

Pengaruh Pemasangan Bilah Pengarah dan Variasi Jumlah Sudu Rotor Terhadap Performa Turbin Kinetik

Bernadus Stefanus Wuwur¹, Dedy nataniel ully², Purnawarman Ginting³, Paula Rita⁴

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Kupang

Email : benwuwur70@gmail.com, dedy.ully@gmail.com

Abstrak

Saat ini masih banyak daerah pedesaan di Nusa Tenggara Timur yang belum menikmati listrik dari Perusahaan Listrik Negara karena berbagai kendala yaitu keterbatasan kapasitas pembangkit listrik PLN sehingga tidak mampu menjangkau daerah pedesaan yang jauh dari perkotaan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan sumber energi fosil dengan energi terbarukan seperti energi air sebagai pembangkit listrik. Turbin kinetik yang digunakan memiliki tiga variasi jumlah sudu rotor yaitu 2 sudu, 3 sudu dan 4 sudu dengan lima variasi kecepatan aliran air yaitu 1,5, 2, 2,5, 3 dan 3,5 m / s. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental nyata pada skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kinerja pemasangan bilah pengarah pada berbagai variasi jumlah sudu rotor dibandingkan dengan turbin kinetik tanpa menggunakan bilah pengarah.

Kata Kunci : Turbin Kinetik, Pengarah, Bilah Rotor, Kinerja, Energi Air.

PENDAHULUAN

Saat ini masih banyak daerah pedesaan di Nusa Tenggara Timur yang belum dapat menikmati listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) karena berbagai kendala yaitu keterbatasan kapasitas mesin pembangkit PLN sehingga tidak mampu menjangkau daerah pedesaan yang jauh dari perkotaan. daerah. Selain itu, kondisi geografis pedesaan yang bergunung-gunung dan jarak antar rumah penduduk yang sangat berjauhan sehingga sulit mendapatkan jaringan listrik dari PLN. Saat ini PLN masih menggunakan pembangkit listrik tenaga Diesel dan pembangkit listrik tenaga uap untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Namun listrik dari PLN hanya dapat melayani daerah perkotaan dan pedesaan yang terjangkau, sedangkan daerah terpencil sulit dijangkau. Sumber energi terbarukan yang paling potensial di Indonesia adalah pemanfaatan energi air sebagai pembangkit listrik dan jika pemanfaatannya dilakukan secara menyeluruh maka peluang kita untuk keluar dari krisis listrik akan semakin besar, karena masih banyak tempat yang berpotensi untuk dimanfaatkan dan disebar ke seluruh pulau. di Indonesia. Pemanfaatan energi air biasanya dengan menggunakan alat konversi energi yaitu kincir air. Energi kinetik air ditangkap oleh bilah-bilah dengan luas tertentu, sehingga menghasilkan gerakan rotasi untuk memutar rotor turbin. Perputaran rotor turbin mampu memutar poros generator sehingga

menghasilkan energi listrik [1].

Nusa Tenggara Timur khususnya Kabupaten Sabu Raijua memiliki kondisi topografi pegunungan dan perbukitan sehingga dialiri banyak sungai dan di beberapa wilayah terdapat bendungan sehingga cocok untuk digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air. Salah satu pilihan dalam memanfaatkan potensi energi air pada bendungan adalah kecepatan aliran air yang memiliki energi kinetik. Untuk itu dalam penelitian ini diperlukan turbin kinetik dengan sudu berbentuk mangkuk untuk menahan aliran agar dapat meningkatkan gaya tangensial yang dihasilkan. Salah satu wilayah di Kabupaten Sabu Raijua yang memiliki potensi energi air adalah Dusun Muli yang sumber airnya berada di daerah perbukitan yang dibendung dan dialirkan melalui saluran irigasi ke persawahan sehingga memungkinkan untuk dibuat pembangkit listrik skala mikro.

Pengembangan turbin kinetik sebagai pembangkit listrik skala mikro telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti penelitian pengaruh variasi jumlah sudu terhadap optimalisasi kinerja turbin kinetik roda tunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sudu berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik dimana aliran air 0,013 putaran 100 rpm, jumlah sudu 5 mempunyai tenaga 5,50, sudu 7 mempunyai tenaga sebanyak mempunyai kinerja lebih tinggi dari pada jumlah sudu. Dari blade 5, 7, dan 9, khususnya pada putaran 100 rpm daya yang dihasilkan sebesar

20,41 Watt [2].

