

# RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SUDU *FLAT* POROS HORIZONTAL DENGAN VARIASI PERBANDINGAN LUAS CELAH *AIR EXIT* GUNA MENINGKATKAN KINERJA PLTB

Anang Setya Darmawan, Dila Pratiwi, Iqsal Elviyansa, Muhammad Ilham Nazzahudin, Bono, Suwarti

Program Studi Teknik Konversi Energi  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof H. Sudarto, SH., Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50329  
Telp. 7473417, 7499585 (Hunting), Fax. 7472396

## Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan desain turbin angin sudu flat dengan penambahan penyempitan celah (*air exit split*) di sepanjang keluaran sudu turbin angin dengan memberikan variasi perbandingan luas celah antara luas celah udara masuk dan luas celah udara keluar pada *air exit* berfungsi untuk memberikan tambahan gaya dorong saat sudu turbin angin berputar sehingga meningkatkan efisiensi turbin. Hal yang melatar belakangi pembuatan turbin ini yaitu untuk membuat turbin dengan efisiensi yang lebih besar dengan skala pembuatan turbin sesuai dengan parameter yang digunakan di laboratorium sehingga kedepannya dapat dikembangkan menjadi turbin angin yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan nyata. Turbin angin yang digunakan dalam rancang bangun ini menggunakan bahan dasar plat galvanis dengan tebal plat 1 mm yang dibentuk sedemikian rupa yang memiliki lebar sudu 8 cm dan 10 cm serta variasi lebar celah masuk *air exit* sebesar 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Pengujian turbin angin ini menggunakan variabel berupa kecepatan angin 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s dan 10 m/s. metode pengujian alat dilakukan di laboratorium dengan bantuan blower sebagai penghembus angin. sedangkan parameter uji berupa putaran poros turbin, putaran poros generator, torsi generator, tegangan, dan arus. Data-data hasil pengujian berupa tegangan generator, arus yang dihasilkan generator, torsi pada generator dan putaran pada generator selanjutnya diolah untuk mengetahui efisiensi sistem dan daya output. Data tersebut diolah dan didapatkan efisiensi terbaik pada sudu flat lebar sudu 80 mm yaitu sebesar 6.01% untuk putaran 184.2 rpm pada kecepatan angin 6 m/s dengan penambahan *air exit* variasi lebar celah masuk 40 mm. Efisiensi terbaik pada sudu flat lebar sudu 100 mm yaitu sebesar 3.29% untuk putaran 176.3 rpm pada kecepatan angin 6 m/s dengan penambahan *air exit* variasi lebar celah masuk 40 mm.

**Kata kunci** : Turbin Angin Poros Horizontal Sudu Flat Air Exit Split, lebar celah masuk, gaya dorong

## Pendahuluan

Angin merupakan sumber daya yang tidak ada habisnya. Di Indonesia terdapat beberapa daerah yang memiliki potensi energi angin untuk produksi listrik. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk produksi listrik dan mendukung program pengurangan emisi karena tidak menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> selama proses produksi energi listrik oleh turbin angin.

Turbin angin yang banyak digunakan saat ini adalah poros horizontal (TAPH). Jenis turbin angin poros horizontal yang memiliki unjuk kerja yang lebih baik adalah rotor sudut tipe propeller. Jenis

rotor propeller dengan sudu multi blade bekerja optimum pada kecepatan angin yang relatif rendah. Kelebihan dari turbin angin poros horizontal (TAPH) adalah memiliki efisiensi yang lebih tinggi, karena sudu selalu bergerak tegak lurus terhadap angin dan menerima daya sepanjang putaran. Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit listrik tenaga angin. Pembangkit listrik tenaga angin yang berkembang saat ini masih memiliki daya yang relatif kecil, hal tersebut dikarenakan turbin yang ada masih memiliki efisiensi yang rendah. Oleh

