



UJI EKSPERIMENTAL PADA TURBIN KAPLAN DAN ANALISA PERFORMANSI DENGAN VARIASI JUMLAH SUDUT GERAK TERHADAP SUDUT-SUDUT PENGARAH 20° DAN JARAK VERTIKAL 20 CM

Andika Sofyan¹, Jhon Bancin²

Program Studi Teknik Mesin Politeknik Gihon, Siantar, Sumatera Utara

Corresponding Author : Andika Sofyan

Abstract: Eine Energiequelle, die heute noch weit verbreitet ist, stammt aus fossilen Brennstoffen. Dies macht die Quelle der Energiereserven fossiler Brennstoffe schwinden, so dass es jetzt eine Quelle erneuerbarer Energie benötigt, die den Energiereichtum der Natur nutzen, die leicht zu finden und in ausreichend großen Mengen verfügbar ist, wie Wasser, Luft, Geothermie und so weiter. Verwenden Sie die Energie von Wasser als erneuerbare Energie Potenzial ist sehr groß, weil es leicht zu finden ist und der Preis ist relativ billig, vor allem für die Stromerzeugung Mikro-Skala Hydro, die abgelegenen Gebieten erreichen können, die nicht berührt wurden Strom. Basierend auf einem solchen Denken, dann machen Sie den Test auf Kaplan Turbine Skala Mikro-Wasserkraftwerke mit erneuerbaren Energiequellen. Der Zweck dieses Tests ist es, die Kapazität der elektrischen Leistung zu bestimmen, die oelehturbin kaplan erzeugt wird, indem der Fluss von Wasser aus dem Reservoir fließt keturbin mit einer Wasserkapazität (Q) von 0,00625 m³/sec und Kopf Installation (H) von 2 Metern. Sudugerak ist eine der Komponenten utamaa in der Installation Prüfung Kaplan Turbine, der Außendurchmesser des Rotorblattes in diesem Test von 16 cm verwendet werden. In diesem Test wird die Variation der Anzahl der Schaufeln auf den Winkel der Einlassleitschaufel 200 mit den Nummern 6, 7 und 8 getestet. Aus der Prüfung der Kaplan-Turbine wird durch die elektrische Leistung erhalten, die von der Lichtmaschine ohne Last auf dem 6-Blatt von 20.911 Watt, 7-Blatt von 19,867 Watt und auf 8-Blatt von 23,24882 Watt erzeugt wird.

Keywords: Kapasitas Air, Head, Blade Runner, Guide Vane, Power

Abstrak: Sumber energi yang banyak dipergunakan sekarang ini masih bersumber dari bahan bakar fosil. Hal tersebut membuat sumber energi cadangan dari bahan bakar fosil semakin menipis, sehingga sekarang ini dibutuhkan sumber energi terbarukan, yang mana memanfaatkan kekayaan energi dari alam yang mudah dijumpai dan tersedia dalam jumlah yang cukup besar, seperti air, udara, panas bumi, dan sebagainya. Penggunaan energi air sebagai energi terbarukan cukup berpotensi sangat besar karena mudah ditemui dan harganya relative murah, terutama untuk pembangkit listrik skala mikro hidro yang dapat menjangkau daerah-daerah terpencil yang belum tersentuh listrik. Berdasarkan pemikiran tersebut, maka dilakukan pengujian pada turbin kaplan skala mikro hidro dengan memanfaatkan sumber energi yang terbarukan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kapasitas daya listrik yang dihasilkan oelehturbin kaplan dengan memanfaatkan aliran air dari reservoir yang dialirkan keturbin dengan kapasitas air (Q) sebesar 0,00625 m³/detik dan head instalasi (H) sebesar 2 meter. Sudugerak merupakan salah satu komponen utamaa dalam instalasi pengujian turbin kaplan, diameter luar sudu gerak yang akan digunakan dalam pengujian ini sebesar 16 cm. Pada pengujian ini variasi jumlah sudut yang akan diuji pada sudut sudu pengarah 20° adalah berjumlah 6, 7 dan 8. Dari pengujian turbin Kaplan ini diperoleh daya listrik yang dihasilkan oleh alternator tanpa beban pada 6 sudut sebesar 20,911 Watt, pada 7 sudut sebesar 19,867 Watt, dan pada 8 sudu sebesar 23,24882 Watt.

