengembangan turbin aliran silang telah banyak dilakukan dengan hasil penelitian terhadap efisiensi dan daya turbin yang lebih optimal. Pengaruh

perubahan perbandingan sudu penampang datar terhadap efisiensi dan daya turbin aliran silang adalah sebesar 3,136 watt, dengan 15 jumlah sudu, efisiensi turbin sebesar 58,23% dengan pembebanan tertinggi hingga 7000 gram. [8]

Akrilik

Akrilik adalah bahan mirip plastik yang keras dan kaku. Rantai akrilik atau polimer terdiri dari unit logam metakrilat yang berulang. Bahan akrilik atau metakrilat logam biasanya dibungkus dalam bentuk cair atau bubuk. Metil metakrilat mengandung cairan dan bubuk tidak terpolimerisasi yang mengandung polyresin. [9]

Efisiensi turbin dari bahan akrilik pada penelitian ini dilaksanakan karena bahan dari akrilik memiliki sifat ketahanan yang tinggi. Akrilik menjadi pilihan yang tepat dalam berbagai penggunaan, baik diluar ruangan maupun di dalam ruangan. Ketahanan dan kekuatan bentuk bahan akrilik cocok untuk digunakan dalam kondisi lingkungan yang beragam. Bahan akrilik memiliki kelebihan utama yaitu kemampuan untuk mempertahankan kecerahan warna yang asli. Ketahanan akrilik pada perubahan kelembapan dan perubahan cuaca juga menjadi pilihan yang baik, pada penggunaan diluar ruangan atau di dalam ruangan. Bahan dari akrilik menawarkan gabungan antara ketahanan, kekuatan dan estetika yang membuatnya menjadi pilihan ya baik dalam industri dimana memerlukan material yang tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan dan bersifat tahan lama. [10]



Gambar 1. Akrilik

Pipa (PVC)

Bagian pembentuk pipa bersifat bukan penghantar listrik dan tidak sensitif terhadap reaksi elektrokimia, sifat ini tersebar di seluruh bagian pipa (PVC) baik bagian luar dan dalam, pipa (PVC) memiliki beberapa keunggulan antara lain ringan dibandingkan dengan material seperti besi, tahan terhadap air karena terbuat dari material kedap akan air, kuat dan sangat baik terhadap benturan sehingga cocok digunakan untuk produk interior. [11]

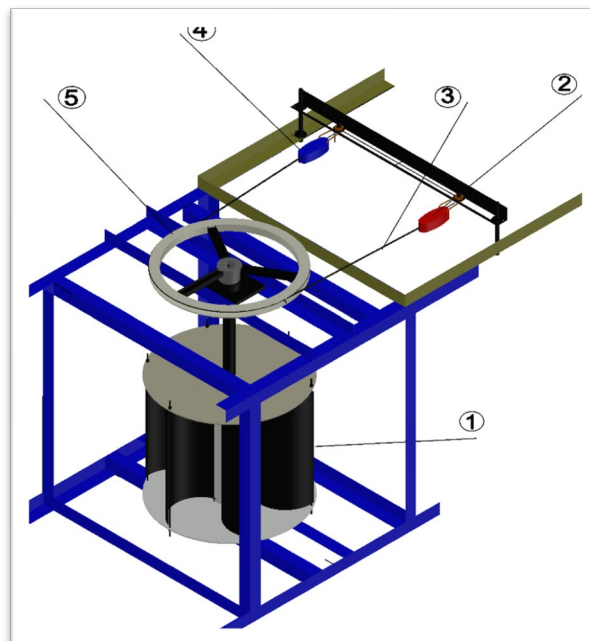
Pembuatan turbin vortex dengan menggunakan sudu yang dari pipa yang di belah tiga, memiliki sudu kemiringan 45° memiliki debit aliran yang sama dengan variabel putaran. [12].



Gambar 2. Pipa Pvc

Rangka Turbin

Rangka turbin berfungsi sebagai dudukan runner, memiliki panjang 84 cm, lebar 62 cm, dan tinggi 62 cm.



