



Analisa Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Performa Turbin Cross-Flow

Ahmad Istighfarid, Andre Hariono, Gatut Priyo Utomo

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email : istighfarid404@gmail.com

andreharionoo@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang media utamanya adalah tenaga air sebagai penggerak turbin dan generator. PLTMH adalah tipe terkecil dari pembangkit listrik tenaga air dimana suatu instalasi tersebut mempunyai kapasitas yang rendah. Kapasitas daya yang dihasilkan oleh PLTMH berkisar antara 1 KW sampai 200 KW. PLTMH dirancang berdasarkan sebuah lokasi yang mempunyai aliran air yang ketinggianya memadai. Secara teknis, terdapat 3 komponen penting pada mikrohidro yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator.

Jenis turbin yang digunakan adalah turbin *cross-flow* dan variabel yang digunakan merupakan diameter runner 0,45 m, 0,50 m, 0,55 m dan jumlah sudu runner 34, 36, 38.

Dari Analisa yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa Semakin besar diameter sudu dan semakin banyak jumlah sudu performa yang dihasilkan semakin tinggi, tetapi pada titik tertentu performa turbin tersebut akan menurun, Hal ini ditandai pada jumlah sudu 36 dan diameter 0,50 mencapai titik optimal dengan daya turbin sebesar 155.084,6 watt, daya generator sebesar 136.800 watt, dan efisiensi turbin mencapai 92%,

Kata kunci : Diameter, Jumlah Sudu, Turbin *Cross-flow*

PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil di Indonesia saat ini mendominasi kebutuhan energi di Indonesia sekarang (batu bara, minyak bumi, dan lain-lain) khususnya energi listrik yang dimana energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan masyarakat Indonesia. Selama ini listrik Indonesia disediakan oleh perusahaan yang diberi nama Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun masih banyak kasus masyarakat, umumnya di pedesaan yang tidak mendapatkan listrik melalui jaringan tersebut.

Dengan banyaknya kasus masyarakat yang masih belum terjangkau aliran listrik, umumnya di pedesaan, maka untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan energi

terbarukan yang secara alami tidak akan habis dan dapat digunakan secara terus menerus, salah satu contoh energi terbarukan adalah tenaga air.

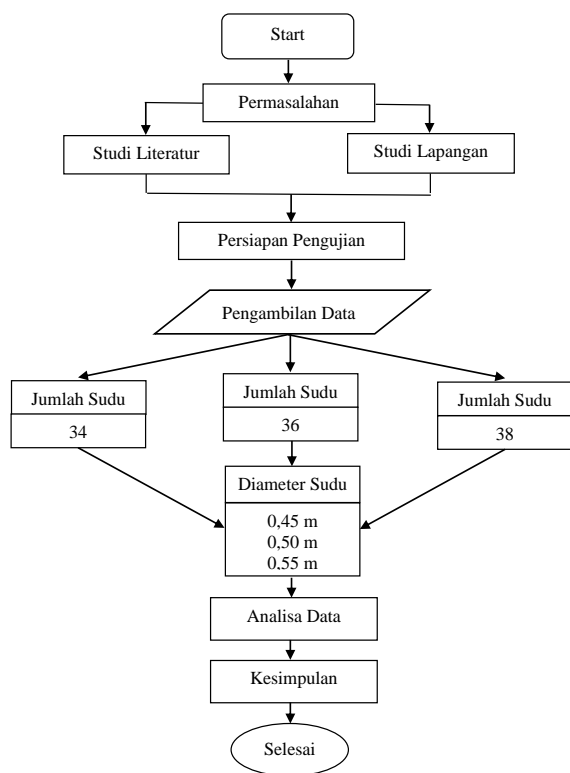
Dalam memanfaatkan energi terbarukan tersebut, perlu dikembangkan pembangkit yang bisa memenuhi kebutuhan masyarakat di pedesaan, salah satu pembangkit yang diharapkan bisa memenuhi dan mensejahterakan masyarakat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang media utamanya adalah tenaga air sebagai penggerak turbin dan generator. PLTMH adalah tipe terkecil dari pembangkit

listrik tenaga air dimana suatu instalasi tersebut mempunyai kapasitas yang rendah. Kapasitas daya yang dihasilkan oleh PLTMH berkisar antara 1 KW sampai 200 KW