Kata Kunci: Kapasitas Air, Head, Runner Blade, Guide Vane, Daya

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap listrik sudah menjadi kebutuhan utama. Listrik tersebut dipergunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Adapun listrik diperoleh oleh manusia dari berbagai pemanfaatan pembangkit tenaga, seperti air, uap, gas, panas matahari

dan sebagainya. Air merupakan salah satu sumber energy pembangkit tenaga listrik yang mudah diperoleh.

Penggunaan sumber energy sekarang ini sebagian besar masih diperoleh dari pembakaran bahan bakar fosil yang terdiri dari batu bara, minyak, dan gas bumi. Sementara cadangan sumber energi dari bahan bakar fosil tersebut mulai menipis karena sumber daya energy tersebut tidak dapat diperbaharui. Akibat yang ditimbulkan adanya polusi udara, ketidakstabilan harga dan efek rumah kaca yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut. Untuk itulah, maka sekarang ini dikembangkan sumber energi terbarukan guna mengurangi resiko tersebut, yang bersumber dari alam, seperti energy air, energy surya, energy angin atau energy panas bumi. Energi tersebut dimanfaatkan karena sumber energi tersebut mudah didapat dan dapat diperbaharui.

Kemajuan teknologi sekarang ini selalu mengalami perkembangan. Salah satunya di bidang teknik mesin, pengembangan teknologi khususnya dalam hal pengembangan pembangkit tenaga yang bersumber dari alam, termasuk penggunaan energy air sebagai salah satu sumber tenaga pembangkit listrik.

Energi air diperoleh dari air yang mengalir. Energi dari air tersebut dimanfaatkan dalam wujud energi mekanis dan energi listrik. Pemanfaatan energi air menggunakan kincir atau sudu turbin air yang memanfaatkan suatu aliran air disungai atau air terjun.

Pengembangan energi dalam hal Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) bertujuan untuk daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) karena menghasilkan daya 1-10 MW), sedangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro menghasilkan dayakurang dari 1 MW. Pembangunan PLTM dan PLTMH sangat efisien karena tidak memerlukan tempat yang relatif besar, sehingga tidak merugikan tempat tinggal masyarakat dan tidak mengakibatkan kerusakan pada lingkungan. Dengan adanya PLTM dan PLTMH diharapkan dapat menyediakan tenaga listrik yang murah dan ramah lingkungan pada masyarakat dan juga sebagai bentuk pelestarian sumberdaya air.

Peningkatan kebutuhan energi listrik di samping keterbatasan pemerintah (PLN) dalam penyediaan energi listrik, sebenarnya di Indonesia, khususnya di Sumatera Utara memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Sumber energi ini berupa air terjun di daerah pegunungan dimana salah satunya adalah potensi dari sungai Asahan. Pemanfaatan sungai Asahan untuk menghasilkan listrik dapat memenuhi kebutuhan energy listrik di Sumatera Utara.

Turbin air adalah suatu mesin yang menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan memanfaatkan energy potensial air. Selanjutnya energiter sebut diubah menjadi bentuk energi lain seperti energi listrik. Turbin air terdiridari air (sumber energi), turbin, dan generator. Pada perancangan turbin, jenis dan dimensi sangat tergantung dari kondisi *head* dan kapasitas yang tersedia. Sehingga agar diperoleh efisiensi yang maksimum, maka turbin air yang beroperasi pada suatu lokasi tertentu akan mempunyai desain yang spesifik (tipe maupun dimensi) dan berbeda dengan lokasilain. Maka akan sangat bermanfaat bila dilakukan suatu penelitian yang dapat memberikan informasi rancang bangun beberapa tipe instalasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro serta membuat suatu model instalasi pembangkit listrik yang digunakan sebagai alat penelitian.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 8 bulan, Persiapan dan pembuatan turbin Kaplan dilakukan pada bulan Juni – Desember 2019. Pengujian dan pengambilan data dilakukan pada bulan Januari 2020. Spesifikasi turbin Kaplan dalam uji eksperimental turbin Kaplan dan analisa perbandingan variasi jumlah sudu gerak adalah sebagai berikut:

Jumlah sudugerak(<i>blade</i>)	=6, 7, dan 8
Diameter luar sudugerak	=16 cm
Tinggi sudupengarah	=9cm
Sudut sudupengarah	=20°
Jarak vertikal	=20 cm
Diameter dalam sudugerak	=4 cm

Adapun perlengkapan turbin Kaplan meliputi:

Sudu Gerak

Sudu gerak terdiri dari sudu yang terpasang tetap pada poros atau cincin. Sudu didesain supaya air masuk dan meninggalkan turbin tanpa kejut. Sudu gerak terpasang pada poros. Jika porosnya vertikal, disebut turbin vertikal, dan jika poros horizontal maka disebut turbin horisontal. Untuk *head* rendah, sudu gerak bisa dibuat dari besi tuang, tetapi untuk *head* tinggi, sudu gerak dibuat dari baja atau paduan. Jika air secara kimia tidak murni, sudu gerak dibuat dari paduan khusus.