karena itu, pada penelitian ini sudu turbin propeller yang semula dengan sudu flat akan dikembangkan dengan menambahkan variasi lebar celah air exit. Dengan adanya variasi tersebut diharapkan gaya dorong yang didapatkan tinggi sehingga dapat meningkatkan kinerja turbin. Dari data Badan meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menyatakan bahwa kecepatan angin di tiap daerah di Indonesia berbeda-beda, pada tahun 2015 kecepatan angin tertinggi terjadi di daerah Kepulauan Bangka Belitung sebesar 4,05 m/s, daerah Nusa Tenggara Timur sebesar 4,04 m/s, dan daerah Jawa Timur sebesar 3,88 m/s. Dari data kecepatan angin tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin di Indonesia cenderung memiliki kecepatan angin yang rendah, oleh karena itu muncul gagasan untuk membuat turbin angin dengan kecepatan angin relatif rendah yaitu turbin angin sudu *flat* tipe poros horizontal. Penelitian ini adalah melanjutkan dari penelitian sebelumnya, mengenai kinerja turbin angin dengan penambahan sudu *air exit split* pada tipe poros horizontal dengan variasi sudut *air exit* sebesar 30°, 45°, dan 60° oleh Tri Mulyo, dkk. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa turbin yang menghasilkan efisiensi paling baik adalah sudut *air exit* sebesar 60°. Dari hasil penelitian tersebut muncul sebuah gagasan untuk membuat variasi lebar celah pada sisi bagian masuk *air exit* masing masing 30 mm, 32 mm, 34 mm, dan 40 mm. dengan harapan mampu meningkatkan nilai efisiensi turbin angin menjadi lebih baik. Turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan variasi lebar celah *air exit* merupakan turbin angin poros horizontal pengembangan dari turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan penambahan sudu *air exit*. Turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan penambahan sudu *air exit split* yang sudah ada memiliki sudut terbaik 60°,

sehingga dilakukan penelitian kembali untuk mendapatkan lebar celah masuk *air exit* yang memiliki efisiensi tertinggi. angin sudu *flat* poros horizontal variasi lebar celah *air exit* cocok untuk kecepatan angin yang relatif rendah sekitar 6-8 m/s. Dalam penelitian ini, digunakan dua perumusan masalah yaitu pengembangan turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan variasi lebar celah *air exit* yaitu :

- a. Apakah pemberian variasi perbandingan lebar celah *air exit* pada sudu turbin angin propeller dengan sudu *flat* dapat menghasilkan daya mekanik yang besar sehingga menghasilkan efisiensi yang tinggi?
- b. Apakah pemberian variasi perbandingan lebar celah *air exit* pada sepanjang keeluan sudu memberikan pengaruh pada kecepatan keluaran sudu? Untuk menjawab perumusan masalah tersebut maka akan dilakukan variasi lebar celah 30 mm, 32 mm , 34 mm dan 40 mm

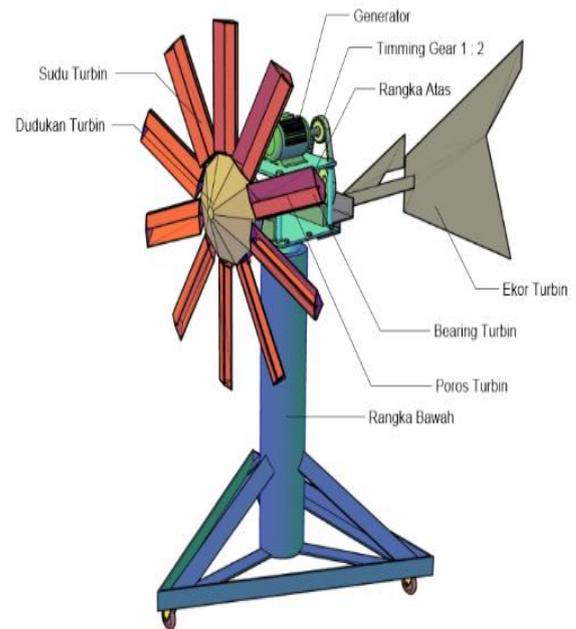
### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan melakukan penelusuran sumber-sumber pustaka yang terkait dengan penelitian kami, serta dengan cara melakukan pengujian terhadap turbin yang kami buat. Untuk mendapatkan pemahaman yang *komprehensif*, langkah-langkah penelitian diuraikan seperti berikut ini. Persiapan langkah ini dilakukan berdasarkan objek penelitian meliputi jurnal-jurnal dan artikel. Metode ini dilakukan dengan cara menelusuri di internet dan mempelajari buku-buku tentang turbin angin yang telah ada dari perpustakaan. Desain model turbin, setelah melakukan studi pustaka didapatkan beberapa sumber pustaka tentang model turbin. Turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan penambahan sudu *air exit* yang telah ada terbuat dari bahan plat galvanis

