

KAJIAN EKSPERIMENTAL KINERJA BLOWER ANGIN SENTRIFUGAL YANG DIGUNAKAN SEBAGAI TURBIN AIR

Aditya Yoga Pratama

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

aditya.yp1011@gmail.com

INTISARI

Potensi energi piko hidro yang ada di Indonesia hingga saat ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Hal ini dikarenakan adanya beberapa kendala seperti tidak adanya turbin skala piko di pasaran juga kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai turbin air. Pemanfaatan energi piko hidro menjadi energi mekanik dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti pembuatan kincir air maupun pembuatan turbin air. Pemanfaatan energi piko hidro menggunakan turbin harus mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya, namun untuk menghasilkan efisiensi tinggi menjadi tantangan dalam pengembangannya. Blower angin sentrifugal yang dimodifikasi untuk difungsikan sebagai turbin air diharapkan dapat menjadi alternatif dalam pengembangan turbin air skala piko.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa modifikasi pada blower angin, sehingga dapat digunakan untuk memanfaatkan energi piko hidro yang ada. Beberapa modifikasi yang dilakukan meliputi: melepas motor penggerak, pembuatan poros, membalik dan memotong penguat sudu pada *impeller*, juga membuat penutup pada lubang pada dan pemasangan *seal bearing* pada *spiral case*. Pengambilan data peformansi turbin menggunakan *dynamo* meter sabuk rem dengan variasi bukaan katup untuk besar debit suplai turbin. Besar variasi bukaan katup meliputi 1/3, 1/2, 3/4 dan 1 (putaran). Parameter yang diambil dari penelitian ini adalah besar debit yang digunakan, besar gaya pada pada turbin, juga kecepatan putar poros turbin. Dari parameter tersebut dapat dihitung besar torsi dan daya yang dihasilkan untuk mengetahui performansi turbin.

Dari hasil modifikasi dari blower angin, turbin ini dapat bekerja dengan efisiensi sebesar 25,395%. Pengambilan data performansi turbin dilakukan di Mbelik (pemandian mata air) di Tempuran, Kasihan, Bantul yang memiliki tinggi jatuh air (*head*) 3 meter. Daya maksimal yang dapat dihasilkan turbin ini yaitu sebesar 27,894 Watt pada debit (Q) = 223,942 Lpm dengan kecepatan putar (n) = 370 rpm.

Kata kunci : *Turbin Air, Blower Sentrifugal, Efisiensi, Daya*

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik sudah menjadi cerminan pembangunan setiap negara. Energi listrik merupakan kebutuhan primer dan telah hampir menyamai tingkat kebutuhan terhadap sandang, pangan dan papan. Hal ini disebabkan oleh pesatnya teknologi yang beroperasi menggunakan energi listrik. Karenanya, setiap negara berlomba untuk membangun pembangkit

tenaga listrik yang sesuai kondisi geografis dan sumber daya alam yang tersedia. Indonesia sebagai negara yang berada pada garis khatulistiwa dan beriklim tropis memiliki cadangan hutan yang berlimpah yang menyediakan mata air/sumber air yang membentuk danau, dan sungai yang mengalirkan air sepanjang tahun. Kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan

berbukit membuat aliran air memiliki tinggi jatuh air rendah namun berkapasitas debit sedang. Jadi, pengembangan turbin dengan *head* rendah (*low head*) atau *head* sangat rendah (*ultra low head*) sangat cocok dikembangkan di Indonesia. Hal tersebut merupakan sumber energi potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH).

Komposisi penggunaan energi di Indonesia masih sangat didominasi energi yang berasal dari fosil, yaitu sebanyak 95%. Dan energi air (hydropower) masih hanya menyumbang 3,4%. Sementara potensi energi air di Indonesia cukup besar. Energi air kapasitas besar memiliki potensi 75,67GW sementara yang sudah dimanfaatkan sebesar 4,2 GW atau hanya 5,55%. Energi air kapasitas kecil mempunyai potensi 458,75 MW, sementara yang sudah dimanfaatkan 86 MW atau hanya 17,22% (Ambarita, 2011). Pemandian mata air belik yang berada di Tempuran, Kasihan, Bantul adalah salah satu contoh potensi tenaga air yang masih belum dimanfaatkan. Kondisi terjunan air setinggi 3 meter dengan air yang tak pernah kering meskipun musim kemarau sangat memungkinkan di gunakan sebagai pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH). Hal ini dapat membantu program pemerintah untuk pemanfaatan energi terbarukan dalam peraturan presiden (Perpres) No. 4 Tahun 2016 tentang

percepatan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan, yang baru saja diteken pada akhir Januari lalu.