Gambar 3. Rangka Runner Turbin

Keterangan :

1. Runner turbin (Sudu, Poros, dan Cakram).

2. Dudukan Neraca Massa.
3. Tali Puly
4. Neraca Massa
5. Pully

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Data dan Data Hasil Pengujian Sudu Tetap Berbahan Akrilik.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Untuk Sudu Berbahan Akrilik

Jumlah sudu	kecepatan aliran v, (m/s)	Debit Q, (m ³ /det)	Putaran n (rpm)	Pembebanan				Putaran, n Dengan pembebanan
				F1	F2	gravitasi	ΔF	
10	0,52	0,316	130,4	0,1	0,05	9,8	0,49	121,75
				0,2	0,1	9,8	0,98	112,5
				0,3	0,2	9,8	0,98	70,3
				0,4	0,3	9,8	0,98	61,85
Turbin Berhenti Berputar								
8	0,52	0,316	129,7	0,1	0,05	9,8	0,49	101,7
				0,2	0,1	9,8	0,98	78,9
				0,3	0,2	9,8	0,98	73,85
Turbin Berhenti Berputar								
6	0,52	0,316	77,05	0,1	0,05	9,8	0,49	73,05
				0,2	0,1	9,8	0,98	59,1
Turbin Berhenti Berputar								

Perhitungan Data dan Data Penelitian Sudu Tetap Berbahan Pipa PVC.

Setelah dilakukan pengujian pada sudu berbahan pipa PVC dengan memvariasikan jumlah sudu, maka hasil diperoleh contoh tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Untuk Sudu Berbahan Pipa PVC

Jumlah sudu	kecepatan aliran v, (m/s)	Debit Q, (m ³ /det)	Putaran n, (rpm)	Pembebanan				Putaran n, Dengan pembebanan
				F1	F2	gravitasi	ΔF	
10	0,53	0,322	127,5	0,1	0,05	9,8		101,5
				0,2	0,1	9,8	0,98	68,35
TURBIN BERHENTI BERPUTAR								
8	0,53	0,322	139,75	0,1	0,05	9,8	0,49	136,6
				0,2	0,1	9,8	0,98	130,05

				0,3	0,2	9,8	0,98	102,2
				0,4	0,3	9,8	0,98	97,53
				TURBIN BERHENTI BERPUTAR				
6	0,53	0,322	77,05	0,1	0,05	9,8	0,49	105,5
				0,2	0,1	9,8	0,98	68,35
				TURBIN BERHENTI BERPUTAR				

Dari data hasil pengujian akan dilakukan perhitungan dalam menentukan kinerja turbin kinetik sudu tetap berbahan Pipa PVC. Perhitungan data dengan menggunakan data pada jumlah sudu 8

- **Luas penampang saluran (A)**

$$A = p \cdot t = (\text{m}^2)$$

Dimana :

p = Panjang Penampang = 80 cm

t = Tinggi air = 76 cm

Maka :

$$A = p \cdot t$$

$$A = 0,80 \text{ m} \times 0,76 \text{ m}$$

$$A = 0,608 \text{ m}^2$$

- **Kecepatan aliran (v)**

Menghitung kecepatan aliran, v dengan rumus

Dimana :

$$v = \frac{t}{s} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = (\text{m/det})$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran

t = Jarak

s = Waktu

Maka :

$$v = \frac{t}{s} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$$

$$v = \frac{3 \text{ m}}{5,66 \text{ det}}$$

$$v = 0,53 \text{ m/det}$$

- **Debit aliran (Q)**

$$Q = A \cdot v = (\text{m}^3/\text{det})$$

Dimana :

A = Luas penampang

v = Kecepatan aliran

Maka :

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = 0,608 \text{ m}^2 \times 0,53 \text{ m/det}$$

$$Q = 0,322 \text{ m}^3/\text{det}$$

- **Laju masa air yang mengalir (\dot{m})**

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = (\text{kg/det})$$

Dimana :

$$\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0,322 \text{ m}^3/\text{det}$$