Ada banyak macam-macam jenis turbin air yang di aplikasikan dalam pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH), salah satunya adalah turbin cross-flow, Prinsip kerja turbin Cross-flow adalah aliran air mengalir keluar dari nosel lalu masuk kedalam runner dan menabrak sudu-sudu fase pertama kemudian air mengalir dari celah sudu fase pertama, kemudian melintasi ruang kosong yang ada pada runner dan menabrak sudu fase kedua, alhasil air tersebut keluar melalui celah dari sudu-sudu fase kedua menuju kolam bawah.

kita harus memahami prinsip kerja dari PLTMH, yang diawali dengan membangun bendungan yang dilengkapi penyaring sampah, di sebelah bendungan dibangunlah *intake* yang di lanjutkan dengan saluran pembawa kemudian di ujung saluran dibangun bak penampung, dari bak penampungan ini air dialirkan melalui pipa pesat yang membuat turbin berputar, setelah turbin berputar di transmisikanlah ke generator. Observasi yang kami lakukan menggunakan variasi diameter 0,45, 0,50 dan 0,55 serta jumlah sudu 34, 36 dan 38.

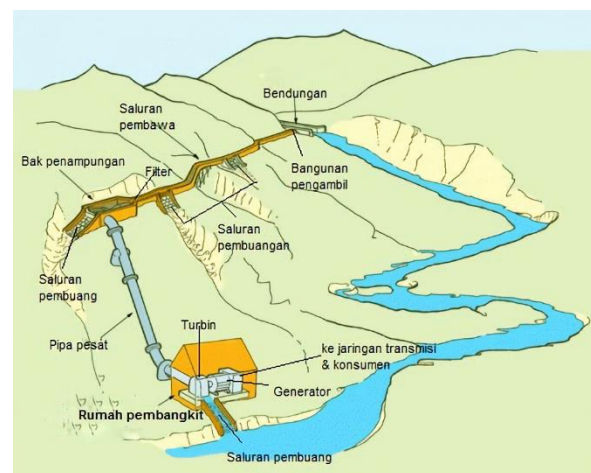
PROSEDUR EKSPERIMEN



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Gambaran umum alur rancangan penelitian

Disini kami selaku peneliti ingin mengobservasi pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) yang memakai turbin *cross-flow*, sebelum melakukan penelitian



Gambar 2. Skema PLTMH

Langkah-Langkah Pengujian :

1. Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk pengujian
2. Pastikan instalasi terpasang dengan kuat dan benar.
3. Pastikan diameter dan jumlah sudu yang terpasang sesuai dengan perencanaan.
4. Pastikan pipa terpasang dengan benar untuk mengisi bak turbin dari air sungai.
5. Pastikan tidak ada kebocoran pada instalasi percobaan.
6. Proses pengambilan data dilakukan dengan 3 diameter sudu, yaitu 0,45 m ,0,50 m dan 0,55 m.
7. Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah sudu 34, 36 dan 38.

8. Ukur putaran turbin setiap perubahan diameter dan jumlah sudu dengan menggunakan tachometer.
9. Setelah selesai melakukan percobaan dengan variasi yang berbeda, ukur arus listrik dan tegangan dengan menggunakan avometer.
10. Data yang diperoleh saat pengujian dicatat dalam tabel yang tertera.
11. Selesai.