ketebalan 1,2 mm. Kemudian untuk pembuatan variasi lebar sudu dan variasi lebar celah *air exit* dibuat dari bahan yang sama, yaitu plat galvanis dengan ketebalan 1 mm. Sudu *flat* mempunyai panjang 30 cm dan lebar sudu 8 cm dan 10 cm. sudu *air exit* mempunyai panjang dan lebar 6 cm. Pada penelitian ini akan dibuat model turbin angin sudu *flat* poros horizontal dengan variasi lebar celah masuk 30 mm, 32 mm, 34 mm, dan 40 mm. Teknik pengumpulan data didapatkan dengan menggunakan 1 set blower untuk memutar turbin angin, anemometer untuk mengetahui kecepatan angin, neraca pegas (*dynamometer*) untuk mengukur massa untuk mendapatkan nilai torsi, tachometer untuk mengukur kecepatan putaran poros turbin angin, tegangan dengan menggunakan voltmeter dan arus dengan menggunakan amperemeter. Uji kinerja turbin, dilakukan untuk mengetahui kinerja dari variasi celah 30 mm, 32 mm, 34 mm, dan 40 mm kemudian dari pengujian tersebut diperoleh lebar celah masuk *air exit* terbaik. Pengujian dilakukan pada 5 variasi kecepatan angin, yaitu 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s dan 10 m/s. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah massa untuk mendapatkan nilai torsi, putaran turbin, kecepatan angin, tegangan dan arus. Setelah semua pengujian selesai maka didapat data hasil kinerja dari turbin dan selanjutnya dapat dibuat grafik karakteristik kinerja dari turbin tersebut. Melakukan pengolahan data ditunjukkan dalam bentuk tabel dan kurva karakteristik kinerja turbin angin.

### Hasil dan Pembahasan

Model turbin yang kami gunakan untuk penelitian ini adalah seperti gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Model Turbin Angin Sudu Flat Poros Horizontal dengan Variasi Lebar Celah Masuk Air Exit**

Berikut adalah data hasil percobaan dan pengolahan data kami sajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

**Tabel 1 Hasil Pengujian Lebar Celah 30 mm pada kecepatan angin 6 m/s**

No	Kecepatan angin (m/s)	Beban (Watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran Generator (rpm)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (Kg)	Luas Sapuan (m)
1	6	0	18.0	0.00	214.9	107.45	0	0.608
2	6	5	12.5	0.30	207.4	103.70	0.152	0.608
3	6	10	8.0	0.48	198.4	99.20	0.250	0.608
4	6	15	6.2	0.64	189.3	94.65	0.295	0.608
5	6	20	4.8	0.76	164.7	82.35	0.305	0.608
6	6	25	4.0	0.82	152.5	76.25	0.330	0.608
7	6	30	3.8	0.83	140.1	70.05	0.350	0.608
8	6	35	3.2	0.88	138.2	69.10	0.370	0.608
9	6	40	2.6	0.97	134.9	67.45	0.390	0.608
10	6	45	2.3	0.97	127.4	63.70	0.410	0.608
11	6	50	2.0	0.90	119.8	59.90	0.415	0.608
12	6	60	2.0	0.92	116.2	58.10	0.425	0.608
13	6	70	1.7	0.93	109.3	54.65	0.435	0.608
14	6	80	1.7	0.95	107.9	53.95	0.440	0.608
15	6	90	1.7	0.96	102.2	51.10	0.475	0.608
16	6	100	1.6	0.96	98.1	49.05	0.470	0.608
17	6	110	1.6	0.98	96.2	48.10	0.495	0.608
18	6	120	0.8	1.00	92.1	46.05	0.500	0.608
19	6	130	0.8	1.10	86.9	43.45	0.510	0.608
20	6	140	0.8	1.20	80.1	40.05	0.520	0.608

