

# Kajian Turbin Air Aliran Puser Skala Pico Terhadap Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut Sudu

Gatot Suwoto<sup>1</sup>, Sunarwo<sup>2</sup>, Supriyo<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Kotak Pos 6199 SMS, Semarang 50329  
Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax.7472396, E-mail : gatsuw@gmail.com

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja turbin air aliran puser dengan variasi jumlah sudu dan sudut sudu. Pada penelitian ini jumlah sudu yang digunakan adalah 3, 4 5 dan 6, sedangkan sudut sudunya sebesar 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>. Turbin air yang digunakan dalam penelitian ini bekerja atas dasar pemanfaatan energi puseran air. Penelitian ini diawali dengan membuat turbin air aliran puser yang terdiri dari runner, rumah turbin berbentuk baskom, dan poros turbin. Sudu turbin berbentuk menyerupai silinder yang belah menjadi empat bagian dalam arah aksial. Bahan runner dan sudu dari plat stainless steel dengan ukuran sebagai berikut: diameter runner turbin 23 cm, tinggi runner turbin 30 cm, lebar daun sudu 7,5 cm, sedangkan runner dan poros turbin dapat dibongkar-pasang pada instalasi pengujian. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit aliran, tinggi puseran air, putaran dan torsi poros turbin. Hasil penelitian terhadap masing-masing runner turbin pada debit air sebesar 2,123 liter/detik menunjukkan bahwa daya maksimum yang dihasilkan sebesar 4,2 watt, dengan efisiensi maksimum, sebesar 53,44%. pada putaran 67,7 rpm dicapainya lehturbindengan jumlah sudu 4 padasudut 30<sup>0</sup>.

**Kata kunci** : Aliran puser, jumlah sudu, sudut sudu

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam rangka membantu pemerintah untuk mendukung program desa mandiri energi, seperti yang diamanatkan oleh UU No. 30/2007 tentang energi. Setiap orang berhak memperoleh energi (Pasal 19 ayat 1). Penyediaan dan pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan wajib ditingkatkan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya (Pasal 20 ayat 4). Penyediaan dan pemanfaatan energi dari sumber energi baru dan sumber energi terbarukan dapat memperoleh kemudahan dan atau insentif dari Pemerintah dan atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya untuk jangka waktu tertentu hingga tercapai nilai keekonomiannya (Pasal 20 ayat 5).

DME (Desa Mandiri Energi) adalah desa yang masyarakatnya memiliki kemampuan memenuhi lebih dari 60% kebutuhan listrik dari sumber energi yang dihasilkan melalui pendayagunaan potensi sumber daya setempat. DME dikembangkan dengan konsep pemanfaatan energi setempat khususnya energi terbarukan untuk pemenuhan kebutuhan energi dan kegiatan yang bersifat produktif. Adapun tujuannya adalah untuk meningkatkan produktivitas, kesempatan kerja dan kesejahteraan masyakat pada umumnya melalui penyediaan energi terbarukan yang terjangkau dan berkelanjutan. Pengembangan DME dimaksudkan untuk menjadikan kegiatan penyediaan energi sebagai *entry point* dalam pengembangan kegiatan ekonomi perdesaan dengan memanfaatkan semua sumber daya dari Pemerintah Pusat, Pemerintah

Daerah, BUMN, Perguruan Tinggi, Swasta, dan masyarakat (Ariati, 2008).

Bentuk potensi energibarudanterbarukan yang banyak tersedia di masyarakat pedesaan adalah energi arus sungai yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan terbesar yang tersedia di Indonesia. Diperlukan teknologi yang tepat untuk memanfaatkan energi arus sungai sebagai pembangkit tenaga listrik yang sering disebut Pembangkit Listrik Tenaga Arus Sungai (PLTAS). PLTAS memanfaatkan energikinetik arus sungai yang memiliki tinggi jatuh (*head*) sangat rendah, sehingga dapat dipasang di sepanjang aliran sungai dari hulu, hilir. PLTAS dapat dibangun tanpa membutuhkan dam, pipa pesat, bangunan powerhouse, sehingga biaya investasi dan operasinya relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya PLT Mikro Hidro atau sejenisnya.

