

# PEMANFAATAN UDARA BUANG *EXHAUST FAN* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN PENGARUH PENAMBAHAN *HONEYCOMB* BERBASIS ATMEGA 2560

Yoga Kusuma Wardhana<sup>1</sup>, Cok Gede Indra Partha<sup>2</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Email: yogakusuma60@gmail.com<sup>1</sup>, cokindra@unud.ac.id<sup>2</sup>, sukerayasa@unud.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi yang tinggi. Lebih dari 86 % dari energi dunia saat ini berasal dari bahan bakar fosil, sementara itu permintaan kebutuhan energi dunia semakin tinggi. Salah satu pertimbangan untuk mengatasi polusi yang disebabkan oleh bahan bakar fosil adalah mencari sistem energi alternatif. Lebih dari 90% energi yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca adalah hasil dari pembakaran bahan bakar secara global. *Exhaust Fan* adalah salah satu sistem yang baik untuk ekstraksi tenaga angin. Sistem pembuangan udara ini cocok untuk pembangkit listrik dengan turbin angin sebagai penggerak dimana kecepatan angin yang dihasilkan lebih tinggi dan konsisten jika dibandingkan dengan angin alami, tetapi mempunyai karakteristik turbulen. Angin seperti ini kurang baik terhadap turbin angin. *Honeycomb* merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi karakteristik turbulen ini. Hasil yang didapatkan dengan penambahan *Honeycomb* berbentuk hexa pada *exhaust fan* dengan kecepatan 6m/s menggunakan turbin berjenis savonius maka terjadi penurunan kecepatan turbin yang sebelumnya tidak stabil antara 952 sampai 1007 rpm menjadi stabil 866 rpm dan daya output generator turun sebesar 0,3 watt. Penambahan *Honeycomb* membuat kecepatan putar turbin menjadi stabil di angka 866 rpm dan Aliran angin menjadi laminar.

**Kata kunci:** Energi, *Exhaust Fan*, *Honeycomb*, Laminar.

## ABSTRACT

*Energy needs are increasing from year to year in line with the increasing population, economic growth, and high energy consumption. More than 86% of the world's energy today comes from fossil fuels, while the world's energy demand is increasing. One of the considerations for overcoming pollution caused by fossil fuels is to seek alternative energy systems. More than 90% of the energy that affects greenhouse gas emissions is the result of burning fuels globally. Exhaust Fan is a good system for wind power extraction. This air exhaust system is suitable for power plants with wind turbines as a drive where the resulting wind speed is higher and consistent when compared to natural wind, but has turbulent characteristics. This wind is not good for the wind turbine. A honeycomb is a tool used to reduce this turbulent characteristic. The results obtained by the addition of a hexa type Honeycomb to the exhaust fan with a speed of 6m/s using a savonius type turbine, there was a decrease in turbine speed which was previously unstable between 952 to 1007 rpm to 866 rpm and the generator output power decreased by 0.3 watts. The addition of Honeycomb makes the turbine rotate speed stable at 866 rpm and the wind flow becomes laminar.*

**Keywords:** Energy, *Exhaust Fan*, *Honeycomb*, Laminar.

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia masih tergantung terhadap bahan bakar fosil yang setidaknya memiliki tiga ancaman serius yaitu: menipisnya cadangan minyak bumi,

ketidakstabilan harga antara permintaan dengan produksi minyak, dan polusi gas rumah kaca terutama CO<sup>2</sup> yang dapat menimbulkan pemanasan global[1]. Implementasi energi terbarukan yang

ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari negara baik itu energi dari matahari, air maupun angin. Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan kecepatan angin rata – rata di setiap daerahnya sebesar 4 m/s pertahun[2]. Beralih ke sumber daya alternatif untuk menghasilkan energi bersih, pemanfaatan energi dari limbah seperti, pembuangan udara, *heatsink* dan sebagainya juga memiliki potensi besar dalam membantu mengatasi masalah energi global. Salah satunya angin pembuangan udara yang memiliki kecepatan tinggi, konsisten dan dapat diprediksi. Sistem ini cocok untuk dimanfaatkan menjadi bentuk energi lain yang berguna khususnya di daerah perkotaan. *Exhaust Fan* adalah salah satu sistem yang baik untuk ekstraksi tenaga angin. banyak digunakan untuk mempercepat sirkulasi udara di dalam ruangan kemudian udara tersebut dibuang ke luar ruangan. Udara di dalam yang bersifat panas dipaksa keluar dari ruangan dengan bantuan fan. Sistem pembuangan udara ini cocok untuk pembangkit listrik dengan turbin angin sebagai penggerak. Turbin angin dapat ditempatkan di depan udara buangan exhaust fan dimana kecepatan angin yang dihasilkan konsisten jika dibandingkan dengan angin alami, namun angin yang dihasilkan oleh exhaust fan merupakan angin turbulen yang menyebabkan putaran turbin tidak stabil Penelitian kali ini dilakukan dengan menambahkan *Honeycomb*. *Honeycomb* adalah alat yang digunakan untuk meluruskan aliran udara di terowongan angin agar putaran turbin menjadi stabil.

