



## MODEL TURBIN TURGO MULTI NOSEL DENGAN MODIFIKASI BENTUK SUDU UNTUK PEMBAGKIT LISTRIK TENAGA PICOHIDRO

Bono\*, Gatot Suwoto, Margana

Jurusan Teknik Mesin, Polines  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50275

\*E-mail: [onobono61@gmail.com](mailto:onobono61@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji kinerja Model Turbin Turgo Multi nosel untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro dengan modifikasi bentuk sudu. Piringan putar (runner) turbin yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut sudut masuk sudu  $\alpha_1 = 400$ , sudut keluar sudu  $\alpha_2 = 100$ , jumlah sudu (Z) 20 buah, diameter runner (D) 160 mm, dengan sudu berbentuk mangkuk dan trapesium. Uji karakteristik turbin dilakukan pada kedua bentuk sudu dengan jumlah nosel divariasikan mulai dari 1 buah sampai dengan 3 buah. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit aliran, tekanan pada nosel, putaran dan torsi poros turbin, serta tegangan dan arus listrik yang keluaran dari generator. Pengujian dilakukan pada kedua bentuk sudu dengan kondisi debit dan head konstan, dengan jumlah nosel 1 buah, pada kondisi tersebut beban generator divariasikan, pada setiap variasi beban dilakukan pencatatan terhadap parameter uji di atas. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan tahapan yang sama untuk jumlah nosel 2 buah dan 3 buah. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sudu bentuk mangkuk memberikan hasil yang lebih baik daripada sudu bentuk trapesium. Daya mekanik terbesar yang mampu dibangkitkan adalah 114,56 watt, pada putaran turbin 558,83 rpm, untuk sudu bentuk mangkuk, dan sebesar 106,63 watt, pada putaran turbin 523 rpm, untuk sudu bentuk trapesium.

**Kata Kunci:** *Turbin Turgo, multi nosel, modifikasi bentuk sudu*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara besar dengan 33 provinsi dan memiliki tidak kurang dari 70 ribu desa. Saat ini 45% dari desa tersebut dikategorikan sebagai Desa Tertinggal yang ditandai dengan terbatasnya akses masyarakat terhadap energi. Departemen ESDM sebagai departemen teknis yang menangani energi telah melaksanakan program Desa Mandiri Energi (DME) yaitu, program penyediaan energi dengan memanfaatkan potensi energi setempat baik berbasis Bahan Bakar Nabati (BBN) maupun non-BBN dengan teknologi yang dapat dioperasikan oleh masyarakat setempat. (program-desa-mandiri-energi-dme-departemen-esdm)

Desa Mandiri Energi adalah desa yang masyarakatnya memiliki kemampuan memenuhi lebih dari 60 % kebutuhan energinya (listrik dan bahan bakar) dari energi

terbarukan yang dihasilkan melalui pendayagunaan potensi sumberdaya setempat. Secara nyata, Desa Mandiri Energi bertujuan untuk membuka lapangan kerja, mengurangi kemiskinan, dan menciptakan kegiatan ekonomi produktif. Sedangkan, tujuan utama pengembangan Desa Mandiri Energi adalah mengurangi kemiskinan dan membuka lapangan kerja untuk mensubstitusi bahan bakar minyak. (Fitri D. W, 2010)

Selama ini energi listrik disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun masih belum dirasakan secara merata oleh masyarakat terutama masyarakat pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan listrik. Beberapa desa yang belum terjangkau listrik PLN memiliki potensi mikrohidro yang belum dimanfaatkan.