**Tabel 2 Hasil Pengujian Lebar Celah 32 mm pada kecepatan angin 6 m/s**

No	Kecepatan angin (m/s)	Beban (Watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran Generator (rpm)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (Kg)	Luas Sapuan (m)
1	6	0	18.0	0.00	220.3	110.15	0	0.608
2	6	5	13.0	0.34	208.9	104.45	0.152	0.608
3	6	10	8.0	0.52	193.4	96.70	0.250	0.608
4	6	15	6.2	0.64	189.2	94.60	0.295	0.608
5	6	20	4.5	0.71	167.7	83.85	0.305	0.608
6	6	25	4.0	0.80	157.5	78.75	0.330	0.608
7	6	30	3.8	0.86	142.2	71.10	0.350	0.608
8	6	35	3.0	0.90	139.1	69.55	0.370	0.608
9	6	40	2.1	0.97	135.2	67.60	0.390	0.608
10	6	45	2.1	0.98	129.4	64.70	0.410	0.608
11	6	50	1.8	0.90	120.8	60.40	0.415	0.608
12	6	60	1.8	0.92	118.9	59.45	0.425	0.608
13	6	70	1.7	0.93	116.7	58.35	0.435	0.608
14	6	80	1.7	0.95	111.3	55.65	0.440	0.608
15	6	90	1.7	0.96	110.9	55.45	0.475	0.608
16	6	100	1.6	0.96	109.8	54.90	0.470	0.608
17	6	110	1.6	0.98	98.2	49.10	0.495	0.608
18	6	120	0.8	1.00	96.3	48.15	0.500	0.608
19	6	130	0.8	1.10	96.9	48.45	0.510	0.608
20	6	140	0.8	1.20	80.2	40.10	0.520	0.608

Tabel 3 Hasil Pengujian Lebar Celah 34 mm pada kecepatan angin 6 m/s

No	Kecepatan angin (m/s)	Beban (Watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Putaran Generator (rpm)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (N)	Luas Sapuan (m)
1	6	0	13.6	0.00	239.8	119.90	0.090	0.608
2	6	5	10.0	0.19	203.2	101.60	0.115	0.608
3	6	10	7.0	0.37	183.4	91.70	0.220	0.608
4	6	15	4.4	0.45	154.5	77.25	0.260	0.608
5	6	20	3.4	0.49	139.1	69.55	0.275	0.608
6	6	25	3.0	0.55	132.4	66.20	0.325	0.608
7	6	30	2.1	0.58	127.4	63.70	0.335	0.608
8	6	35	2.0	0.62	126.6	63.30	0.350	0.608
9	6	40	1.9	0.67	123.1	61.55	0.375	0.608
10	6	45	1.7	0.69	120.6	60.30	0.380	0.608
11	6	50	1.8	0.73	120.5	60.25	0.390	0.608
12	6	60	1.6	0.77	130.9	65.45	0.400	0.608
13	6	70	1.3	0.81	127.5	63.75	0.415	0.608
14	6	80	1.2	0.84	126.6	63.30	0.455	0.608
15	6	90	1.1	0.86	124.1	62.05	0.460	0.608
16	6	100	0.8	0.82	121.1	60.55	0.470	0.608
17	6	110	0.8	0.90	120.8	60.40	0.480	0.608
18	6	120	0.7	0.82	120.7	60.35	0.475	0.608
19	6	130	0.9	0.84	119.8	59.90	0.465	0.608
20	6	140	0.8	0.78	122.7	61.35	0.475	0.608

Cara Perhitungan

1. Daya Input/Daya kinetic (Pkin)  

$$P_{kin} = 0.5 \times \rho \text{ udara} \times A \times v^3$$

$$= 0.5 \times 1.1 \times 0.608 \times 6^3$$

$$= 72.234 \text{ watt}$$

2. Daya Output (Poutput) generator  

$$P_{out} = V \times I$$

$$= 10 \times 0.4$$

$$= 4 \text{ watt}$$

3. Effisiensi Sistem (η Sistem)  

$$\eta \text{ Sistem} = \frac{\text{Daya Output Sistem}}{\text{Daya Input Sistem}} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{72.234} \times 100$$

$$= 5.53 \%$$

4. Daya Poros (Ps)  

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

$$= \frac{2 \times \pi \times 227.7 \times 0.23}{60}$$

$$= 5.481 \text{ Watt}$$

5. Effisiensi Generator  

$$\eta_{generator} = \frac{P_{out}}{P_s} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{5.481} \times 100\%$$