**2. KAJIAN PUSTAKA**

**2.1 Angin**

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan udara tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas

yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara diatas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah). . Udara yang memiliki massa (m) dan kecepatan (v) akan menghasilkan energi kinetik sebesar :

$$E = \frac{1}{2} m. v^2 \dots\dots\dots 1$$

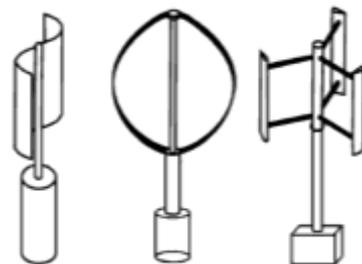
**2.2 Generator**

Generator merupakan sumber utama energi listrik yang dipakai sekarang ini dan merupakan converter terbesar di dunia. Pada prinsipnya tegangan yang dihasilkan bersifat bolak balik, sedangkan generator yang menghasilkan tegangan searah karena telah mengalami proses penyearah.

Generator adalah mesin listrik yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip generator dapat di liat pada Gambar berikut secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada kontaktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet.

**2.3 Turbin Angin Vertikal**

Turbin angin vertikal memiliki *shaft* rotor vertikal seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Kegunaan utama dari penempatan rotor ini adalah turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah angin bertiup. Hal ini sangat berguna pada daerah dimana arah angin sangat variatif atau memiliki turbulensi Dengan sumbu vertikal, generator dan komponen primer lainnya dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah. Turbin angin vertikal dalam konstruksinya tidak memerlukan *tower* dalam hal ini menyebabkan maintenance lebih mudah. Kekurangan utama dari turbin angin vertikal adalah kecepatan yang dihasilkan tidak secepat turbin horizontal



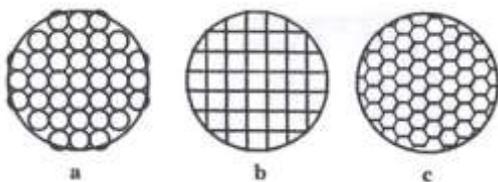
Gambar 1. Vertical Axis Wind Turbine[5]

## 2.4 Exhaust Fan

*Exhaust Fan* merupakan salah satu perangkat jenis kipas angin yang saat ini masih banyak digunakan di industri rumahan ataupun di rumah yang mempunyai fungsi penting pada ruangan. Untuk ruangan ber-AC, *exhaust fan* adalah peralatan pelengkap, dimana udara panas di dalam ruangan yang dibuang keluar dan saat bersamaan udara sejuk di luar ruangan masuk kedalam ruangan, sehingga selalu ada pergantian udara segar dari luar ruangan dan mempunyai sirkulasi udara yang baik. *Exhaust fan* dapat dipasang pada ruangan yang sirkulasi udara alaminya dianggap kurang memadai. Sehingga *exhaust fan* merupakan upaya buatan untuk mengoptimalkan pergantian udara di ruangan.

## 2.5 Honeycomb

*Flow straightener* atau yang biasa disebut *honeycomb*, adalah alat yang digunakan untuk meluruskan aliran udara di terowongan angin. *Honeycomb* merupakan bagian dari saluran, diletakkan di sepanjang sumbu aliran udara utama untuk meminimalkan komponen kecepatan lateral yang disebabkan oleh gerakan berputar-putar dalam aliran udara masuk. Bentuk penampang *honeycomb* yang paling sering digunakan ada 3 macam yaitu heksagonal (segienam), persegi, dan bulat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. (a) *Honeycomb* dengan bentuk bulat, (b) *Honeycomb* dengan bentuk persegi, (c) *Honeycomb* dengan bentuk hexa (segienam) [3]

## 2.5 Bilangan Reynold

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi laminar dan turbulen menurut dari gerakan partikel fluida. Aliran laminar adalah partikel fluida yang bergerak pada lapisan yang lembut sedangkan aliran turbulen adalah partikel fluida yang

bergerak secara acak pada arah 3 dimensi. Karakteristik aliran laminar yaitu memiliki momentum yang kecil untuk melawan adanya gaya gesek pada benda yang dilewatinya sehingga boundary layer yang terbentuk memiliki ketebalan yang tinggi karena dipegaruhi gaya gesek benda. Sedangkan aliran turbulen memiliki momentum yang lebih tinggi untuk melawan adanya gaya gesek yang ditimbulkan oleh benda yang dilaluinya, sehingga pada boundary layer yang terbentuk memiliki ketebalan yang rendah sebab hanya sedikit fluida yang terpengaruh oleh gaya gesek tersebut. Perubahan dari keadaan laminar menjadi turbulen dinamakan keadaan transisi.