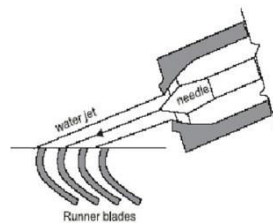
Sumber energi picohidro dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah energi tersebut ke dalam bentuk energi listrik melalui teknologi sistem pembangkit listrik tenaga picohidro, yang terdiri dari komponen utama reservoir, turbin air, generator listrik, dan instalasi perpipaan. Turbin air merupakan penggerak mula yang mengubah energi kinetik dari jet (aliran air dengan kecepatan tinggi) menjadi energi mekanik berupa putaran roda turbin. Energi mekanik tersebut kemudian digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan listrik. Turbin air yang biasa digunakan adalah jenis impuls, diantaranya adalah turbin Pelton maupun turbin Turgo.

Ketinggian (head) dan kapasitas (debit air) aliran merupakan faktor utama didalam menentukan jenis turbin air yang akan digunakan. Selama ini pembangkit listrik tenaga air skala mikro menggunakan turbin air jenis Pelton dan Crossflow, sedangkan turbin Turgo sendiri masih jarang dijumpai di Indonesia. Selain turbin Pelton, jenis turbin impulse lainnya adalah turbin Turgo yang awalnya dipatenkan oleh European company pada tahun 1919. Turbin Turgo adalah jenis turbin yang sesuai untuk menggantikan turbin Pelton nosel ganda (*multi nozzle*) dengan head rendah maupun turbin Francis dengan head tinggi. Turbin Turgo dapat bekerja pada head menengah antara 15 sampai dengan 300 m. (Anagnostopoulos dan Papantonis, 2008).

Seperti turbin Pelton, turbin Turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut  $20^\circ$ . Kecepatan putar turbin Turgo lebih besar dari turbin Pelton. Selain itu turbin Turgo juga menampung air yang tidak terbatas berbeda dengan turbin Pelton yang daya tampung dari air yang akan melalui sudu terbatas karena arah air yang meninggalkan sudu berlawanan dengan arah air yang akan menuju kesudu sehingga kecepatan putar turbin Turgo lebih besar

dibanding turbin Pelton dan dapat menggantikan turbin Pelton multi jet. Sehingga dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi sistem sekaligus menurunkan biaya perawatan.

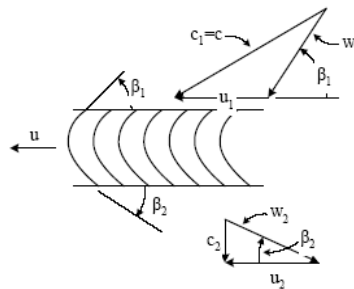
Kualitas aliran jet yang dihasilkan oleh nosel dapat mempengaruhi kinerja turbin. Penelitian tentang hal ini dilakukan oleh Kvicinsky dkk (2002), dimana analisis aliran jet pada permukaan sudu turbin dilakukan secara numerik maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudu sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah.