Pengembangan dan penelitian lebih lanjut juga dilakukan yaitu tentang pengaruh variasi bentuk sudu terhadap kinerja turbin air kinetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh bentuk sudu terhadap kinerja atau daya dan efisiensi turbin air kinetik yaitu bentuk sudu mempunyai daya dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk sudu dan sudu datar. Daya dan efisiensi turbin maksimum terjadi pada sudu busur sebesar 4,699 Watt dan 29,659%, kemudian menurun pada sudu mangkuk dengan nilai daya dan efisiensi sebesar 4,508 Watt dan 28,457%. Sedangkan daya dan efisiensi turbin terendah terjadi pada sudu datar dengan nilai daya dan efisiensi sebesar 3,080 Watt dan 19,439% [3].

Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dilakukan pada turbin aliran air tipe poros vertikal dengan proses simulasi Computation Fluid Dynamic (CFD) dan secara eksperimental. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi gaya yang disebabkan oleh perubahan jumlah sudu dan rasio aspek turbin serta menganalisis pengaruh riak torsi yang terjadi. Hasil yang diperoleh berdasarkan analisis eksperimental yaitu penambahan jumlah sudu akan meningkatkan rpm turbin. Sedangkan dari hasil simulasi, fluktuasi gaya yang dihasilkan turbin dengan jumlah sudu yang lebih sedikit memiliki fluktuasi yang lebih rendah. Efisiensi turbin terbaik yang dihasilkan oleh turbin tersebut adalah 54,6% [4].

Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dilakukan pada turbin air aliran silang poros vertikal menggunakan bilah heliks. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendemonstrasikan kemampuan turbin air dengan heliks blade dalam mengekstraksi daya yang berguna dari aliran air. Dari studi eksperimental pada prototipe didapatkan efisiensi turbin sebesar 17% dan daya maksimum yang dihasilkan sebesar 17,98 watt pada kecepatan aliran 1,2 m / s [5].

Penelitian dan pengembangan selanjutnya dilakukan dalam pembuatan prototipe turbin kinetik (double runner). Penelitian ini juga didasarkan pada teori kecepatan segitiga, yaitu turbin kinetik roda ganda yang mengadopsi kincir air pocelet dan akan mendapat perhatian khusus terutama Sudut sudu turbin, sudut datang aliran air roda turbin dan jumlah sudu yang akan mendapatkan kecepatan tumbukan (kinetik) aliran air masuk ke dalam turbin. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan memvariasikan sudut sudu turbin, sudut datangnya aliran air pada roda turbin dan jumlah sudu yang akan mendapat benturan air sehingga didapat

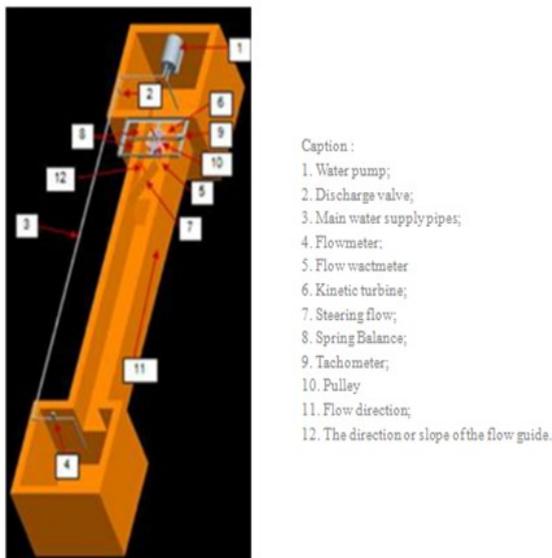
desain turbin yang optimal. Dari hasil penelitian awal didapatkan bahwa prototipe turbin kinetik menghasilkan daya maksimum 134 Watt dengan debit 1 liter per detik dan kecepatan aliran 2 m / detik [6].

Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dilakukan pada turbin kinetik sumbu vertikal dengan daya yang dihasilkan 5 kW yang stabil, memuncak dengan efisiensi rotor lebih dari 35% dan menghasilkan listrik secara konsisten. Teknologi ini terbukti serbaguna baik di musim panas maupun musim dingin. Keuntungan dari turbin sumbu vertikal adalah kemampuannya untuk menghindari benturan dan meminimalkan kerusakan yang signifikan pada rotor serta dapat mempertahankan keluaran tenaga di berbagai musim, sehingga menunjukkan daya tahan dan keandalan. Dukungan hidrofoil adalah yang terbaik karena kontribusinya paling sedikit terhadap dinamika rotor. Dengan dukungan lengan turbin mampu beroperasi pada arus dengan kecepatan 2 m / s, yang bertentangan dengan beberapa literatur yang tercantum pada turbin Darrieus yang tidak dapat menyala ketika jaringan terhubung. Selama musim dingin tahun 2008, semua peralatan penelitian dibungkus dengan es bersama dengan turbin selama seminggu. Keadaan ini membuktikan akan membahayakan peralatan sehingga es dibersihkan secara teratur. Teknologi ini tidak akan layak untuk dioperasikan jika tidak ada pemeliharaan selama musim dingin. Unit pendukung struktural yang baik dirancang untuk membekukan turbin penempatan dalam posisi terendam jika pertimbangan desain dibuat untuk mengurangi masalah kinerja turbin. Jika ditempatkan di permukaan, unit turbin kinetik dengan poros vertikal masih memerlukan perlindungan agar tetap terpasang sepanjang tahun [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen nyata pada skala laboratorium yaitu menguji perlakuan variasi pemasangan pengarah dan kelengkungan sudu rotor terhadap unjuk kerja turbin kinetik, pada berbagai variasi kecepatan aliran air kemudian membandingkannya untuk mendapatkan pola kejadian yang saling berhubungan. Dengan demikian, dapat diketahui besarnya kelengkungan sudu rotor pada kecepatan aliran air tertentu yang menghasilkan unjuk kerja yang maksimal. Prototipe turbin kinetik ditempatkan diantara pompa air dan pengontrol aliran sehingga mudah terkena air, kemudian turbin kinetik akan berputar bila ada sejumlah

air yang mengenai bilah turbin dengan kecepatan aliran tertentu. Pengambilan data dimulai saat turbin kinetik berputar stabil dan dapat menyalakan beberapa lampu LED. Setiap pengambilan variabel penelitian diulang sebanyak lima kali untuk mendapatkan nilai rata-rata. Data yang akan diambil adalah putaran rotor (rpm), tegangan generator listrik (Volt) dan arus listrik kuat (Ampere). Instrumentasi penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Bagan penelitian menggunakan turbin kinetic.

Persamaan, Rumus dan Kode

a) Daya Turbin Kinetik

Turbin kinetik hanya memanfaatkan aliran air atau kecepatan arus sungai (saluran irigasi), energi air yang tersedia merupakan energi kinetik seperti pada persamaan 1 yakni :

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$$\dot{m} = \rho \cdot Q, Q = v \cdot A \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju aliran massa air (kg/s).

ρ = massa jenis air (kg/m³).

A = Luasan pengarah saluran menumbuk sudu turbin (m²).

v = Kecepatan aliran (m/s).

Q = Debit air (m³/detik)

b) Daya Air

Sedangkan Daya air yang mengalir pada suatu penampang tertentu untuk perhitungannya dipergunakan persamaan di bawah ini :

Dimana $E_a = P_a$

$$m = \rho \cdot v \dots\dots\dots$$

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

Dimana :

P_a = Daya air (Watt).

ρ = Massa jenis air (kg/m³).

A = Luasan pengarah saluran air menumbuk sudu turbin (m²).

v = Kecepatan aliran (m/s).

c) Daya Turbin

Untuk menghitung besar daya turbin yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik maka dipergunakan persamaan 4 di bawah ini :

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots(4)$$

Sehingga :

$$T = F_t \cdot R \dots\dots\dots (5)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

P_t = Daya turbin (Watt).

F_t = Gaya tangensial (N).

R = Jari-jari pully (m).

T = Torsi (Nm).