Sudu Pengarah

Turbin Kaplan adalah salah satu jenis dari turbin reaksi aliran ke dalam (*inward*), yakni turbin reaksi di mana air memasuki turbin pada bagian lingkaran luar dan mengalir menuju ke dalam pusat turbin melalui sudu pengarah. Turbin reaksi ini terdiri dari sudu pengarah tetap, yang mengarahkan air ke sudu bergerak dengan sudut yang benar. Air ketika mengalir pada sudu pengarah, menghasilkan gaya ke sudu gerak. Gaya ini menyebabkan sudu gerak berputar.

Poros

Adapun poros turbin yang digunakan dalam penelitian terbuat dari besi pipa dengan diameter 19 mm yang dipasang vertical di dalam rumah turbin.

Rumah Turbin (*SpiralChasing*)

Rumah turbin akan mendistribusikan air secara merata kepada sudu pengarah. Untuk mencapai aliran seragam pada sudu gerak, maka aliran air harus seragam masuk ke dalam sudu pengarah. Air dari saluran pipa didistribusikan di sekeliling cincin rumah turbin. Rumah turbin didesain sehingga luas penampang melintangnya berkurang secara seragam. Luas penampangnya melintang maksimum pada sisi masuk dan minimum pada ujung. Setelah air melewati sudu pengarah, air di dalam rumah turbin bergerak menuju sudu gerak. Setelah melewati sudu gerak, maka air menuju *drafttube*.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Daya dan Putaran Alternator Pemberi Beban

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa tegangan dan besar arus yang dihasilkan alternator menggunakan alat ukur tergantung pada besar beban (lampu) yang digunakan, sehingga dapat dihitung besar dayanya melalui persamaan 2.20. Maka daya yang dihasilkan alternator adalah sebagai berikut:

- Tanpa pembebanan lampu: $P_0 = I_0 \cdot V_0$

$$P_0 = (97,8 \times 10^{-3}) \times 213,6$$

$$P_0 = 20,898 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (5 Watt):

$$P_5 = I_5 \cdot V_5$$

$$P_5 = (78,2 \times 10^{-3}) \times 213,6$$

$$^3) \times 112,3 P_5 = 8,785 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (7 Watt):

$$P_7 = I_7 \cdot V_7$$

$$P_7 = (77,3 \times 10^{-3})$$

$$^3) \times 107,9 P_7 = 8,3437 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (12 Watt):

$$P_{12} = I_{12} \cdot V_{12}$$

$$P_{12} = (76,6 \times 10^{-3}) \times$$

$$96,9 P_{12} = 7,4287 \text{ Watt}$$

Maka dari perhitungan diatas dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil percobaan dan daya yang dihasilkan alternator dengan 6 sudu gerak

Beban Lampu (Watt)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Alternator (rpm)	Daya Alternator (Watt)
0	97,8	213,6	351,7	946,2	20,898
5	78,2	112,3	345,9	930,6	8,785
7	77,3	107,9	320,8	863	8,3437
12	76,6	96,9	316,9	852,6	7,4287

Dari data yang tertera di tabel 4.2, maka dapat dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas perubahan daya pada alternator terhadap perubahan beban lampu yang dipasang.

Pengujian Torsi dan Putaran Berbeban

Data pengujian diperoleh dari pengukuran yang dilakukan dalam waktu yang bersamaan. Pengujian membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan pembebanan yang tepat sebelum poros berhenti berputar. Pembebanan ini dilakukan menggunakan gesekan tali yang dikaitkan pada 2 neraca pegas. Waktu pengujian sampel sepanjang 20 detik, dibutuhkan lebih dari 15 x pengujian untuk setiap perubahan variasi. Pengukuran putaran dalam kondisi poros terbeban hampir berhenti.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Torsi dan Putaran Berbeban dengan 6 Sudu Gerak

Beban Lampu (Watt)	Torsi (Nm)	Putaran (rad/s)
0	0,56	36,8165
5	0,54	36,2094
7	0,49	33,5791
12	0,47	33,1714

Efisiensi Daya Turbin dan Daya Alternator

Performansi pada turbin merupakan daya mekanik yang dihasilkan dari sebuah turbin. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka data yang dibutuhkan adalah kecepatan sudut (ω) dan torsi (T).