Maka :

$$\dot{m} = 998,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,322 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\dot{m} = 32 \text{ kg/det}$$

- **Daya air yang mengalir (Pa)**

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A(v)^3 = (\text{watt})$$

Dimana :

$$\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$$

A = Luas penampang saluran

v = Kecepatan aliran

Maka :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A(v)^3$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 998,2 \cdot 0,608 \cdot (0,53)^3$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 998,2 \cdot 0,608 \cdot 0,15$$

$$P_a = 45,51 \text{ Watt}$$

- **Torsi (T)**

$$T = \Delta F \cdot L = (\text{Nm})$$

Dimana :

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

$$\Delta F = 0,2 - 0,1 = 0,1 = 0,98$$

$$L = \text{jari jari dari pully} = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$

Maka :

$$T = \Delta F \cdot L$$

$$T = 0,98 \text{ N} \times 0,18 \text{ m}$$

$$T = 0,1764 \text{ Nm}$$

- **Kecepatan anguler (ω)**

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = (\text{rad/s})$$

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

n = Kecepatan Putaran 130,05 rpm,

Maka :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 130,05}{60}$$

$$\omega = 13,659 \text{ rad/s}$$

- **Daya turbin (Pt)**

$$P_t = T \cdot \omega = (\text{watt})$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi} = 0,1764 \text{ Nm}$$

$\omega =$ Kecepatan sudut = 13, 659 rad/s

Maka :

$$P_t = 0,1764 \times 13,659$$

$$P_t = 2,4 \text{ Watt}$$

- **Efisiensi turbin (η_t)**

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Dimana :

$P_t =$ Daya turbin

$P_a =$ Daya air

Maka :

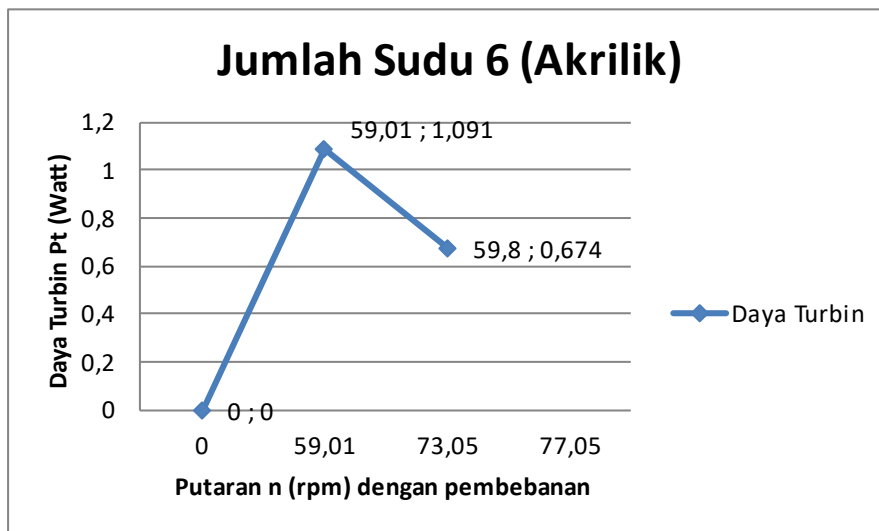
$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$