ω = Kecepatan sudut (Radian/detik).

n = Putaran poros atau roda turbin (rpm).

d) Efisiensi Turbin Kinetik

Efisiensi turbin kinetik ditentukan oleh perbandingan antara energi air yang masuk dan besarnya energi yang dihasilkan turbin kinetik seperti pada persamaan 7 di bawah ini :

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

η = efisiensi (%)

P_t = daya turbin (Watt)

P_a = daya air (Watt)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, tenaga air, torsi, daya turbin dan efisiensi kedua sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (tanpa menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	65	73	86	98	110
Torque (N. m)	0.098	0.343	0.735	1,27	2,15
Power of water (W)	13,24	31,40	61,32	105,97	168,28
Power of turbine (W)	0,667	2,623	6,621	13,08	24,84
Efficiency (%)	5,04	8,39	10,79	12,34	14,76

Tabel 2. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, tenaga air, torsi, daya turbin dan efisiensi ketiga sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (tanpa menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	69	83	91	108	125
Torque (N. m)	0,137	0,465	0,956	1,520	2,40
Power of water (W)	13,24	31,40	61,32	105,97	168,28
Power turbine (W)	0,991	4,047	9,109	17,187	31,44
Efficiency (%)	7,49	12,89	14,84	16,21	18,68

Tabel 3. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, tenaga air, torsi, daya turbin dan efisiensi keempat sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (tanpa menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	89	97	112	119	136
Torque (N. m)	0,147	0,490	0,971	1,971	2,648
Power of water (W)	13,24	31,40	61,32	105,975	168,284
Power turbine (W)	1,370	4,979	11,384	21,382	37,701
Efficiency (%)	10,33	15,85	18,56	20,17	22,40

Tabel 4. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, tenaga air, torsi, daya turbin dan efisiensi kedua sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (Menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	67	78	89	102	121
Torque (N. m)	0,132	0,367	0,784	1,324	2,187
Power of water (Watt)	13,24	31,40	61,32	105,975	168,284
Power of turbine (W)	0,925	3,003	7,310	14,132	27,69
Efficiency (%)	6,90	9,56	11,92	13,33	16,45

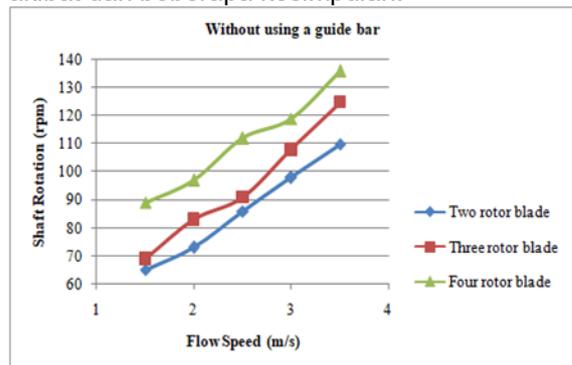
Tabel 5. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, tenaga air, torsi, daya turbin dan efisiensi ketiga sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (Menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	78	88	98	115	131
Torque (N. m)	0,147	0,4905	0,981	1,618	2,550
Power of water (W)	13,24	31,40	61,32	105,975	168,284
Power turbine (W)	1,200	4,517	10,062	19,482	34,972
Efficiency (%)	9,06	14,38	16,40	18,38	20,78

Tabel 6. Hasil pengolahan data berupa putaran poros, daya air, torsi, daya turbin dan efisiensi keempat sudu rotor pada berbagai variasi kecepatan aliran (Menggunakan bilah pengarah).

Variable	1,5 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s
Rotation (rpm)	94	104	116	125	142
Torque (N. m)	0,1716	0,539	1,030	1,863	2,893
Power of water (W)	13,24	31,40	61,32	105,975	168,284
Power turbine (W)	1,688	5,870	12,505	24,386	42,997
Efficiency (%)	12,75	18,69	20,39	23,01	25,55

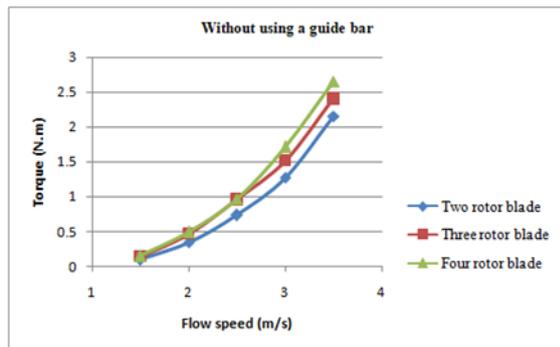
Hasil dan pembahasan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga berdasarkan trend pada grafik akan terlihat hubungan sebab akibat dan beberapa kesimpulan.