$$= 72,973 \%$$

6. Effisiensi Turbin (ηturbin)  

$$\eta_{turbin} = \frac{\text{Daya Poros}}{\text{Daya Input}} \times 100 \%$$

$$= \frac{5.481}{72.230} \times 100 \%$$

$$= 7,589 \%$$

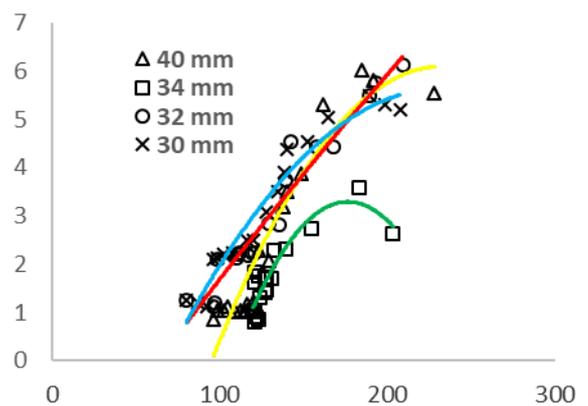
7. Tip Speed Ratio (TSR)

$$TSR = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times v}$$

$$= \frac{\pi \times 0.88 \times 227.7}{60 \times 6}$$

$$= 1.748$$

Berikut ini adalah grafik hasil perhitungan yang telah dilakukan seperti pada contoh diatas.

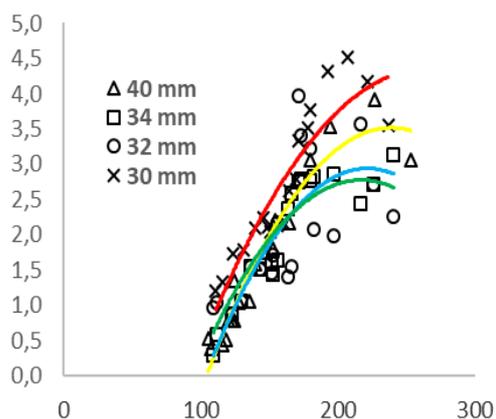


Gambar 2. Grafik Hubungan Efisiensi Sistem terhadap Putaran pada Lebar Sudu 80 mm dengan kecepatan angin 6 m/s

Gambar 2 merupakan grafik hubungan efisiensi sistem terhadap putaran pada lebar sudu 80 mm dengan kecepatan angin 6 m/s pada variasi lebar celah masuk air exit 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan trendline pada variasi lebar celah masuk air exit 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa apabila semakin bertambahnya lebar celah masuk air exit maka putaran turbin akan semakin bertambah. trendline pada grafik diatas membentuk

kurva hiperbolik dan terdapat bentuk yang sedikit lurus. Efisiensi sistem tertinggi yang dihasilkan pada grafik diatas yaitu pada lebar celah masuk *air exit* 32 mm dengan efisiensi sistem yang dihasilkan sebesar 6.117% pada putaran generator 104.45 rpm

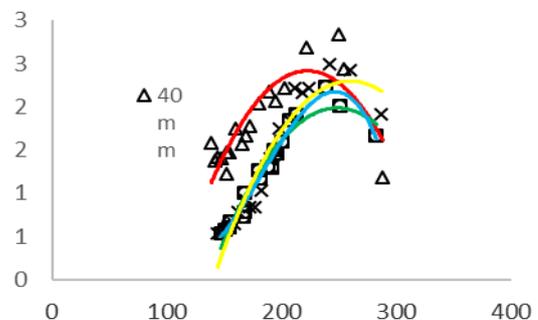
Gambar 3 merupakan grafik hubungan efisiensi sistem terhadap putaran pada lebar sudu 80 mm dengan kecepatan angin 7 m/s pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *trendline* pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa apabila semakin bertambahnya lebar celah masuk *air exit* maka putaran turbin akan semakin bertambah. *trendline* pada seluruh grafik diatas membentuk kurva hiperbolik dan terdapat bentuk yang sedikit lurus. Efisiensi sistem tertinggi yang dihasilkan pada grafik diatas yaitu pada bukaan celah 30 mm dengan efisiensi sistem yang dihasilkan sebesar 4.3 % pada putaran generator 103.40 rpm. Putaran pada Lebar Sudu 80 mm dengan kecepatan angin 8 m/s



**Gambar 4. Grafik Hubungan Efisiensi Sistem terhadap Putaran pada lebar sudu 80 kecepatan angina 8 m/s**

Gambar 4 diatas merupakan grafik hubungan defisiensi sistem terhadap putaran pada lebar sudu 80 mm dengan