**Gambar 1.** Nosel Turbin Turgo



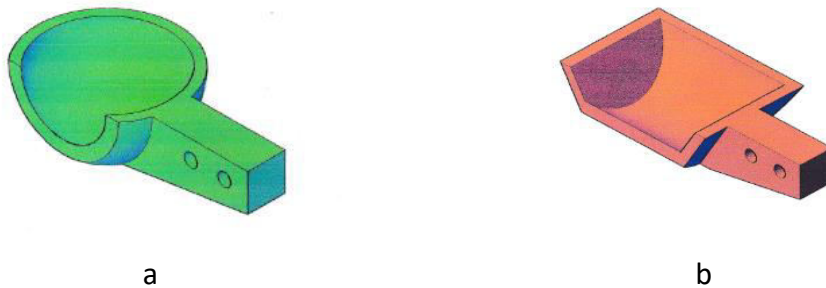
**Gambar 2.** Turbin Turgo



**Gambar 3.** Segitiga Kecepatan pada turbin Turgo  
(Anagnostopoulos dan Papantonis, 2008)

## METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan membuat turbin Turgo yang terdiri runner turbin dan rumah turbin. Runner turbin terdiri dari sudu dan piringan yang terbuat dari bahan alumunium. Piringan turbin dibuat sebanyak dua buah, dengan masing masing piringan memiliki memiliki sudu sebanyak 20 buah, serta bentuk sudu yang berbeda, yaitu bentuk sudu mangkuk dan bentuk sudu trapesium. Rumah turbin dilengkapi dengan nosel yang berfungsi untuk pengarah aliran dan pembangkit jet, dengan jumlah nosel sebanyak 3 buah dimana sudut kemiringan masing masing nosel diatur pada kemiringan  $20^\circ$ . Sedangkan rumah turbin sendiri dari plat galvalum yang dilengkapi dengan penutup yang terbuat dari akrilik sehingga mempermudah untuk melihat proses kerjanya. Pengujian dilakukan meliputi uji karakteristik turbin, dimana tekanan pada nosel dibuat konstan sebesar 10 mka, dengan debit sebesar 90 liter/menit, 60 liter/menit, dan 30 liter/menit, masing masing untuk 3, 2, dan 1 nosel. Hasil uji berupa hasil grafik karakteristik turbin Turgo untuk masing-masing bentuk sudu dan jumlah nosel. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit, tekanan, torsi, putaran, tegangan dan arus.



**Gambar 4.** Sudu turbin Turgo, (a). Bentuk mangkuk, (b). bentuk trapesium



**Gambar 5.** Runner turbin Turgo yang dibuat, sudu mangkuk, (b) sudu trapesium

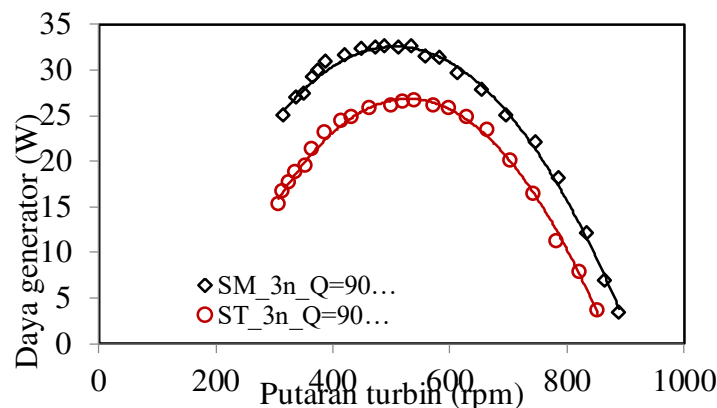
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Piringan turbin yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut : diameter rata-rata piringan 160 mm. sudut masuk sudu  $\beta_1=40^\circ$  , sudut keluaran sudu  $\beta_2=10^\circ$  , jumlah sudu  $Z= 20$  buah, sudut kemiringan nosel =  $20^\circ$ .

Grafik hubungan antara daya mekanik, daya generator, efisiensi sistem terhadap putaran turbin pada sudut kemiringan nosel  $20^\circ$  pada tekanan 10 mka serta debit 90 liter/menit, 60 liter/menit, 30 liter/menit, dapat dilihat pada gambar 6, 7, 8 dan 9.

### 1. Karakteristik Putaran terhadap Daya Generator pada sudu Mangkuk dan sudu trapesium dengan 3 nosel

Karakteristik putaran terhadap daya generator untuk sudu bentuk mangkuk dan bentuk dengan debit 90 liter/menit dan head 10 m, memiliki kecenderungan yang sama yaitu daya mekanik meningkat seiring bertambahnya putaran turbin hingga mencapai titik puncak, kemudian turun meskipun putaran turbin terus bertambah. Grafik karakteristik putaran terhadap daya generator dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya Generator pada debit 90 l/menit, head 10 m