Bilangan Reynold dapat dihitung dengan persamaan :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{viskositas}} \dots\dots\dots 2$$

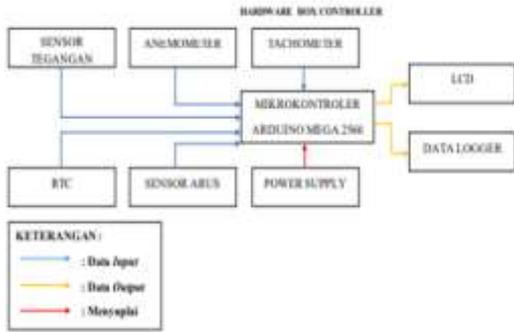
Keterangan :

- $\rho$  = Densitas udara ( $\text{Kg/m}^3$ )
- $v$  = Kecepatan Angin ( $\text{m/s}$ )
- $d$  = Diameter ( $\text{m}$ )
- $\mu$  = Viskositas udara ( $\text{Kg/ms}$ )

Dimana, jika bilangan Reynold  $Re < 2300$  dapat dikategorikan sebagai aliran laminar, jika bilangan Reynold  $Re > 4000$  dikategorikan sebagai aliran turbulen. Sedangkan bilangan Reynold dengan interval antara 2300 hingga 4000 dimungkinkan terjadi aliran transisi[7].

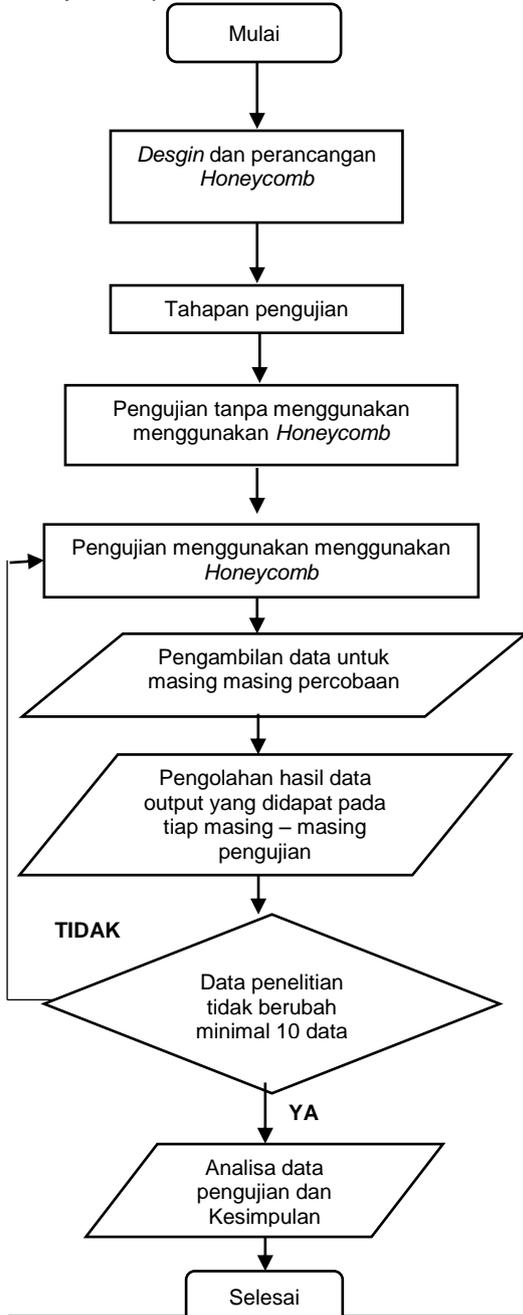
## 2.5 Sistem Perancangan Data Logger

Perancangan Data *Logger* dalam penelitian kali ini ditunjukkan pada gambar 3. Perancangan data logger meliputi perancangan rangkaian power supply, perancangan sensor kecepatan angin, sensor kecepatan turbin, sensor arus AC, sensor tegangan AC, perancangan rangkaian data logger, perancangan rangkaian display, perancangan rangkaian mikrokontroler. Penelitian kali ini menggunakan variabel kecepatan angin, kecepatan turbin, tegangan generator, tegangan *exhaust fan*, arus generator, arus *exhaust fan*, daya generator, dan daya *exhaust fan*