Untuk itu diperlukan jenis turbin air yang sesuai dengan potensi air yang memiliki tinggi jatuh sangat rendah. Salah satu jenis turbin yang sesuai dengan potensi air dengan tinggi jatuh rendah adalah **turbin air aliran puser** (*vortex*)

### 1.2. Perumusan Masalah

Pembangkit listrik tenaga puseran air (*vortex*) masih belum banyak dikembangkan dan dimanfaatkan di Indonesia, hal ini karena masih sedikitnya informasi tentang penelitian dan percobaan yang mengeksklore turbin puseran air (*vortex*) ini. Pada umumnya putaran turbin yang di hasilkan oleh puseran air cukup rendah, sehingga diperlukan upaya untuk mengoptimalkan puseran air untuk lebih menaikkan putaran turbin. Demikian

pula untuk menaikkan putaran generator, diperlukan sistem transmisi.

Pada penelitian ini digunakan turbin Savonius multi sudu. Besarnya daya dan efisiensi yang dapat dibangkitkan oleh turbin dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jumlah sudu, dan sudut sudu.

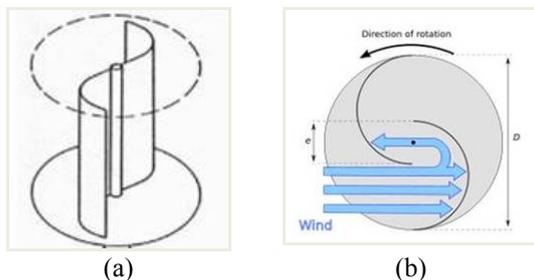
### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

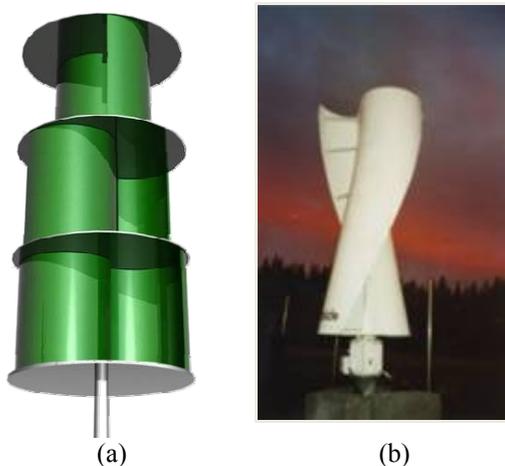
1. Menghasilkan turbin Air Aliran Pusing (*vortex*) skala pico dengan jumlah sudu dan sudut sudu bervariasi.
2. Menguji kinerja turbin Air Aliran Pusing (*vortex*) skala pico dengan variasi jumlah sudu dan sudut sudu, sehingga didapat turbin dengan jumlah sudu dan sudut sudu yang optimum.

### 1.4 Tinjauan Pustaka

Pada awalnya Savonius mengembangkan turbin dengan menggunakan angin sebagai fluida kerjanya, turbin ini mempunyai bentuk menyerupai huruf S jika dilihat dari atas, selanjutnya turbin ini dikenal sebagai turbin Savonius (Gambar 1a), dengan mekanisme kerja seperti pada gambar 1b. kemudian berkembang beberapa model turbin berbasis turbin Savonius dengan berbagai bentuk sudu. (Gambar 2a dan 2b)



Gambar 1. Turbin Savonius : (a) Savonius dua sudu, (b) Mekanisme Savonius



Gambar 2. Bentuk turbin Savonius :  
(a) Two-bladed-multi stage Savonius,  
(b) Twisted blade Savonius

Perkembangan berikutnya adalah penerapan sudu Savonius untuk turbin air, yaitu turbin yang menggunakan media kerja air.