Untuk menghitung daya turbin, maka digunakan rumus:

$$P = T \cdot \omega$$

Dimana:

P = Daya
 T = Torsi
 ω = Kecepatan sudut (rpm)

Untuk menghitung kecepatan sudut dipakai rumus:

$$\omega = 2\pi \frac{N}{60} \text{ —}$$

Dimana:

$N = 351,7 \text{ rpm}$

$$\omega = 2\pi \frac{N}{60} \text{ —}$$

Analisa Daya Dan Putaran Alternator Pemberi Beban

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa tegangan dan besar arus yang dihasilkan alternator menggunakan alat ukur tergantung pada besar beban (lampu) yang digunakan, sehingga dapat dihitung besar dayanya dengan persamaan 2.10. Maka daya yang dihasilkan alternator adalah sebagai berikut:

- Tanpa pembebanan lampu: $P_0 = I_0 \cdot V_0$

$$P_0 = (92 \times 10^{-3}) \times 215,5 P_0 = 19,853 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (5 Watt):

$$P_5 = I_5 \cdot V_5$$

$$P_5 = (74,5 \times 10^{-3}) \times 106,7 P_5 = 7,953 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (7 Watt):

$$P_7 = I_7 \cdot V_7$$

$$P_7 = (74,3 \times 10^{-3}) \times 102,5 P_7 = 7,6194 \text{ Watt}$$

- Pembebanan 1 lampu (12 Watt):

$$P_{12} = I_{12} \cdot V_{12}$$

$$P_{12} = (70,9 \times 10^{-3}) \times 92 P_{12} = 6,53378 \text{ Watt}$$

Maka dari perhitungan diatas dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4. Hasil percobaan dan daya yang dihasilkan alternator dengan 7 suduggerak

Beban Lampu (Watt)	Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Alternator (rpm)	Daya Alternator (Watt)
0	92	215,5	342,6	918,1	19,853
5	74,5	106,7	335,2	898,3	7,953
7	74,3	102,5	287,3	769,9	7,6194
12	70,9	92	274,4	735,3	6,53378

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Penelitian diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daya air masuk turbin adalah sebesar 122,15412 Watt
2. Putaran maksimum poros turbin dan alternator terdapat pada 8 sudu gerak tanpa beban lampu yaitu 386r pm dan 1031,4 rpm.
3. Torsi maksimum pada poros turbin terdapat pada 8 sudu gerak tanpa beban lampu yaitu 0,57 Nm.
4. Daya listrik yang dihasilkan alternator yang digerakkan oleh turbin Kaplan dengan 6 sudu gerak tanpa beban lampu sebesar 20,898 Watt, 7 sudu gerak sebesar 19,853 Watt, dan 8 sudu gerak sebesar 22,896 Watt.
5. Daya turbin yang dihasilkan pada 6 sudu gerak sebesar 20,911 Watt dengan efisiensi yang dapat dihasilkan turbin Kaplan sebesar 17,119% .Daya turbin yang dihasilkan pada 7 sudu gerak sebesar 19,865 Watt dengan efisiensi yang dapat dihasilkan turbin Kaplan sebesar 16,262%. Daya turbin yang dihasilkan pada 8 sudu gerak sebesar 23,24882 Watt dengan efisiensi yang dapat dihasilkan turbin Kaplan sebesar 19,03%.

Daftar Pustaka

- BruceR. Munson. 2003.Mekanika Fluida. Edisi IV.Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dietzel, Fritz.1993.Turbin,Pompa,dan Kompresor. Cetakan Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Ir.Sularso.1987.Pompa dan Kompresor. Cetakan Ketiga. Jakarta: PT. Pradya Paramitha.
- Khurmi, R. S. dan J. K. Gupta. 2005. A Textbook of Machine Design. New Delhi:Eurasia Publishing House(PVT.) LTD
- Kiyokatsu Suga.1978. Dasar-dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: PT. Pradya Paramitha.
- L.V. Steeter dan Wylie B. 2012. Mekanika Fluida. Edisi Kedelapan. Jakarta: Erlangga.
- Mattilla, Jaakko. 2017. Design of Runner Blade of Kaplan Turbine for Small Hydro electric Power plant. Jerman: Tampere
- M.M. Dakekar dan K. N. Sharma. 2013. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta: Erlangga.