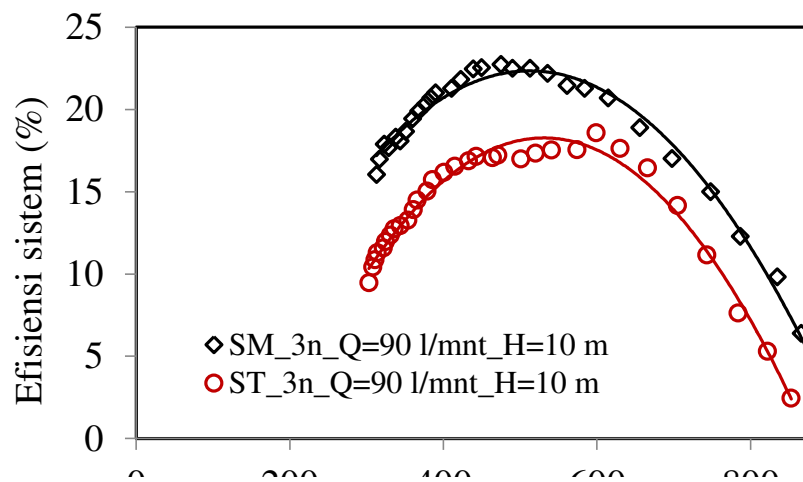
Berdasarkan gambar 6, turbin Turgo menggunakan 3 nosel, dapat diketahui bahwa *runner* turbin Turgo yang menghasilkan daya generator tertinggi pada masing masing bentuk sudu adalah sebagai berikut :

Pada debit 90 liter/menit dan head 10 m, daya generator tertinggi yang mampu dihasilkan oleh sudu mangkuk adalah 32,758 W pada putaran turbin 512,1 rpm sedangkan pada sudu trapesium daya generator yang dapat dihasilkan adalah 28,23 W pada putaran turbin 542,43 rpm .

Dari keadaan di atas terlihat adanya perbedaan nilai daya generator dari kedua bentuk sudu sebesar 4,528 W dimana sudu bentuk mangkuk menghasilkan daya generator yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudu bentuk trapesium.

## 2. Karakteristik Putaran terhadap Efisiensi pada sudu Mangkuk dan sudu trapesium dengan 3 nosel

Karakteristik putaran terhadap efisiensi sistem untuk sudu mangkuk dan sudu trapesium, pada dengan debit 90 liter/menit dan head 10 m, memiliki kecenderungan yang sama yaitu efisiensi turbin meningkat seiring berkurangnya putaran turbin hingga mencapai titik puncak, yang kemudian turun bersamaan dengan menurunnya putaran turbin. Grafik karakteristik putaran terhadap efisiensi sistem dapat dilihat pada gambar 7



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Putaran Terhadap Efisiensi sistem pada debit 90 l/menit, head 10 m

Berdasarkan pada gambar 7, dapat diketahui bahwa *runner* turbin Turgo yang menghasilkan efisiensi sistem ( $\eta_s$ ) tertinggi pada masing masing bentuk sudu adalah sebagai berikut :

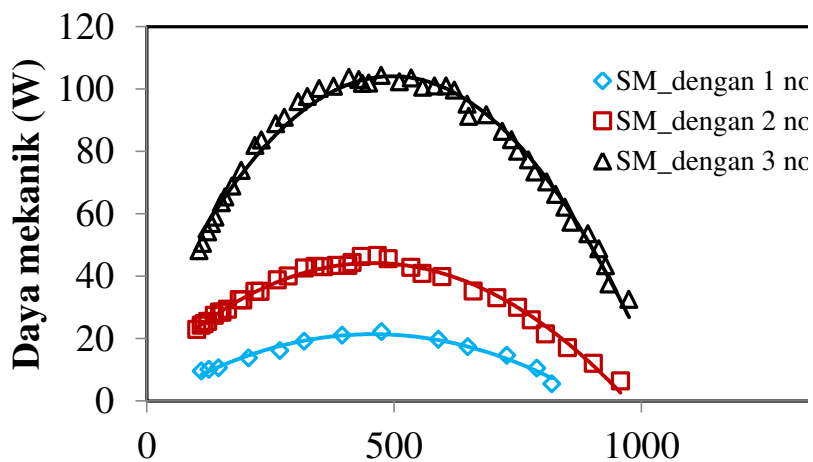
Pada debit 90 liter/menit dan head 10 m, efisiensi sistem tertinggi yang mampu dihasilkan oleh sudu mangkuk adalah 22,21 %, pada putaran turbin 510,27 rpm sedangkan pada sudu trapesium efisiensi sistem yang dapat dihasilkan adalah 19,12 %, pada putaran turbin 541,4 rpm .