Turbin air aliran pusar (*vortex*) merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin pusaran air (*vortex*) ini dioperasikan pada daerah yang memiliki head yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu

Pembangkit listrik pusaran air gravitasi (*vortex*) telah ditemukan oleh insinyur Austria bernama Franz Zotloterer. Pembangkit listrik ini menggunakan energi putaran pada pusat pusaran untuk memutar turbin. Turbin ini telah digunakan di negara Swiss. Pembangkit listrik ini memerlukan perbedaan tinggi jatuh (*head*) air yang sangat rendah di tengah pusaran dengan posisi poros putar tegak, dan generator dipasang di atasnya. Diameter spinning pool, kapasitas aliran dan penurunan tinggi jatuh (*head*) digunakan untuk menghitung besarnya daya yang dapat diproduksi. Sebagai contoh pembangkit listrik seperti pada gambar 4, dengan tinggi jatuh 4,6 feet, kapasitas 30 cfs dan diameter turbin 18 feet, dapat menghasilkan daya listrik sebesar 7,5 kW



Gambar 3. Pola pusaran air ([www.zotloterer.com](http://www.zotloterer.com))

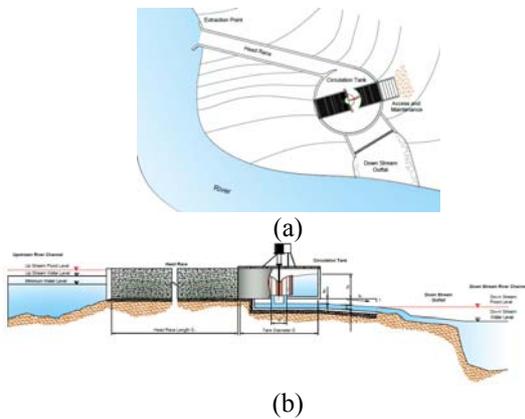


Gambar 4: Installation di negara Switzerland ([Www.Zotloterer.Com](http://www.Zotloterer.Com))

### 1.5. Landasan Teori

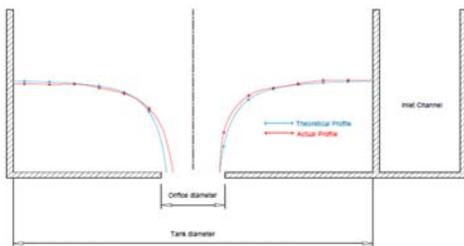
Sistem pembangkit listrik aliran pusar adalah merupakan teknologi baru yang memanfaatkan muatan energi di dalam pusaran air yang dihasilkan melalui beda tinggi jatuh (*head*) yang kecil pada aliran sungai. Prinsip kerja turbin aliran pusar ini adalah sebagai berikut : (1) Air sungai disalurkan ke penyimpanan air dan selanjutnya diteruskan ke tangki sirkulasi. Pada tangki sirkulasi ini dipasang orifice bentuk lingkaran pada dasar tangki. (2) Kombinasi tekanan rendah lokal pada

orifice dan konsep imbas sirkulasi pada saluran masuk mempengaruhi kekuatan aliran pusar. (3) Energi potensial sepenuhnya diubah ke energi kinetik putaran pada pusat pusaran yang selanjutnya diserap oleh sumbu vertikal turbin. (4) Air selanjutnya kembali ke sungai melalui *tail race* (Gambar 5)

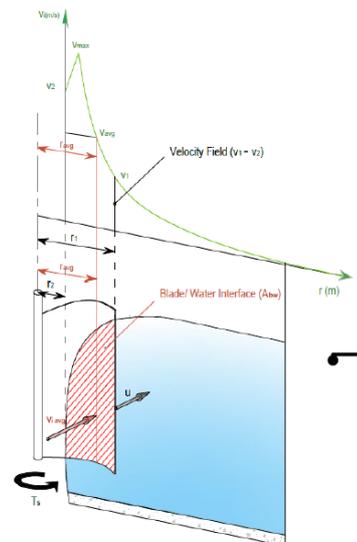
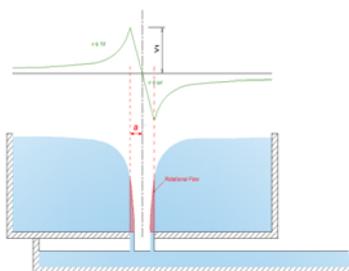