$$\eta_t = \frac{2,4}{45,51} \cdot 100\%$$

$$\eta_t = 5,2\%$$

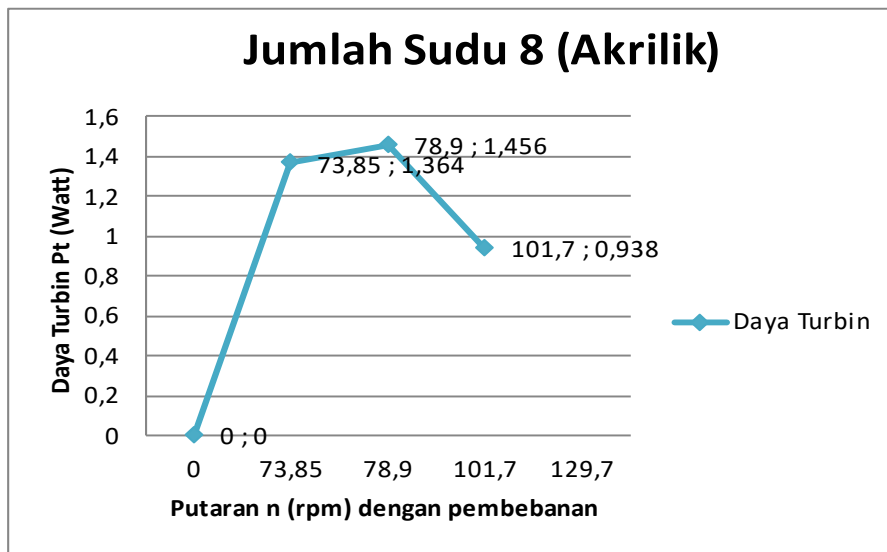
Putaran dan daya untuk setiap jumlah sudu

Daya sangat bergantung pada besarnya kecepatan putaran (rpm) dan pembebanan, seperti pada grafik daya turbin berikut.



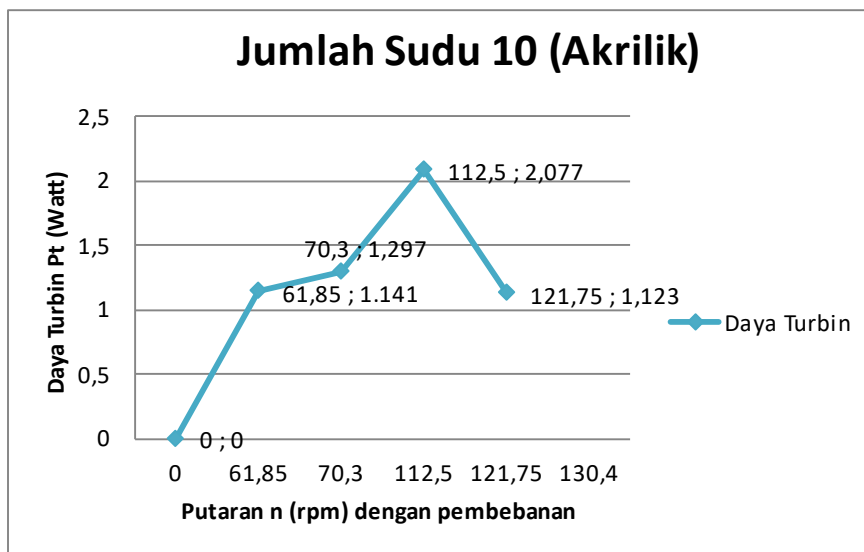
Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran dan daya turbin

Gambar 4 diatas menjelaskan bahwa n, putaran 59 rpm menghasilkan daya 1.091 watt, dan putaran 73,05 rpm menghasilkan daya 0,0674.



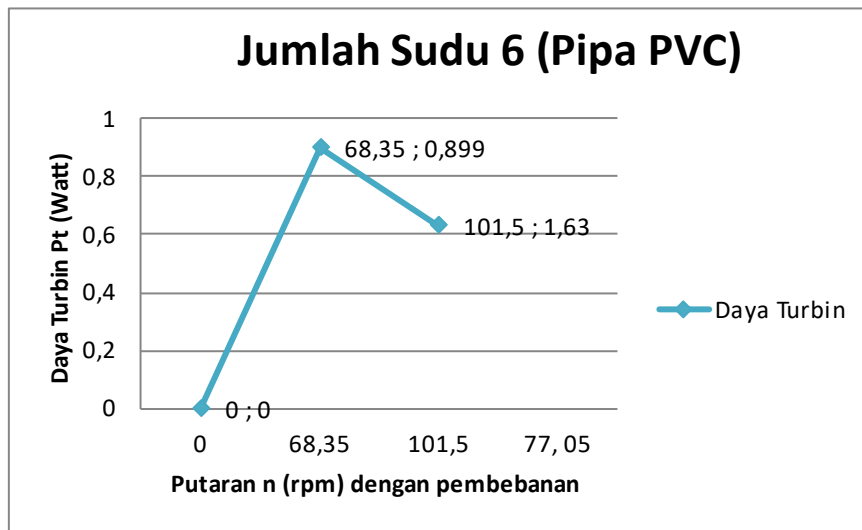
Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran dan daya turbin