Gambar 2. Hubungan antara kecepatan aliran Vs putaran yang dihasilkan turbin

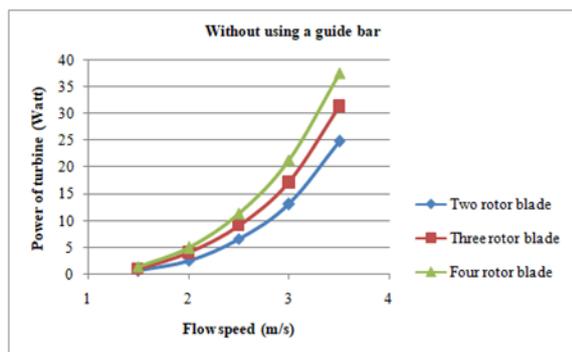
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa putaran (rpm) akan meningkat secara linier dengan penambahan kecepatan aliran (m / s) pada ketiga variasi jumlah sudu rotor. Besarnya kenaikan nilai putaran ditentukan oleh massa jenis air (kg / m³) dan aliran air (m³ / s) yang diterima oleh sudu rotor. Rotor dengan jumlah empat bilah memiliki nilai putaran tertinggi 136 rpm, diikuti oleh rotor dengan jumlah tiga bilah dan dua bilah yaitu 125 rpm 110 rpm dan kesemuanya terjadi pada kecepatan aliran maksimum 3,5 m / s. Nilai putaran juga

ditentukan oleh kecepatan sudut (rad / s) dan torsi (N M) yang dihasilkan oleh turbin air.



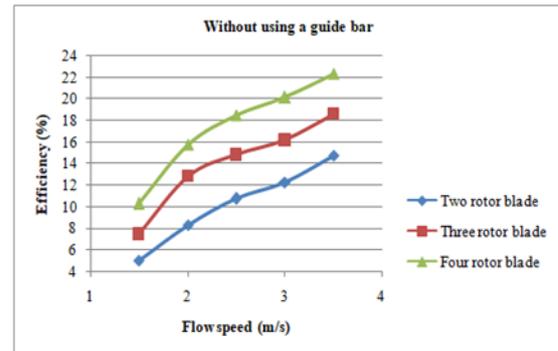
Gambar 3. Hubungan antara kecepatan aliran Vs torsi

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai torsi (N.m) meningkat secara linier dengan penambahan kecepatan aliran (m / s) yang diberikan pada ketiga variasi jumlah sudu rotor. Besarnya kenaikan nilai torsi sangat ditentukan oleh besarnya beban yang diterima oleh rotor turbin dan juga besarnya massa air yang diterima oleh sudu rotor turbin. Semakin besar jumlah bilah rotor maka semakin besar pula nilai torsi yang dihasilkan. Rotor empat bilah menghasilkan torsi tertinggi 2.648 N. m, diikuti oleh tiga bilah dan rotor dua bilah, yaitu 2.403 N. m dan 2.158 N. m, semuanya terjadi pada kecepatan aliran maksimum 3,5 m / s.



Gambar 4. Hubungan antara kecepatan aliran Vs daya turbin

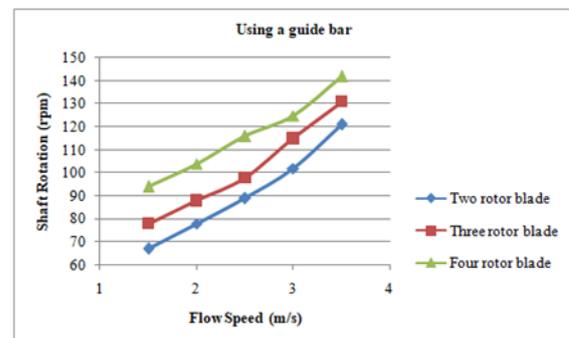
Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa daya turbin meningkat secara signifikan pada berbagai variasi jumlah sudu rotor dengan penambahan kecepatan aliran yang diberikan. Besarnya kenaikan nilai daya turbin ditentukan oleh torsi, kecepatan sudut, nilai putaran dan jumlah bilah rotor. Rotor empat bilah menghasilkan daya turbin terbesar, 37,701 Watt, disusul rotor tiga dan dua bilah, yakni 31,44 Watt dan 24,84 Watt. Daya turbin tertinggi terjadi pada laju aliran 3,5 m / s yang merupakan kecepatan aliran tertinggi yang diberikan.