Dari keadaan di atas terlihat adanya perbedaan nilai efisiensi sistem dari kedua bentuk sudu sebesar 3,09 %, dimana sudu bentuk mangkuk menghasilkan efisiensi sistem yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudu bentuk trapesium.

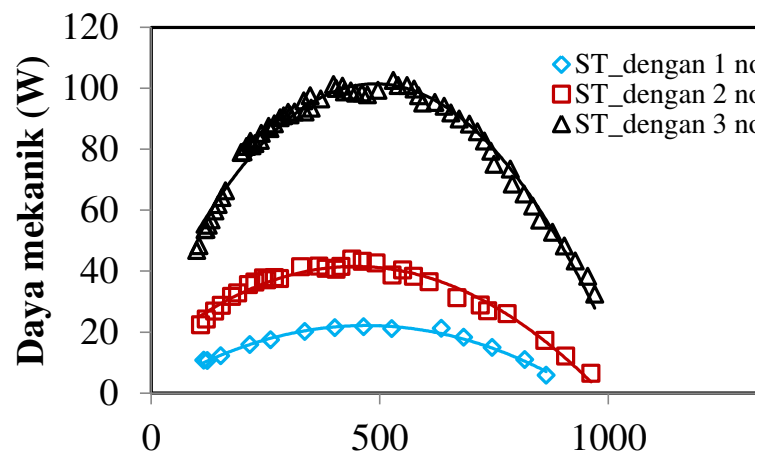
### 3. Karakteristik Putaran terhadap Daya Mekanik pada sudu mangkuk dan sudu trapesium

Karakteristik putaran terhadap daya mekanik untuk sudu bentuk mangkuk dan sudu bentuk trapesium dengan variasi jumlah nosel 1, 2, dan 3 buah, pada head konstan 10 m, serta debit masing masing sebesar 30 liter/menit untuk 1 nosel, 60 liter/menit untuk 2 nosel dan 90 liter/menit untuk 3 nosel, memiliki kecenderungan yang sama yaitu daya mekanik meningkat seiring bertambahnya putaran turbin hingga mencapai titik puncak, kemudian turun meskipun putaran turbin terus bertambah.

Besarnya daya mekanik yang dapat dibangkitkan oleh turbin dengan sudu bentuk mangkuk berturut turut sebagai berikut: untuk 3 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 114,56 watt pada putaran 558,83 rpm, untuk 2 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 45,27 watt pada putaran 470,1 rpm, untuk 1 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 23,14 watt pada putaran 492,5 rpm



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya Mekanik pada sudu mangkuk  
Sedangkan daya mekanik yang dapat dibangkitkan oleh turbin dengan sudu bentuk trapesium berturut turut sebagai berikut: untuk 3 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 106,63 watt pada putaran 523 rpm, untuk 2 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 41,89 watt pada putaran 425,68 rpm, untuk 1 nosel, daya mekanik tertinggi sebesar 21,49 watt pada putaran 455 rpm.



**Gambar 9.** Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya Mekanik pada sudu trapesium

Jika daya mekanik yang dihasilkan pada masing masing sudu bentuk mangkuk dan sudu bentuk trapesium dibandingkan satu dengan lainnya, maka pada saat turbin beroperasi dengan 3 nosel antara sudu mangkuk dengan sudu trapesium terjadi perbedaan sebesar 7,93 watt, Perubahan bentuk sudu dari bentuk mangkuk menjadi bentuk trapesium memberikan dampak penurunan daya mekanik sebesar 6,92%.