Persamaan yang digunakan :

1. Kinerja dari sebuah turbin diketahui dari besarnya performa yang mampu dihasilkan turbin, performa yang dimaksud adalah daya air, daya turbin, daya generator dan efisiensi yang dihasilkan turbin. Untuk mengetahui daya air, maka digunakan persamaan :

$$P_{air} = \rho . g . H_e . Q$$

Dimana,

- P_{air} : Daya air (w)
- ρ : Massa jenis air (kg/m³)
- g : Gaya gravitasi (m/s²)
- H_e : Head efektif (m)
- Q : Debit air (m³/s)

2. Sedangkan untuk menghitung daya turbin dapat digunakan persamaan berikut:

$$P_t = T . \omega$$

Dimana,

$$T = F . r$$

$$F = m . a$$

Dan,

$$\omega = 2 \pi n$$

Dimana,

- T : Torsi yang dihasilkan turbin (Nm)
- F : Gaya pembebanan (N)
- r : Jari-jari pembebanan (m)
- m : Massa benda (kg)
- a : Percepatan atau lambat benda (m/s²)
- ω : Kecepatan sudut runner (rad/s)
- n : Putaran turbin (rpm)

3. Untuk mengetahui besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh generator dapat digunakan persamaan berikut :

$$P_g = V . I$$

Dimana,

- P_g : Daya yang dihasilkan generator
- V : Tegangan listrik (Volt)
- I : Kuat arus listrik (Ampere)

4. Untuk mengetahui efisiensi mekanik turbin air dapat digunakan persamaan berikut :

$$\eta_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$$

Dengan,

- η_t : Efisiensi turbin (%)
- P_{turbin} : Daya turbin (Watt)
- P_{air} : Daya air (Watt)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) pada variabel jumlah sudu dan diameter sudu yang di ukur menggunakan Avometer dan Tachometer yaitu :

Tabel pengujian pada jumlah Sudu 34.

Jumlah sudu	Diameter Sudu (m)	Debit Air (m ³ /s)	Tinggi Jatuh (m)	Rpm	Tegangan listrik (V)	Arus Listrik (A)
34	0,45	1	17	311	296	258
	0,45			325	299	263
	0,45			333	296	256
Rata-Rata				323	297	259
34	0,50	1		495	374	349
	0,50			500	362	350
	0,50			499	365	339
Rata-Rata				498	367	346
34	0,55	1		396	362	310
	0,55			375	358	311
	0,55		384	360	312	
Rata-Rata			388	360	311	

Tabel pengujian pada jumlah Sudu 36.

Jumlah sudu	Diameter Sudu (m)	Debit Air (m ³ /s)	Tinggi Jatuh (m)	Rpm	Tegangan listrik (V)	Arus Listrik (A)
36	0,45	1	17	419	307	313
	0,45			421	312	317
	0,45			423	308	306
Rata-Rata				423	309	312
36	0,50	1		554	382	359
	0,50			545	379	361
	0,50			551	379	360
Rata-Rata				550	380	360
36	0,55	1		463	374	333
	0,55			466	362	336
	0,55		475	365	339	
Rata-Rata			468	367	336	

Tabel pengujian pada jumlah Sudu 38.

Jumlah sudu	Diameter Sudu (m)	Debit Air (m ³ /s)	Tinggi Jatuh (m)	Rpm	Tegangan listrik (V)	Arus Listrik (A)
38	0,45	1	17	375	313	269
	0,45			379	315	270
	0,45			377	314	259
Rata-Rata				377	314	266
38	0,50	1		478	379	340
	0,50			479	376	348
	0,50			471	382	336
Rata-Rata				476	379	338
38	0,55	1		416	342	325
	0,55		421	348	330	
	0,55		417	347	329	
Rata-Rata			418	347	328	

Setelah mendapatkan data hasil pengujian, selanjutnya mencari Daya Air Yang Digunakan (P_{air}).

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot H_e \cdot Q$$

$$P_{air} = 1000 \times 9.81 \times 17 \times 1$$

$$P_{air} = 166.770 \text{ watt}$$

Data Hasil Perhitungan Daya Turbin (P_t). Untuk mencari nilai daya yang dihasilkan turbin, menggunakan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = F \cdot r \times 2 \pi n$$