Gambar 5. Hubungan antara kecepatan aliran Vs efisiensi

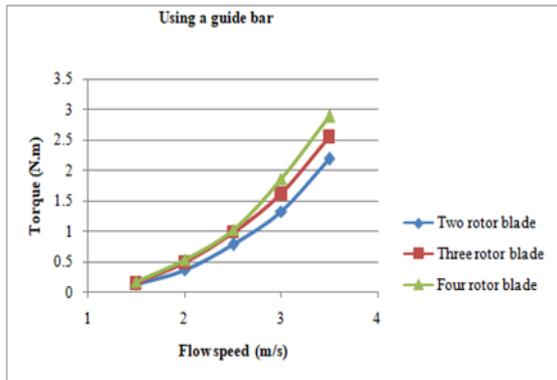
Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa efisiensi meningkat secara linier dengan penambahan nilai kecepatan aliran yang diberikan. Besarnya efisiensi sangat dipengaruhi oleh nilai putaran, kecepatan sudut, torsi dan daya yang dihasilkan oleh turbin. Rotor empat bilah menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 22,403%, diikuti oleh tiga dan dua bilah yaitu 18,68% dan 14,76%. Efisiensi tertinggi dalam variasi jumlah bilah rotor terjadi pada laju aliran 3,5 m / s.

Hasil dan pembahasan (menggunakan bilah arah) dapat ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga berdasarkan tren pada grafik Anda akan melihat hubungan sebab akibat dan beberapa kesimpulan.



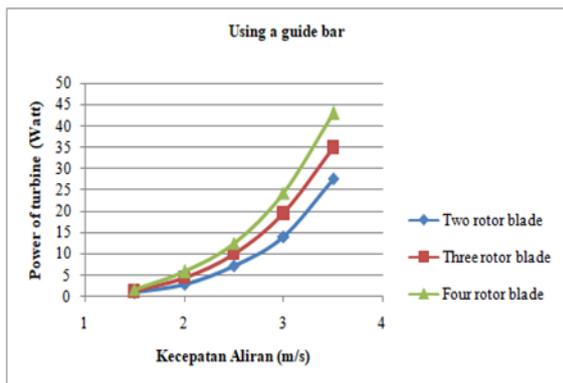
Gambar 6. Hubungan antara kecepatan aliran Vs putaran yang dihasilkan turbin

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa putaran (rpm) akan meningkat secara linier dengan penambahan kecepatan aliran (m / s) pada ketiga variasi jumlah sudu rotor. Besarnya kenaikan nilai putaran ditentukan oleh besarnya massa air (kg) dan debit air (m³ / s) yang diterima oleh sudu rotor. Rotor empat bilah menghasilkan putaran poros tertinggi pada 142 rpm, diikuti oleh rotor tiga dan dua bilah, yang semuanya terjadi pada kecepatan aliran maksimum 3,5 m / s. Nilai putaran juga ditentukan oleh kecepatan sudut (rad / s) dan torsi (N M) yang dihasilkan oleh turbin air.



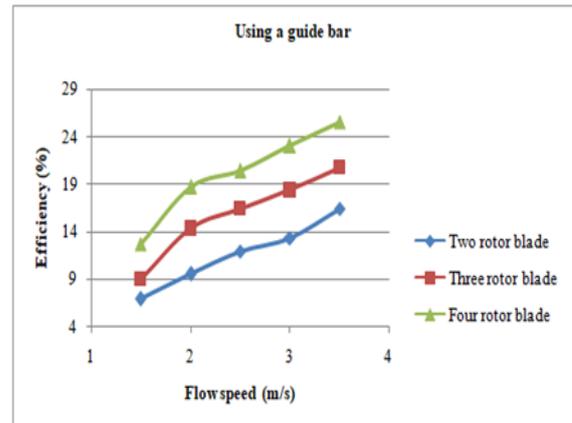
Gambar 7. Hubungan antara kecepatan aliran Vs torsi

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai torsi (N.m) meningkat secara linier seiring dengan peningkatan kecepatan aliran (m / s) yang diberikan pada ketiga variasi jumlah sudu rotor. Besarnya kenaikan nilai torsi sangat ditentukan oleh besarnya beban yang diterima oleh rotor turbin dan juga besarnya massa air yang diterima oleh sudu rotor turbin. Semakin besar jumlah bilah rotor maka semakin besar pula nilai torsi yang dihasilkan. Rotor empat bilah menghasilkan torsi tertinggi yaitu 2,893 N. m, kemudian diikuti oleh rotor tiga dan dua bilah yaitu 2,55 N. m dan 2,187 N. m yang semuanya terjadi pada kecepatan aliran maksimum 3,5 m / s.