Gambar 5 diatas menjelaskan bahwa pada putaran 73,85 rpm menghasilkan daya sebesar 1,363 watt, pada putaran 78,9 rpm menghasilkan daya sebesar 1,456 watt, dan pada putaran 101,7 rpm menghasilkan daya sebesar 0,938.



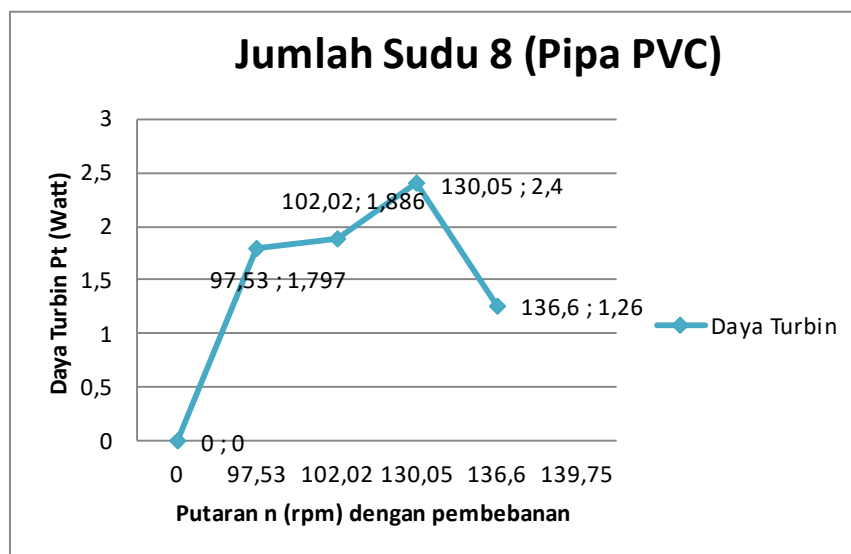
Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran dan daya turbin

Gambar 6 diatas menunjukkan pada n, putaran 61,85 rpm menghasilkan daya 1,141 watt, putaran 70,3 rpm menghasilkan daya 1,297 watt, putaran 112,5 rpm menghasilkan daya 2,077 watt, dan putaran 121,75 menghasilkan daya 1,123 watt.



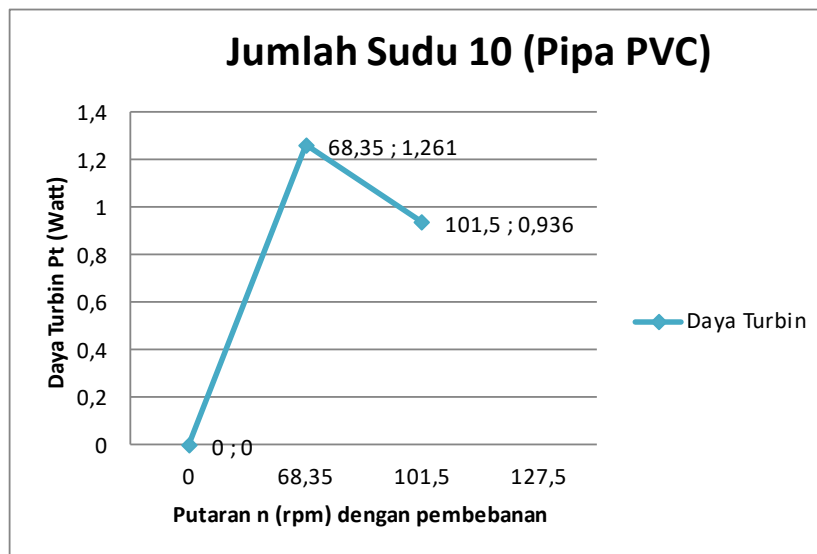
Gambar 7. Grafik hubungan antara putaran dan Daya Turbin