No	Jumlah Sudu	Diameter Sudu (D)	Putaran Turbin (n)	Torsi (T = F . r)	Kecepatan sudut runner (ω = 2 π n)	Daya Turbin (P _t = T . ω)
		m	Rpm	Nm	Rad/s	Watt
1.	34	0,45	323	39,7	2028	80.529,1
2.		0,50	498	44,9	3127	140.422,1
3.		0,55	388	48,6	2436	118.420,7
4.	36	0,45	423	39,7	2656	105.460,6
5.		0,50	550	44,9	3454	155.084,6
6.		0,55	468	48,6	2939	142.837,3
7.	38	0,45	377	39,7	2367	93.992,1
8.		0,50	476	44,9	2989	134.218,6
9.		0,55	418	48,6	2625	127.576,5

Daya Yang Dihasilkan Generator (P_g). Untuk mencari nilai daya yang dihasilkan generator, menggunakan persamaan :

$$P_g = V \cdot I$$

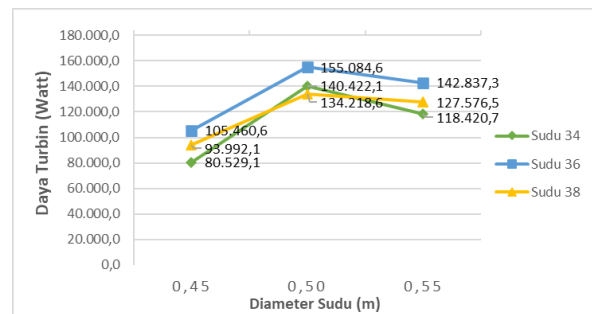
No	Jumlah Sudu	Diameter Sudu (D)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya Generator (P _g = V x I)
		m	Volt	Ampere	Watt
1.	34	0,45	297	259	76.923
2.		0,50	367	346	126.982
3.		0,55	360	311	111.960
4.	36	0,45	309	312	96.408
5.		0,50	380	360	136.800
6.		0,55	367	336	123.312
7.	38	0,45	314	266	83.524
8.		0,50	379	338	128.102
9.		0,55	347	328	113.816

Efisiensi Turbin (η_t)

$$\eta_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$$

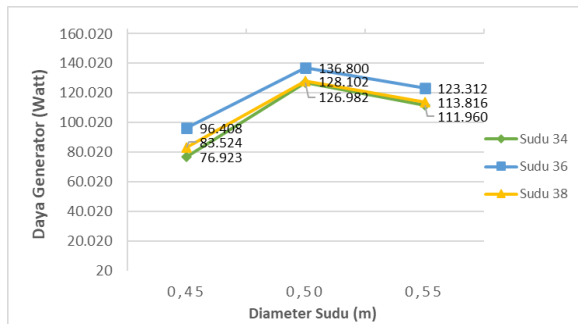
No	Jumlah Sudu	Diameter Sudu (D)	Daya Turbin (P _t = T . ω)	Daya Air (P _{air} = ρ . g . H _e . Q)	Efisiensi Turbin (η _t = $\frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$)
		m	Watt	Watt	(%)
1.	34	0,45	80.529,1	166.770	48%
2.		0,50	140.422,1		84%
3.		0,55	118.420,7		71%
4.	36	0,45	105.460,6		63%
5.		0,50	155.084,6		92%
6.		0,55	142.837,3		85%
7.	38	0,45	93.992,1		56%
8.		0,50	134.218,6		80%
9.		0,55	127.576,5		76%

Grafik Hubungan Diameter Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin.



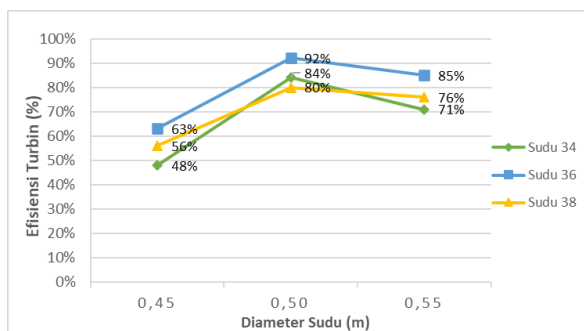
Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa Pada diameter 0,50 , dimana air tepat mengenai daerah paling aktif pada sudu turbin, sehingga dari grafik diatas daya turbin yang terjadi pada diameter 0,50 dan jumlah sudu 36 mempunyai daya turbin paling tinggi, yaitu 155.084,6 watt. Sedangkan pada diameter sudu 0,45 daya yang dihasilkan turbin kecil, yang dikarenakan aliran air terlalu dalam menenggelamkan sudu turbin, sehingga daya turbin yang dihasilkan kecil, begitu pula pada diameter sudu 0,55 , kecepatan putaran turbin menurun yang dikarenakan aliran air tidak mengenai bagian aktif turbin dan menyebabkan daya turbin menurun.