Gambar 5. (a) Hydropower System in plan (b) Section between the upstream and downstream reach of a river indicating design parameters

Profil permukaan air dari pusaran dapat dimodelkan secara matematis dan dapat memprediksi secara akurat, seperti terlihat pada Gambar 6, Sedangkan kekuatan pusaran optimum terjadi dalam rentang perbandingan diameter orific dengan diameter tangki antara 14% - 18% masing-masing untuk *head* rendah dan *head* tinggi, dengan ketinggian pusaran air berbanding lurus dengan debit aliran.



Gambar 6. Bagian pada tangki sirkulasi yang menyatakan perbandingan antara profil permukaan aktual dan teoritis.



Gambar 7. Skema ilustrasi yang menyatakan kecepatan rata rata melintasi perpotongan antara sudu dan air.

Besarnya daya masukan teoritis maksimum dapat dihitung dengan persamaan

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_v$$

dimana  $H_v$  adalah tinggi pusaran

Daya mekanik yang dihasilkan poros runner, besarnya dapat dicari dengan rumus :

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

Dimana,  $P_m$  adalah daya mekanik (watt),  $T$  adalah torsi pada poros (Nm),  $n$  adalah putaran turbin (rpm)

Efisiensi turbin (sistem) merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan poros dengan daya hidrolik

$$\eta_t = \frac{P_m}{P_h} \times 100\%$$

Dimana,  $\eta_t$  adalah efisiensi turbin (%),  $P_m$  adalah daya mekanik (watt),  $P_h$  adalah daya hidrolik (watt)

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan membuat turbin air aliran pusar yang terdiri dari runner turbin dan bagian pembangkit pusaran (baskom pusar). *Runner* turbin terdiri dari lengan sudu dan sudu turbin. *Runner* yang dibuat dari stainless steel sebanyak 4 buah. *Runner* dan sudu dapat dibongkar-pasang pada instalasi pengujian.

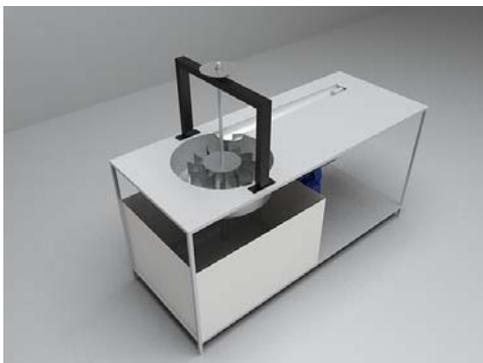
Instalasi pengujian (Gambar8) terdiri dari komponen utama pompa air, turbin air aliran pusar, dinamometer, beban turbin, dan instalasi perpipaian, yang dilengkapi alat ukur pengujian meliputi, flow meter, tachometer, thermometer dan alat ukur torsi.

Pengujian yang dilakukan meliputi uji karakteristik turbin, dimana jumlah sudu divariasikan mulai dari jumlah sudu 3 sampai dengan 6, dengandebit air 2,123 liter/dtk. Hasil uji berupa grafik karakteristik turbin untuk masing-masing

jumlah sudu. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit aliranair, putaran dan torsi poros turbin, beban.turbin. Parameter yang ditentukan dan merupakan variabel dalam penelitian ini adalah sudut sudu, yaitu,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , Beban turbin divariasikan dan setiap variasi dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter diatas.

Pengujian dilakukan pada kondisi debit konstan pada sudut sudu  $30^{\circ}$  dengan sudu berjumlah 3, pada kondisi tersebut beban dinamometer (*prony break*) divariasikan, pada setiap variasi beban dilakukan pencatatan terhadap parameter uji di atas.

Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk jumlah sudu yang berbeda dan sudut sudu yang berbeda pula.



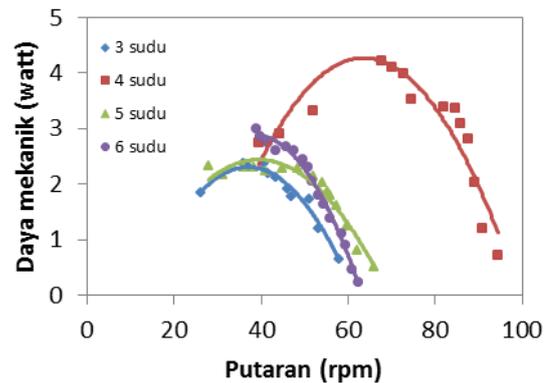
Gambar 8. Skema instalasi pengujian turbin air aliran pusar yang direncanakan

### 3. Hasil Dan Pembahasan

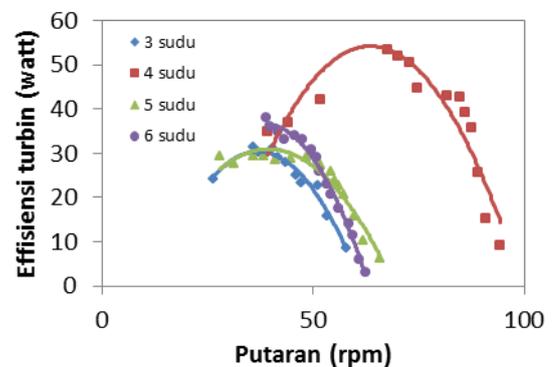
Untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu dan sudut sudu terhadap kinerja turbin **Savonius yang diterapkan pada pusaran air**, telah dilakukan uji karakteristi turbin dengan variabel jumlah sudu dan sudut sudu, dimana jumlah sudu divariasikan mulai dari 3 hingga 6 sudu dan sudut  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  dan  $60^{\circ}$ . Pengujian turbin dilakukan dengan kapasitas aliran air 2,123 liter/detik

#### 3.1. Karakteristik efisiensi dan daya mekanik turbin Savonius sudut $30^{\circ}$

Hasil uji karakteristik efisiensi turbin Savonius untuk sudut sudu  $30^{\circ}$  dengan jumlah sudu ( 3 sudu, 4 sudu, 5 sudu dan 6 sudu). Kedua kurva dalam Gambar 9 dan 10 memiliki tren yang sama yaitu efisiensi dan daya akan meningkat dengan meningkatnya putaran turbin hingga mencapai titik maksimum pada putaran tertentu, kemudian menurun dengan bertambahnya putaran turbin.



Gambar 9. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Daya mekanik pada  $\angle 30^{\circ}$



Gambar 10. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Efisiensi pada  $\angle 30^{\circ}$

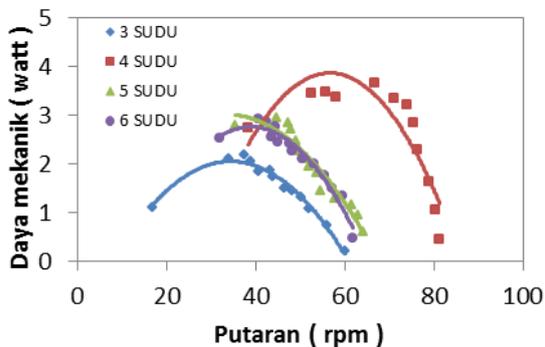
Pengujian turbin yang dilakukan menghasilkan efisiensi maksimum dan daya maksimum untuk sudut sudu  $30^{\circ}$  oleh masing-masing jumlah sudu adalah sebagai berikut : untuk jumlah sudu 3 efisiensi maksimum 30,14 % dengan daya maksimum 2,374 watt pada putaran 36 rpm, untuk jumlah sudu 4 efisiensi maksimum 53,441 % dengan daya maksimum 4,21 watt pada putaran 67,7 rpm, untuk jumlah sudu 5 efisiensi maksimum 29,317 % dengan daya maksimum 2,31 watt pada putaran 38,3 rpm dan untuk jumlah sudu 6 efisiensi maksimum 38,151 % dengan daya maksimum 3,005 watt pada putaran 38,9 rpm.