Beberapa keunggulan pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLPH) adalah terjaminnya ketersediaan listrik tanpa batasan waktu selama intensitas aliran air dapat dipertahankan sesuai kebutuhan turbin/pembangkit, juga tidak menimbulkan polusi sehingga aman bagi lingkungan. Turbin air merupakan salah satu mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, dan dapat dikonversikan lagi menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Namun pembuatan turbin yang merupakan peralatan vital dalam pembangkit listrik tenaga air cukup rumit dan mahal. Kendala lain yang dihadapi masyarakat untuk memanfaatkan potensi energi air adalah mahalnya turbin skala piko di pasaran, juga pengetahuan masyarakat tentang teknologi turbin air yang sangat rendah. Oleh karena itu, perlu dimanfaatkan teknologi lain yang lebih praktis dan murah yang dapat diterapkan untuk mengolah potensi energi air. Dari permasalahan di atas dapat digunakan sebagai rujukan dalam pengembangan jenis turbin air yang dapat beroperasi maksimal, pada *head* sangat rendah dengan kapasitas debit sedang.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi dalam pengembangan turbin skala piko meliputi besar biaya dan mudahnya dalam konstruksi, instalasi, dan perawatan turbin.

Mesin-mesin fluida dapat dirubah penggunaannya dengan cara membalik *input* dan *output* energi pada alat tersebut. Pengubahan penggunaan mesin-mesin fluida tersebut harus disesuaikan lagi agar dapat digunakan secara maksimal. Hal ini menjadi rujukan pada penelitian ini untuk mengubah blower angin agar dapat digunakan sebagai turbin air. Namun belum adanya penelitian yang menggunakan blower angin sentrifugal sebagai turbin air menjadi dasar dari penelitian ini. Melihat dari bentuk dan cara kerja blower angin sentrifugal yang mirip dengan pompa air sentrifugal, diharapkan dapat menekan biaya dalam pembuatan turbin. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji kinerja turbin air hasil modifikasi dari blower angin sentrifugal untuk pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH). Diharapkan hasil kajian ini dapat menjadi alternatif kelangkaan turbin air skala piko di pasaran sekaligus mendorong pemanfaatan potensi energi air yang lebih baik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini untuk menyelidiki kemampuan blower angin sentrifugal yang digunakan sebagai turbin air dan mengkaji kinerja yang dihasilkan. Hal ini ditujukan untuk memanfaatkan banyaknya potensi energi air yang ada.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Uji coba yang dilakukan dengan mengabaikan besar rugi-rugi gesekan.
2. Tinggi terjunan (*head*) diasumsikan konstan = 3 meter.
3. Modifikasi pada blower tidak dalam bentuk perhitungan dan desain ulang.

4. Hasil dari pengujian tidak dalam bentuk daya listrik (daya poros turbin).

1.4. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Memodifikasi pada blower angin sentrifugal agar dapat digunakan sebagai turbin air.
2. Mengkaji besar kinerja yang dihasilkan dari turbin air.

1.5. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Dapat menjadi alternatif kelangkaan turbin air skala piko di pasaran.
2. Mendorong pemanfaatan potensi energi air yang ada.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian tentang turbin air skala piko, dengan menggunakan pompa air yang digunakan sebagai turbin air. Variasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah *head* dan beban mekanik (Suwoto, 2012). Dari penelitian ini menghasilkan efisiensi sebesar 21,98% dengan daya yang dihasilkan sebesar 144,876 watt pada $n = 1315$ rpm, $Q = 204$ lpm, dan $H = 23$ meter. Beberapa modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: merubah sudut,

memperlebar, dan memperbanyak jumlah sudu pada impelernya. Penelitian ini menggunakan bantuan pompa yang dirangkai secara seri dan paralel sebagai inputnya.