Grafik Hubungan Diameter Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Generator.



Dari grafik hubungan diameter sudu dan jumlah sudu dengan daya generator diatas menunjukkan bahwa generator dengan variasi jumlah sudu 34 dengan diameter sudu 0,45 m menghasilkan daya generator paling rendah diantara yang lain. Tetapi turbin cross-flow yang bervariasi sudu 36 dengan diameter 0,50 m menghasilkan daya generator paling tinggi, yaitu 136.800 watt, Hal itu dikarenakan semakin tinggi daya turbin maka semakin tinggi tegangan dan arusnya, dan semakin banyak jumlah sudu maka semakin menurun daya turbin, maka tegangan dan arus juga akan menurun dari posisi yang sebelumnya.

Grafik Hubungan Diameter Dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin.



Dari hasil pengujian di atas, variasi jumlah sudu dan variasi diameter sudu menunjukkan turbin *cross-flow* dengan sudu 36 mendapatkan efisiensi paling tinggi, jumlah sudu 38 pada urutan kedua dan jumlah sudu 34 memiliki posisi ketiga yang menghasilkan efisiensi paling rendah. Efisiensi terbesar terjadi pada diameter 0,50 dan jumlah sudu 36 yaitu 0,92, atau 92%,

namun terjadi penurunan efisiensi pada saat diameter 0,55, Hal tersebut dikarenakan daya turbin pada sudu turbin 0,55 lebih kecil dari daya turbin 0,50.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari Analisa diatas dapat di simpulkan bahwa Semakin besar diameter sudu dan semakin banyak jumlah sudu performa yang dihasilkan semakin tinggi, tetapi pada titik tertentu performa turbin tersebut akan menurun, Hal ini ditandai pada jumlah sudu 36 dan diameter 0,50 mencapai titik optimal dengan daya turbin sebesar 155.084,6 watt, daya generator sebesar 136.800 watt, dan efisiensi turbin mencapai 92%, Hal itu dikarenakan ada kerugian-kerugian yang terjadi pada saat turbin beroperasi, dan juga dikarenakan pada diameter yang kecil aliran air terlalu dalam menenggelamkan sudu turbin, sehingga performa turbin yang dihasilkan kecil, begitu pula pada diameter yang terlalu besar , performa turbin akan menurun yang disebabkan aliran air tidak mengenai bagian aktif turbin dan menyebabkan performa turbin menurun.

Sarannya adalah dalam proses pembuatan turbin hal yang perlu diperhatikan adalah berat ringannya suatu material, karena akan mempengaruhi kinerja dari turbin yang akan dibuat. Semakin ringan material yang digunakan maka air yang menghantam sudu turbin mendapatkan putaran yang lebih tinggi.

PENGHARGAAN

Penghargaan setinggi-tingginya untuk orang tua yang selalu memberi support dan mendo'akan saya sehingga bisa sampai pada titik yang sekarang, tidak lupa juga kepada saudara saya yang selalu berada tepat dibelakang saya pada saat kesusahan dan juga tidak lupa dosen pembimbing yang selalu membantu, membimbing penelitian saya serta saya berterima kasih sebanayak-banyaknya kepada teman-teman,sahabat yang sudah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir saya.

REFERENSI

- Arismunandar, W. 2004. **Penggerak Mula Turbin**. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Dietzel, F., Sriyono, D. 1993. **Turbin Pompa Dan Kompresor**. Erlangga. Jakarta.
- Mafruddin, Dwi Irawan. 2018 **Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin Crossflow**, Turbo : Jurnal Program Stud Teknik Mesin