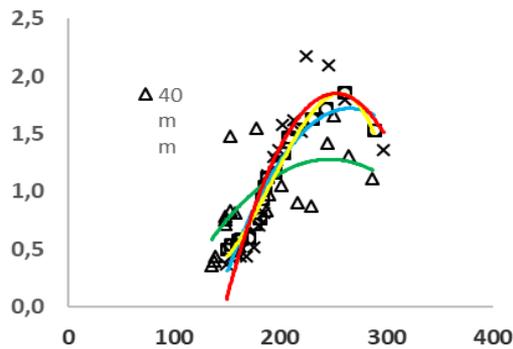
kecepatan angin 8 m/s pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Gambar 3. di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *trendline* pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa apabila semakin bertambahnya lebar celah masuk *air exit* maka putaran turbin akan semakin bertambah. *trendline* pada seluruh grafik diatas membentuk kurva hiperbolik. Efisiensi sistem tertinggi yang dihasilkan pada grafik diatas yaitu pada lebar celah masuk *air exit* 30 mm dengan efisiensi sistem yang dihasilkan sebesar 2,91 % pada putaran generator 274,49 rpm.



**Gambar 5. Grafik Hubungan Efisiensi Sistem terhadap Putaran pada Lebar Sudu 80 mm dengan kecepatan angin 9 m/s**

Gambar 5 diatas merupakan hubungan efisiensi sistem terhadap putaran pada lebar sudu 80 mm dengan kecepatan angin 9 m/s pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *trendline* pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa apabila semakin bertambahnya lebar celah masuk *air exit* maka putaran turbin akan semakin bertambah. *trendline* pada seluruh grafik diatas membentuk kurva hiperbolik. Efisiensi sistem tertinggi yang dihasilkan pada grafik diatas yaitu pada bukaan celah *air exit* 40 mm dengan efisiensi sistem yang

dihasilkan sebesar 2.834 % pada putaran generator 222,3rpm.



**Gambar 6. Grafik Hubungan Efisiensi Sistem terhadap Putaran pada Lebar Sudu 80 mm dengan kecepatan angin 10 m/s**

Gambar 6 merupakan grafik hubungan efisiensi sistem terhadap putaran pada lebar sudu 80 mm dengan kecepatan angin 10 m/s pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *trendline* pada variasi lebar celah masuk *air exit* 40 mm, 34 mm, 32 mm dan 30 mm. Grafik di atas menunjukkan bahwa apabila semakin bertambahnya lebar celah masuk *air exit* maka putaran turbin akan semakin bertambah. *trendline* pada seluruh grafik di atas membentuk kurva hiperbolik. Efisiensi sistem tertinggi yang dihasilkan pada grafik di atas yaitu pada lebar celah masuk *air exit* 30 mm dengan efisiensi sistem yang dihasilkan sebesar 1,86% % pada putaran generator 252,68 rpm.

## Kesimpulan

Berdasarkan data pengujian dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan efisiensi terbaik pada sudu flat lebar sudu 80 mm yaitu sebesar 6,01% untuk putaran 184,2 rpm pada kecepatan angin 6 m/s dengan penambahan air exit variasi lebar celah masuk 40 mm. Efisiensi terbaik pada sudu flat lebar sudu 100 mm yaitu sebesar 3,29 % untuk putara 176,3 rpm

pada kecepatan angin 6 m/s dengan penambahan air exit variasi lebar celah masuk 40 mm. Daya output terbaik pada sudu flat lebar sudu 100 mm yaitu sebesar 5,89 watt pada kecepatan angin 10 m/s dengan penambahan air exit variasi lebar celah masuk 34 mm Turbin ini cocok untuk kecepatan angin rendah karena berdasarkan hasil pengujian efisiensi terbaik terjadi pada pengujian menggunakan kecepatan angin 6 m/s dan 7 m/s Semakin besar keepatan angin yang digunakan dalam pengujian daya output semakin besar namun efisiensinya semakin kecil. Penambahan air exit variasi lebar celah masuk 34 mm

## Daftar Pustaka

- Ahlund, Karin. 2004. *Investigation of the NREL NASA Ames Wind Turbine Aerodynamics Database*, Aeronautics FFASE-17290, Stockholm.
- Andi, 2012. Turbin Angin Ripe Propeler. <http://mit.ilearning.me/kincir-angin-pembangkit-listrik>.
- Himran, Syukri. 2005. Energi Angin. CVBintang. Makassar.