Situmorang dkk (2014) juga melakukan penelitian yang serupa dengan menggunakan pompa air Type Ps -128 BIT. Daya maksimum yang dihasilkan sebesar 12 watt pada $Q = 37$ lpm, $H = 18$ meter, dan $n = 1080$ rpm. Penelitian ini menggunakan variasi *head* dan debit sebagai variasi pada pengambilan data. Pemanfaatan 4 buah pompa yang dirangkai secara seri dan paralel digunakan untuk menggerakkan turbin dan mendapatkan variasi input data tersebut.

Penelitian yang dilakukan untuk mengkaji perbandingan 2 pompa air yang digunakan sebagai turbin air juga telah dilakukan oleh Francesco (2016). Variasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah debit dan *head* air. Hasil penelitian pada pengujian satu turbin menunjukkan bahwa daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 40 Watt berada pada $Q = 246,67$ lpm, $H = 39$ meter, dan $n = 2899,8$ rpm, dengan Efisiensi maksimum yang dihasilkan sebesar 2,54%.

2.2. Dasar Teori.

Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH)

Sistem tenaga piko hydro merupakan pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan pembangkit listrik maksimum 5 kW dan biasanya ditemukan di daerah pedesaan dan perbukitan (Zainuddin dkk, 2009). Piko hidro memiliki 3 komponen utama (Nugraha dkk, 2013), yaitu :

- a. Aliran air, merupakan komponen utama yang digunakan untuk menggerakkan turbin.
- b. Turbin, merupakan komponen yang mengubah energi potensial pada air menjadi daya mekanikal.

Generator, merupakan suatu mesin yang mampu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

2.1.1. Turbin Air

Turbin merupakan mesin penggerak, dimana fluida yang digunakan langsung untuk memutar turbin. Bagian roda turbin yang berputar dinamakan *rotor (runner)* atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan (*stator*) atau rumah turbin. Poros diikat pada roda turbin, digunakan untuk memutar *generator* listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya (beban). Roda turbin dapat berputar karena adanya gaya yang bekerja pada sudu, gaya tersebut timbul karena terjadi momentum dari pancaran air kerja yang keluar dari nosel (turbin *Implus*) atau aliran air mengalir diantara sudu, sehingga akan terjadi perubahan tekan diantara sudu. Fluida kerja tersebut mengalami proses penurunan tekanan dan mengalir secara kontinu. Fluida kerja itu dapat berupa aliran air, uap air, atau gas. Jika fluida yang digunakan air maka disebut turbin air (Arismunandar, 1997).

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat

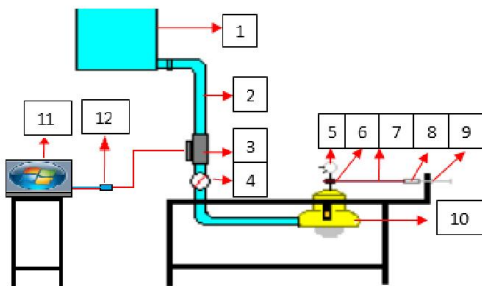
3.1.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

➤ Air

3.1.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada skema alat uji di bawah ini :



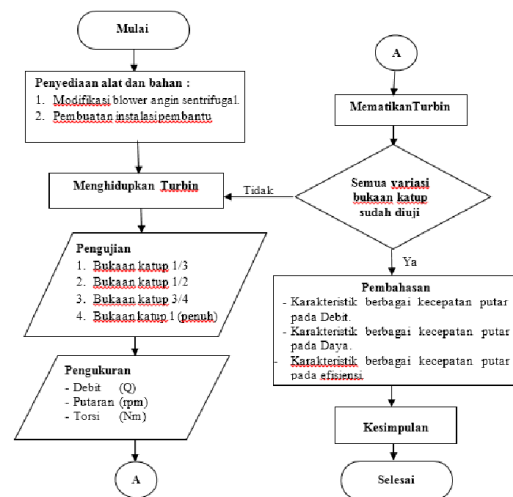
Gambar 3.1 Skema alat uji daya dan torsi.