Gambar 8. Hubungan Kecepatan Aliran Vs Daya Turbin

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa daya turbin meningkat secara signifikan pada berbagai variasi jumlah sudu rotor dengan penambahan kecepatan aliran yang diberikan. Besarnya kenaikan nilai daya turbin ditentukan oleh torsi, kecepatan sudut, nilai putaran dan jumlah bilah rotor. Rotor empat bilah menghasilkan daya turbin terbesar yaitu 42,997 Watt, kemudian didukung oleh rotor tiga dan dua bilah yaitu 34,972 Watt dan 14,132 Watt. Daya turbin tertinggi terjadi pada laju aliran 3,5 m / s yang merupakan kecepatan tertinggi pada setiap variasi jumlah sudu rotor.



Gambar 9. Hubungan antara kecepatan aliran Vs efisiensi

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa efisiensi meningkat secara linier dengan penambahan nilai kecepatan aliran yang diberikan. Besarnya efisiensi sangat dipengaruhi oleh nilai putaran, kecepatan sudut, torsi dan daya yang dihasilkan oleh turbin. Rotor empat bilah menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu 25,55 diikuti oleh rotor tiga dan dua bilah yaitu 20,78% dan 16,45%. Efisiensi tertinggi terjadi pada kecepatan aliran 3,5 m / s pada setiap variasi kecepatan aliran.

Jika dibandingkan dengan grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa dengan pemasangan bilah kemudi terjadi peningkatan putaran poros, torsi, daya turbin dan efisiensi. Hal ini terjadi karena besarnya aliran massa yang langsung mengenai bagian cekung sudu rotor tanpa mengenai bagian cembung, sehingga otomatis bertambah.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada turbin yang tidak menggunakan sudu pemandu, rotor empat sudu menghasilkan nilai efisiensi paling tinggi yaitu 22,403%, kemudian rotor tiga sudu menghasilkan nilai efisiensi 118,68% dan nilai efisiensi terendah terjadi pada keduanya. -blade rotor yaitu 14.76 dimana efisiensi tertinggi terjadi pada laju alir maksimum 3.5 m / s.
2. Pada turbin yang menggunakan sudu pemandu, rotor empat sudu menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 25,55%, selanjutnya rotor tiga sudu menghasilkan nilai efisiensi 20,78% dan nilai efisiensi terendah terjadi pada dua sudu. rotor yaitu 16,45 dimana efisiensi tertinggi terjadi pada kecepatan aliran maksimum 3,5 m / s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar; W. 2004. Penggerak Mula Turbin, Edisi Ketiga ITB, Bandung.
- [2] Ariadi; H. Nugroho; R. 2011. Studi Numerik dan Eksperimental performansi Turbin Arus Air Tipe Vertikal Aksis Dengan Variasi Jumlah Blade dan efek Aspect Ratio, Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industry, ITS-Undergraduate-16411-paper-pdf.
- [3] Eric; B. Shamez, K. John, W. Tom; M. Clayton; Bear. 2009. Operating A 5-kW Grid-Connected Hydrokinetic Turbine Ariven In Cold Climates.
- [4] Pietesz; R. 2013. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.3 Tahun 2013: 220-226. ISSN 0216-468X.
- [5] Soenoko; R. 2010 Optimasi Unjuk Kerja Turbin Kinetik Roda Ganda Sebagai Pembangkit Listrik Pedesaan,.Laporan hibah penelitian strategis nasional tahun anggaran 2010.
- [6] Santoso; D. Yanto dan Marwani, 2011. Studi Eksperimental Pada Turbin Air Aliran Lintang Yang Menggunakan Sudu Helical Dengan Penampang Airfoil. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 Palembang, 26-27 oktober 2011. ISBN : 979-587-395-4.
- [6] Yani. A; Mihdar; Erianto. R; 2016. Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik. Jurnal TURBO Vol. 5 No. 1. 2016. p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X.