Turbin Savonius dengan jumlah sudu 4 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 53,441 % diikuti turbin berjumlah sudu 6 dengan efisiensi 38,151% kemudian turbin berjumlah sudu 3 dengan efisiensi 30,14% dan yang terakhir turbin berjumlah sudu 5 dengan efisiensi 29,317%.

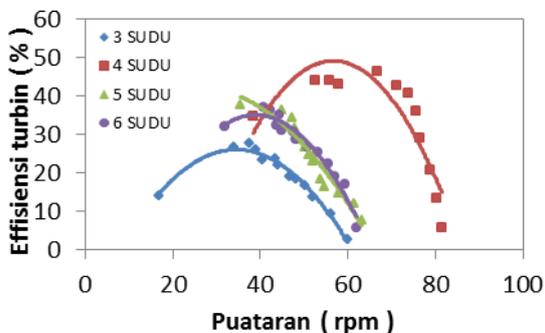
#### 3.2.Karakteristik efisiensi dan daya mekanik turbin Savonius sudut $45^{\circ}$

Dengan metode yang sama hasil uji karakteristik efisiensi dan daya turbin Savonius untuk sudut  $45^{\circ}$  dengan jumlah sudu ( 3 sudu, 4 sudu, 5 sudu dan 6 sudu) '. Keempat kurva dalam Gambar 11 dan 12 memiliki tren yang sama yaitu

efisiensi dan daya akan meningkat dengan meningkatnya putaran turbin hingga mencapai titik maksimum pada putaran tertentu, kemudian menurun dengan bertambahnya putaran turbin.



Gambar 11. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Daya mekanik pada  $\angle 45^\circ$



Gambar 12. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Efisiensi turbin pada  $\angle 45^\circ$

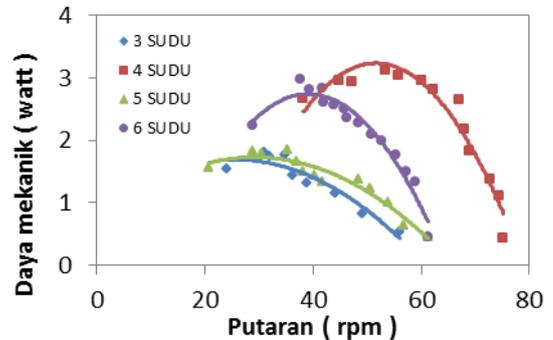
Pengujian turbin yang dilakukan menghasilkan efisiensi maksimum dan daya maksimum untuk sudut sudu  $45^\circ$  dicapai oleh masing-masing jumlah sudu adalah sebagai berikut : untuk jumlah sudu 3 efisiensi maksimum 27,882 % dengan daya maksimum 2,2,196 watt pada putaran 37,6 rpm, untuk jumlah sudu 4 efisiensi maksimum 46,408 % dengan daya maksimum 3,655 watt pada putaran 66,9 rpm, untuk jumlah sudu 5 efisiensi maksimum 37,591 % dengan daya maksimum 2,961 watt pada putaran 44,9 rpm dan untuk jumlah sudu 6 efisiensi maksimum 37,086 % dengan daya maksimum 2,921 watt pada putaran 40,8 rpm.

Efisiensi tertinggi dicapai oleh turbin savonius berjumlah sudu 4 yaitu 46,408 % kemudian turbin berjumlah sudu 5 yaitu 37,591 % , turbin berjumlah sudu 6 yaitu 37,086 % kemudian yang terendah turbin berjumlah sudu 3 yaitu 27,882 %.