Keterangan gambar :

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. Suplai air | 7. Sabuk Rem |
| 2. Instalasi pipa | 8. Timbangan digital |
| 3. <i>liquid flow</i> | 9. Baut Pengatur Beban |
| 4. <i>Stop valve</i> | 10. Turbin |
| 5. <i>Tacho meter</i> | 11. Laptop |
| 6. <i>Pully</i> | 12. Driver Arduino |
| 13. Stop watch | 13. Metran |

3.2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai mana ditunjukkan pada diagram alir berikut :



Gambar 3.14 Flow chart Pengujian Daya dan Efisiensi.

Gambar 3.14 Flow chart Pengujian Daya dan Efisiensi.

3.3. Persiapan Modifikasi

Langkah – langkah yang dilakukan agar blower angin dapat digunakan sebagai turbin air adalah sebagai berikut.:

1. Melepas motor listrik penggerak pada blower angin. Hal ini dimaksudkan untuk memaksimalkan kinerja pada turbin tersebut.
2. Membalik posisi *impeller* dan memotong penguat pada tiap sudu. Karena sudut sudu pada blower bersifat sentrifugal (membuang *fluida* udara dari tengah *impeller* ke sisi *impeller*), dalam penggunaan sebagai turbin fungsi kerjanya dibalik menjadi sentripetal.
3. Pembuatan poros baru dilakukan karena panjang poros yang dibutuhkan pada saat *impeller* dibalik berbeda. juga untuk penambahan dudukan *seal bearing* dan

pemasangan *pully* sebagai bagian pengujian torsi

4. Membuat penutup lubang motor penggerak dengan tambahan pengarah air berbentuk kerucut yang menghadap keluar.
5. Pemasangan *seal bearing* pompa air Panasonic 125 untuk mengurangi kebocoran dan pemasangan *pully*.

3.4. Parameter Yang Digunakan Dalam Perhitungan

Parameter perhitungan yang digunakan adalah :

1. Debit (Q) terukur pada hasil percobaan.
2. Putaran (rpm) terukur pada hasil percobaan.
3. Torsi mesin (T) terukur pada hasil percobaan.
4. Daya mesin (P) terhitung dari hasil percobaan.
5. Efisiensi (μ) terhitung dari hasil percobaan

3.5. Metode Pengujian

Percobaan yang akan dilakukan adalah dengan variasi penggunaan bukaan katup pada saluran intake alat konversi, yaitu turbin air dengan konsep perbedaan kapasitas debit. Debit yang digunakan akan divariasikan dengan 4 macam kapasitas debit berbeda. Namun dengan menggunakan tinggi terjunan (*head*) yang sama dan interval waktu yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Data Pengamatan

Berdasarkan data yang diperoleh melalui pengujian maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Besar Daya Hidrolik (P_{ht})

Daya hidrolik adalah daya yang dimiliki oleh air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang rendah, dapat dicari dengan persamaan (3.1).

$$P_{ht} = \rho \times g \times Q \times H$$

Diketahui :

$$\text{Densitas air } (\rho) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Percepatan gravitasi } (g) = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$\text{Debit air } (Q) = 223,942 \text{ lpm} = 0,00373 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Tinggi jatuh air } (H) = 3 \text{ meter}$$

$$P_{ht} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/dt}^2 \times 0,00373 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3 \text{ m}$$

$$P_{ht} = 109,84 \text{ Watt}$$

Jadi, daya yang dihasilkan oleh hidrolik air adalah sebesar 109,84 Watt

2. Besar Daya Mekanik (P_m)

Daya Mekanik adalah daya yang dihasilkan oleh poros turbin, didapat dengan persamaan (3.2).

$$P_m = \frac{2 \times \pi \times n}{60} T$$

Diketahui :

$$\text{Brake Band Force (BBF)} = 2,67 \text{ kgf} = 26,192 \text{ Newton}$$

$$\text{Kecepatan putaran } (n) = 370 \text{ rpm}$$

$$\text{Diameter dalam } (r) = 2,75 \text{ cm} = 0,0275 \text{ meter}$$

Dimana torsi (T) didapat dari persamaan 2.5.