Gambar 7 diatas menunjukkan daya maksimal pada putaran 68,35 rpm, daya yang dihasilkan 0,899 watt, putaran 101,5 rpm menunjukkan daya 0,63 watt.



Gambar 8. Grafik hubungan antara putaran dan Daya Turbin

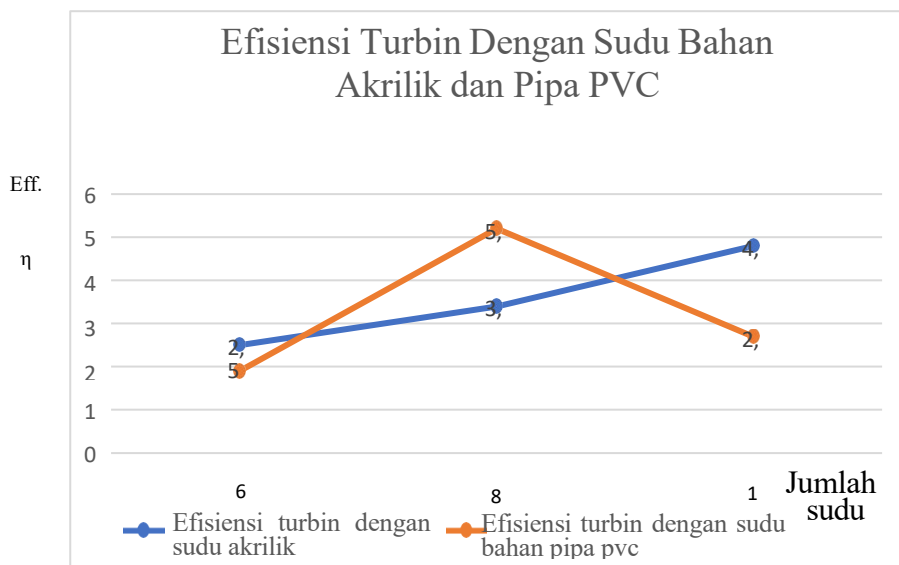
Gambar 8 diatas menunjukkan pada putaran 97,53 rpm daya yang dihasilkan 1,797 watt, pada putaran 102,2 rpm daya yang dihasilkan 1,886 watt, 130,02 rpm menghasilkan daya 2,4 watt, dan pada putaran 136,6 rpm menghasilkan daya 1,26 watt.



Gambar 9. Grafik hubungan antara putaran dan Daya Turbin

Gambar 9 diatas menunjukkan pada putaran 68,35 rpm dengan daya yang dihasilkan 1,261 watt, dan putaran 101,5 menghasilkan daya 0,936 watt.

Efisiensi turbin (η) dan bahan sudu untuk setiap jumlah sudu.



Gambar 10. Grafik hubungan antara efisiensi turbin dan bahan Sudu.

Gambar 10 di atas, grafik menunjukkan efisiensi optimal ada pada jumlah sudu 8 dengan bahan sudu pipa PVC dengan efisiensi turbin 5,2%. Permukaan sudu bahan pipa PVC lebih halus dibanding sudu bahan akrilik (yang dibentuk manual) memiliki permukaan yang tidak rata sehingga meningkatkan luas hambatan aliran fluida. Hambatan yang terjadi akan mempengaruhi kecepatan aliran sehingga akan berpengaruh pada putaran turbin