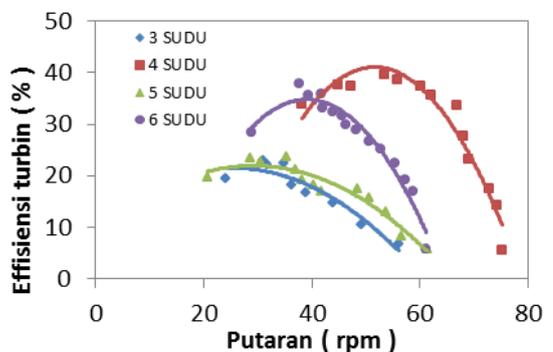
### 3.3.Karakteristik efisiensi dan daya mekanik turbin Savonius sudu $60^\circ$

Demikian pula hasil uji karakteristik efisiensi dan daya turbin Savonius untuk sudut  $60^\circ$ , keempat kurva dalam Gambar 13 dan 14 memiliki tren yang sama pula yaitu efisiensi dan daya akan

meningkat dengan meningkatnya putaran turbin hingga mencapai titik maksimum pada putaran tertentu, kemudian menurun dengan bertambahnya putaran turbin.



Gambar 13. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Daya mekanik pada  $\angle 60^\circ$



Gambar 14. Grafik hubungan antara Putaran terhadap Efisiensi turbin pada  $\angle 60^\circ$

Pengujian turbin yang dilakukan menghasilkan efisiensi maksimum dan daya maksimum untuk sudut sudu  $60^\circ$  oleh masing-masing jumlah sudu adalah sebagai berikut : untuk jumlah sudu 3 efisiensi maksimum 22,913 % dengan daya maksimum 1,805 watt pada putaran 30,9 rpm, untuk jumlah sudu 4 efisiensi maksimum 39,598 % dengan daya maksimum 3,119 watt pada putaran 53,4 rpm, untuk jumlah sudu 5 efisiensi maksimum 23,576 % dengan daya maksimum 1,857 watt pada putaran 35,2 rpm dan untuk jumlah sudu 6 efisiensi maksimum 37,775 % dengan daya maksimum 2,975 watt pada putaran 37,6 rpm.

Turbin Savonius dengan jumlah sudu 4 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 39,598 % diikuti turbin berjumlah sudu 6 dengan efisiensi 37,775 % kemudian turbin berjumlah sudu 5 dengan efisiensi 23,576 % dan yang terakhir turbin berjumlah sudu 3 dengan efisiensi 22,913 %.

### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

#### **4.1 Kesimpulan :**

Pengujian turbin yang dilakukan dengan kapasitas aliran air 2,123 liter/detik, daya mekanik tertinggi dicapai oleh turbin Savonius dengan jumlah sudu 4 pada sudut  $30^0$ , saat putaran poros 67,7 rpm, sebesar 4,20 watt dan efisiensi turbin tertinggi sebesar 53,44%.

#### **4.2. Saran :**

Diperlukan diameter baskom pusaran air yang lebih besar, dan variasi diameter lubang keluaran pada dasar baskom, agar dapat menghasilkan potensi kekuatan pusaran air yang tinggi.

#### **Daftar Pustaka**

- Ariati, R. 2008. Pengembangan Desa Mandiri Energi (DME) Berbasis Energi Non Fossil. [http://www.energi\\_terbarukan.net](http://www.energi_terbarukan.net), diakses 27 Desember 2010
- S. Mulligan 1\* & P. Hull 1, Design and Optimisation of a Water Vortex Hydropower Plant, Department of Civil Engineering and Construction, IT Sligo Funded by the Sligo Institute of Technology Presidents Bursary Awards
- Zotlöterer, Franz, 2008, The Water Vortex Power Plant Technology is a worldwide first and unique technology that clears water in rivers and produces electricity." -- (Nov. 13, 2008)
- Zotlöterer, Franz, 2008, People from all over the world contact us because of our water vortex power plant - a technologie which makes our rivers clear again and produce electriciy. --; Nov. 5, 2008