$$T = \text{BBF} \times r$$

$$= 26,192 \text{ N} \times 0,0275 \text{ m} = 0,72 \text{ N.m}$$

$$P_m = \frac{2 \cdot \pi \times 370 \text{ rpm}}{60} \times 0,72 \text{ Nm} = 27,895 \text{ Watt}$$

Maka, daya yang dihasilkan oleh turbin adalah sebesar 27,895 Watt

3. Efisiensi Turbin (η_t)

Efisiensi turbin merupakan perbandingan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin dengan daya hidrolik yang digunakan untuk menggerakkan turbin, dapat dihitung dengan persamaan (3.3).

$$\eta_t = \frac{P_m}{P_{ht}} \times 100\%$$

Diketahui :

$$\text{Daya Hidrolik } (P_{ht}) = 109,84 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya Mekanik } (P_m) = 27,895 \text{ Watt}$$

$$\eta_t = \frac{27,895}{109,84} \times 100\% = 25,359 \%$$

Jadi, Efisiensi yang dihasilkan oleh turbin adalah sebesar 25,359 %

Data yang diperoleh dari perhitungan di atas, disajikan dalam tabel 4.2 berikut ini :

Table 4.2 Data hasil perhitungan

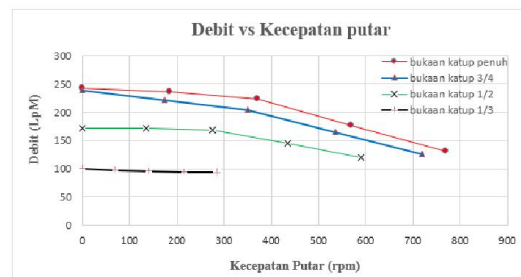
Variasi bukaan katup	Debit (Lpm)	Kecepatan Putar (rpm)	BBF (N)	Torsi (Nm)	Daya Mekanis (Watt)	Daya Air (Watt)	Efisiensi (%)
Penuh (1)	130,289	770	0,176	0,005	0,403	63,91	0,29
	176,835	570	13,341	0,367	21,895	86,74	12,30
	223,943	370	26,192	0,72	27,883	109,84	12,72
	235,719	185	36,198	0,995	19,267	115,62	8,39
	242,449	0	46,205	1,271	0	118,92	0
3/4	125,803	720	0,176	0,005	0,377	61,71	0,28
	165,059	535	9,613	0,264	14,783	80,96	8,81
	204,315	350	18,344	0,504	18,463	100,22	9,14
	221,699	175	27,664	0,761	13,939	108,74	6,42
	238,523	0	37,081	1,02	0	116,99	0
1/2	120,195	590	0,176	0,005	0,309	58,95	0,24
	144,309	435	4,218	0,116	5,281	70,78	3,53
	168,423	275	7,946	0,219	6,304	82,61	3,69
	171,227	135	12,949	0,356	5,03	83,98	2,91
	172,349	0	17,952	0,494	0	84,53	0
1/3	93,837	285	0,176	0,005	0,149	46,03	0,14
	94,3978	215	3,531	0,097	2,183	63,91	2,06
	95,5194	140	3,924	0,108	1,583	86,74	1,48
	97,7626	70	4,61	0,127	0,93	109,84	0,58
	100,567	0	5,689	0,156	0	115,62	0

4.2. Pembahasan

4.3.

Berdasarkan data yang diperoleh serta perhitungan yang telah dilakukan, dapat dibuat beberapa grafik yang terdiri atas 4 tipikal dari variasi bukaan katup. Besar bukaan katup akan mempengaruhi debit air yang digunakan untuk menyuplai turbin. Pada tipikal 1 merupakan variasi bukaan katup penuh yang diperlihatkan pada garis berwarna merah dengan marker (O). Tipikal 2 untuk bukaan katup $\frac{3}{4}$ putaran dengan warna biru ber-marker (Δ), tipikal 3 dengan warna hijau dengan marker [X] untuk bukaan katup $\frac{1}{2}$ putaran, dan tipikal 4 dengan warna hitam dengan marker [+] untuk bukaan $\frac{1}{3}$ putaran.