Pada saat turbin beroperasi dengan 2 nosel antara sudu mangkuk dengan sudu trapesium terjadi perbedaan sebesar 3,38 watt, Perubahan bentuk sudu dari bentuk mangkuk menjadi bentuk trapesium memberikan dampak penurunan daya mekanik sebesar 7,47%.

Pada saat turbin beroperasi dengan 1 nosel antara sudu mangkuk dengan sudu trapesium terjadi perbedaan sebesar 1,65 watt, Perubahan bentuk sudu dari bentuk mangkuk menjadi bentuk trapesium memberikan dampak penurunan daya mekanik sebesar 7,13%.

## SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya generator yang dibangkitkan oleh Sudu bentuk mangkuk lebih tinggi dibandingkan dengan daya generator yang dibangkitkan oleh sudu bentuk trapesium
2. Daya generator yang dapat dibangkitkan oleh turbin Turgo dengan 3 nosel pada debit 90 l/menit dan head 10 m, adalah sebagai berikut, untuk turbin dengan sudu bentuk mangkuk, membangkitkan daya generator tertinggi 32,758 watt, dengan putaran



- 512,1 rpm, sedangkan turbin dengan sudu bentuk trapesium, membangkitkan daya generator tertinggi 28,23 watt, dengan putaran 542,43 rpm
3. Efisiensi sistem yang dapat dibangkitkan oleh turbin Turgo dengan 3 nosel pada debit 90 l/menit dan head 10 m, adalah sebagai berikut, untuk sudu bentuk mangkuk, menghasilkan efisiensi tertinggi 22,21 %, dengan putaran 510,27 rpm, sedangkan turbin dengan sudu bentuk trapesium, menghasilkan efisiensi tertinggi 19,12 %, dengan putaran 541,4 rpm
  4. Pada pengujian dengan 3 nosel pada debit 90 l/menit dan head 10 m, daya mekanik tertinggi yang mampu dibangkitkan adalah sebagai berikut: untuk sudu mangkuk, daya mekanik tertinggi 114,56 watt, dengan putaran 558,83 rpm, sedangkan untuk sudu trapesium, daya mekanik tertinggi 106,63 watt, dengan putaran 523 rpm
  5. Pada pengujian dengan 2 nosel pada debit 60 l/menit dan head 10 m, daya mekanik tertinggi yang mampu dibangkitkan adalah sebagai berikut: untuk sudu mangkuk, daya mekanik tertinggi 45,27 watt, dengan putaran 470,1 rpm, sedangkan untuk sudu trapesium, daya mekanik tertinggi 41,89 watt, dengan putaran 425,68 rpm
  6. Pada pengujian dengan 1 nosel pada debit 30 l/menit dan head 10 m, daya mekanik tertinggi yang mampu dibangkitkan adalah sebagai berikut: untuk sudu mangkuk, daya mekanik tertinggi 23,14 watt, dengan putaran 492,5 rpm, sedangkan untuk sudu trapesium, daya mekanik tertinggi 21,49 watt, dengan putaran 455 rpm

## DAFTAR PUSTAKA

- Anagnostopoulos, J.S., dan Papantonis, D.E., 2008, *Flow Modeling and Runner Design Optimization in Turgo Water Turbines*, *International Journal of Applied Science, Engineering and Technology* 4;3
- Kvicinsky S, JL Kueny, F Avellan, E Parkinson. 2002. *Experimental and Numerical Analysis of Free surface flows in A Rotating Bucket*. Proceedings of the xxi<sup>st</sup> IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. Lausanne
- Fitrin DW. 2010. *Desa Mandiri Energi : Solusi Perekonomian Indonesia di Abad 21*. [Terhubung Berkala]. <http://www.kamase.org/?p=954>. 10 November 2020
- <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/program-desa-mandiri-energi-dme-departemen-esdm>