KESIMPULAN

1. Uji kinerja turbin kinetik sudu tetap berbahan akrilik yang paling optimal pada jumlah sudu 10, dengan torsi 0,1764, daya turbin 2.077 watt, dan efisiensi 4,8 %, dan untuk permukaan sudu bahan akrilik lebih kasar karena dibentuk dengan manual (dipanaskan). Sehingga meningkatkan luas hambatan aliran fluida. Hambatan yang terjadi dapat mempengaruhi kecepatan aliran sehingga akan berpengaruh pada putaran turbin.
2. Uji kinerja turbin kinetik sudu tetap berbahan pipa pvc yang paling optimal pada jumlah sudu 8 dengan torsi 0,1764 daya turbin 2,4 watt, efisiensi 5,2 % dan untuk permukaan sudu bahan pipa PVC lebih halus karena tidak dibentuk secara manual, tetapi hanya mengikuti bentuk lengkuan pipa PVC, sehingga hambatan pada bahan pipa PVC lebih kecil dari bahan akrilik.

SARAN

Saran dari penulis untuk penelitian ini berdasarkan pengujian langsung di lapangan yaitu:

1. Perhatikan penggunaan tali puli untuk pembebanan, gunakan tali pully yang sesuai.
2. Rangka turbin dibuat menyesuaikan dengan tempat atau penampang saluran.
3. Perlu adanya penyesuaian bahan pembuatan rangka dan runner yang tepat.

REFERENSI

- [1] Pramesti, Sindy Yasinta, (2018) Analisa Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetic Poros Horizontal dan Vertical, Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 1, No.1.
- [2] Ujiburrahman, Soenoko Rudy, Choiron Agus. Moch., (2019) Pengaruh Lebar Sudut Mangkok Terhadap Unjuk Kerja Turbin Kinetik, Politeknologi Vol. 18 No. 3.
- [3] Yani Ahmad, Mihdar, Erianto Yudi., (2016) Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan), Vol. 5 No. 1.
- [4] Boedi Silvy, Mekel Alfred, Maidangkay Adrian., (2022) Rancang Bangun Turbin Kinetik Sudu Berengsel Luar Sebagai Pembangkit Listrik Skala Pikohidro, Otopro Volume 17 No. 2 mei
- [5] Maidangkay Adrian, Soenoko Rudy, Wahyudi Slamet, (2014) Pengaruh Sudut Pengarah dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal Terhadap Kinerja Turbin Kinetik, Jurnal Rekaya Mesin Vol. 5.
- [6] Muis Abdul, (2010), Turbin Air Pada Plta Larona, JMT, Vol. 7, No. 1.
- [7] Pietersz Richard, Soekono Rudy, Wahyudi Slamet, (2013) Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal, Jurnal Rekayasa mesin Vol.4, no 3
- [8] Nugroho Panji Peggy, Adiwibowo Heru Priyo, (2020) Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Daya

- Dan Efisiensi Turbin Reaksi Crossflow Poros Horizontal, JTM. Volume 08 Nomor 01
- [9] Thressia Merry,. Proses Pembuatan Gigi Tiruan Sebagian Lepas dari Bahan Kombinasi Logam Dan Akrilik.
- [10] Tampubolon Risky, Hermawan Indra, dan Idris Muhammad,. (2023) Efisiensi Turbin Kincir Air Akrilik Undershot 8 Sudu 15°, Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Elektro (JITEK), 2 (1).
- [11] Pramono Jonatan, Kusumarini Yusita, Poillot F. Jean,. (2017) Eksperimen Perancangan Elemen Pembentuk dan Pengisi Ruang Interior Berbasis Repurposing Pipa PVC, DIMENSI INTERIOR, VOL. 15. 1, JUNI
- [12] Bono, Suwoto Gatot, Aini Nur Hikmah, Albasit Fadel. M, (2020) Rancang Bangun Turbin Air Aliran Pipa Dengan Jumlah Sudu 3,4 Dan 5, Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol. 1.
- [13] Fitriansyah, Wahyudi Slamet, Winarto, (2020) Pengaruh Kedalaman Sudu Mangkok Terhadap Unjuk Kerja Turbin Kinetik, Rekayasa Mesin, v. 11, n. 3, pp. 323-329.