4.3.1. Hubungan Kecepatan Putar dengan Debit

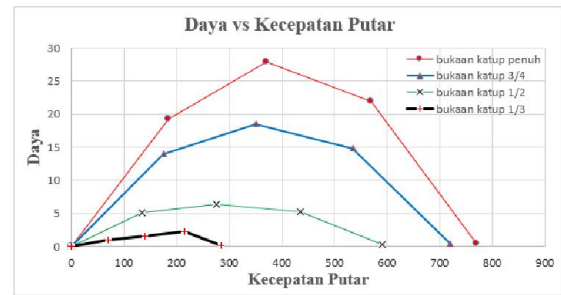


Hubungan kecepatan putar dengan debit pada gambar 4.2 memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan putar pada turbin maka debit yang mengalir akan semakin mengecil. Seperti yang terlihat pada tipikal I saat bukaan katup penuh, pada putaran tertinggi sebesar 770 rpm debit yang mengalir hanya 130,289 Lpm. Namun saat dibebani hingga turbin berhenti (0 rpm),

debit yang mengalir meningkat menjadi 242,449 Lpm. Hal ini sama seperti kurva karakteristik turbin *francis* untuk kecepatan pada *head* satuan. Seperti yang dijelaskan pada dasar teori tentang klasifikasi turbin reaksi tentang turbin radial aliran masuk, gaya sentrifugal yang naik karena rpm naik cenderung mengurangi jumlah air yang mengalir melalui sudu, sehingga kecepatan air pada sisi masuk juga berkurang.

4.3.2. Hubungan Daya terhadap Kecepatan Putar

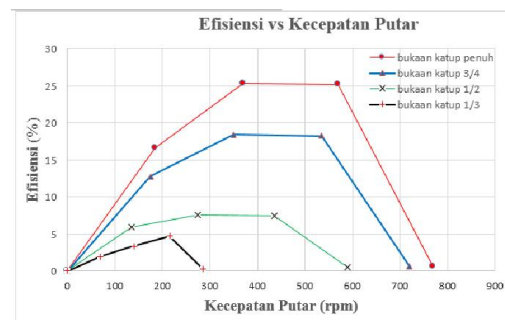
Gambar 4.3 menunjukkan hubungan berbagai putaran dengan daya yang dihasilkan. Terlihat bahwa putaran rendah daya yang dihasilkan juga rendah. Akan tetapi dengan meningkatnya putaran, daya akan menurun setelah titik maksimum pada putaran tertentu. Hal ini dikarenakan besar daya dipengaruhi oleh kecepatan putar dan torsi. Maka, jika salah satunya mengalami penurunan, besar daya yang dihasilkan juga akan menurun. Gambar 4.3 juga serupa dengan kurva karakteristik turbin reaksi untuk kecepatan pada *head* satuan pada grafik perbandingan kecepatan putar dengan daya. Daya maksimal yang dapat dihasilkan yaitu sebesar 27,895 Watt pada kecepatan putar 370 rpm dengan besar debit 223,942 Lpm dan tinggi jatuh air 3 meter.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Debit dengan Kecepatan Putar.

4.3.3. Hubungan Kecepatan Putar dengan Efisiensi

Hubungan kecepatan putar dengan efisiensi tidak jauh berbeda dengan hubungan kecepatan putar dengan daya. Hal ini dapat dibuktikan melalui gambar 4.4. Pada kecepatan putar rendah, daya yang dihasilkan akan kecil. Namun dengan meningkatnya kecepatan putar, daya akan menurun setelah mencapai titik maksimalnya pada kecepatan putar tertentu.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kecepatan putar dengan Efisiensi.

Seperti yang terlihat pada gambar 4.4, efisiensi yang dapat dihasilkan pada turbin yaitu sebesar 25,395 % pada tinggi jatuh air 3 meter, debit yang mengalir sebesar 223,942 Lpm dan pada kecepatan putar 370 rpm. Kecepatan putar dan jumlah

debit yang digunakan untuk menggerakkan turbin akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Maka, efisiensi dapat dipengaruhi oleh besarnya kecepatan putar karena, efisiensi turbin dihasilkan dari perhitungan presentase antara daya mekanis yang dihasilkan turbin dengan daya hidrolis yang dihasilkan air. Kurva karakteristik turbin reaksi untuk kecepatan pada *head* satuan menunjukkan hal serupa dengan bentuk parabolik.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dalam melakukan kaji performasi pada turbin air dari modifikasi blower angin ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Blower angin sentrifugal yang sudah dimodifikasi pada penelitian ini dapat digunakan sebagai turbin air skala piko.
2. Dari hasil pengambilan data yang telah dilakukan, dapat diketahui daya maksimal yang dapat dihasilkan turbin air ini sebesar 27,895 Watt pada kecepatan putar 370 rpm dengan penggunaan debit air sebesar 223,942 lpm pada tinggi jatuh air (*head*) 3 meter.
3. Berdasarkan hasil seluruh kerja turbin dengan pengolahan data yang telah dilakukan maka efisiensi maksimum turbin sebesar 25,395% pada debit (Q) 223,942 Lpm.

5.2. Saran

Saran yang bisa diberikan sebagai kelanjutan untuk mengkaji performasi turbin air hasil modifikasi adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan variasi untuk tinggi jatuh air (*head*), juga meningkatkan kerapatan *impeller* pada *spiral case* dengan cara pembuatan *impeller* diharapkan dapat meningkatkan daya yang dihasilkan, juga efisiensi pada turbin.
2. Penggunaan generator agar dapat membandingkan hasil daya turbin air menggunakan *dynamometer* rem tali dengan generator pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan keakuratan data pengujian.
3. Lakukan kalibrasi pada alat ukur beberapa kali sebelum melakukan pengambilan data. Hal ini dilakukan agar toleransi data yang dihasilkan kecil. Juga untuk pengambilan data sebaiknya dilakukan secara beberapa kali agar data yang diperoleh akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, H., 2011. Kajian Eksperimental Performansi Pompa dengan Kapasitas 1,25m³/menit Head 12 m Jika Dioprasikan Sebagai Turbin. *Jurnal Dinamis*, II(2), pp. 1-7.
- Anon., 2005. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005/2025*. Jakarta: s.n.
- Anonim, 2014. *Apa itu Arduino Uno?*. [Online]
Available at: <http://ndoware.com/apa-itu-arduino-uno.html>
[Diakses 8 September 2016].
- Anonim, 2016. *Perpres No. 4 Tahun 2016 Dukung Proyek 35.000 MW*. [Online]
Available at:
<http://bumntrack.co.id/perpres-no-4-tahun-2016-dukung-proyek-35-000-mw/>
[Diakses 2016 Agustus 2016].
- Aris, M., 1997. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB.
- Budhi, P. & Nazaruddin, S., 2012. Kaji Eksperimental Karakteristik Sebuah Dynamometer Sasis Arus Eddy. *Eksergi urnal Teknik Energi*, 02 Mei, VIII(2), pp. 63-67.
- Church, A. H., 1986. *Pompa dan Blower sentrifugal*. Jakarta: Erlangga.
- Francesco, P. et al., 2016. Experimental Characterization of Two Pumps As Turbines for Hydropower Generation. *Renewable Energy*, 99(C), pp. 180-187.
- Hadi, A. & Puji, R., 2015. *Pengertian, Satuan dan Macam-Macam Bentuk Energi*. [Online]
Available at:
<http://www.softilmu.com/2015/01/Pengertian-Bentuk-Macam-Satuan-Energi-Adalah.html>
[Diakses 8 September 2016].
- Khurmi, 1997. *Hydraulic Machines*, hlm. 601-700. New Delhi: S chand and Compani Ltd.
- Situmorang, H. B., Soplanit, G. D. & Gede, I. N., 2014. Unjuk Kerja Pompa Air Simizhu PS-128 BIT yang Difungsikan Sebagai Turbin Air. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, III(1), pp. 52-65.
- Suwoto, G., 2012. Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Air Hasil Modifikasi Pompa Sentrifugal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *SNST ke.3*, I(1), pp. B.60-B.64.
- Yefri, C., 2011. *Pengertian dan Jenis Fluida*. [Online]
Available at:
<https://laskarteknik.com/2011/01/19/pengertian-dan-jenis-mesin-fluida/>
[Diakses 8 September 2016].