**Gambar 3.** Sistem Perancangan Data Logger

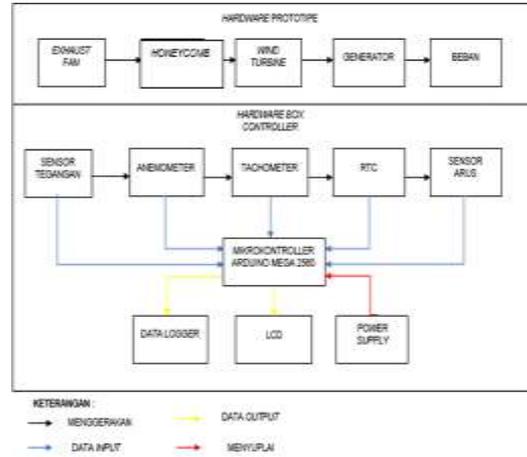
**3. Metode Penelitian**  
Metode penelitian yang digunakan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Diagram Alur Penelitian

**3.1 Blok Diagram Hardware**

Blok diagram *hardware* pada penelitian kali ini dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



**Gambar 5.** Diagram Blok Hardware

**3.2 Metode Pengambilan data**

Metode pengambilan data kali ini dapat dilihat pada gambar 6 berikut:



**Gambar 6.** Diagram Blok Metode Pengambilan Data

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1.1 Hasil Perancangan Tempat Pengujian**

Perancangan tempat pengujian ini akan dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya bagian dudukan turbin dan bagian tempat pengujian *exhaust fan* berikut gambaran perancangan alat uji yang telah dibuat



Gambar 7. Hasil Perancangan Prototype

#### 4.1.2 Spesifikasi Exhaust Fan

Penelitian kali ini menggunakan *exhaust fan* sebagai penghasil udara yang digunakan untuk memutar turbin adapun spesifikasi *exhaust fan* yang digunakan:



Gambar 8. Exhaust Fan

Berikut Spesifikasi *exhaust fan* yang digunakan:

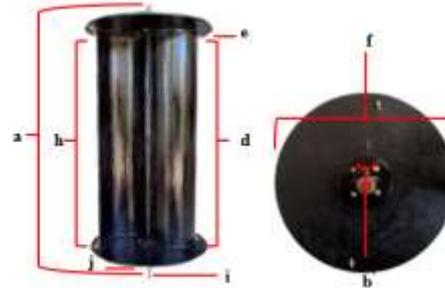
- a. Tegangan : 220 V
- b. Daya : 350 watt
- c. Diameter : 50 cm
- d. Jumlah *Blade* : 4 buah
- e. Material : Logam

#### 4.1.3 Hasil Perancangan Turbin

Turbin vertikal berfungsi sebagai penggerak untuk generator yang nantinya generator akan mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Penelitian kali ini menggunakan turbin vertikal 2 sudu yang dibuat merupakan turbin jenis savonius dengan perbedaan sudut sebesar 90°. Berikut spesifikasi dari turbin yang digunakan:

- a. Panjang Poros : 100 cm
- b. Diameter Lubang Poros : 10 mm
- c. Material Poros besi drat : 10 mm
- d. Jarak Antar *frame* : 66 cm

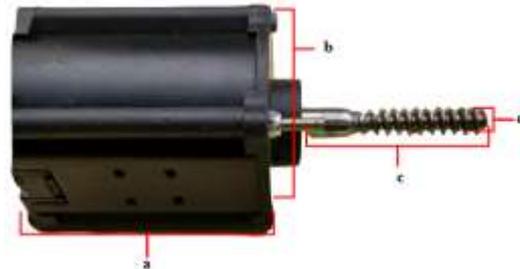
- e. Tebal *frame* : 5 mm
  - f. Diameter *frame* : 32 cm
  - g. Material *frame* : Triplek
  - h. Panjang Sudu : 66 cm
  - i. Tebal Sudu : 3 mm
  - j. Diameter Sudu : 13 cm
  - k. Material Sudu : Pipa Talang
- berikut gambar dari turbin 2 sudu yang digunakan pada penelitian kali ini



Gambar 9. Turbin 2 Sudu

#### 4.1.4 Spesifikasi Generator

Generator yang digunakan pada perancangan prototipe PLTB menggunakan generator DC (*Direct Current*). Spesifikasi dari generator yang digunakan adalah Generator Magnet Permanen dengan ukuran seperti pada data dibawah:



Gambar 10. Generator DC

Berikut spesifikasi dari generator yang digunakan dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan memanfaatkan udara buang *Exhaust Fan*.

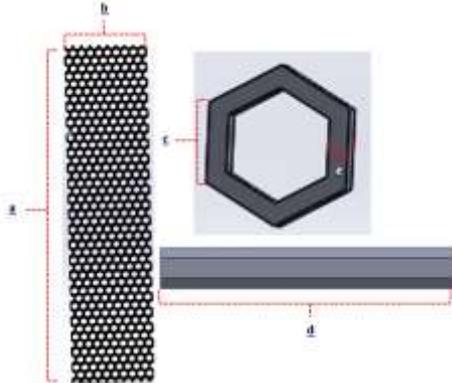
- a. Panjang Generator : 10 cm
- b. Lebar Generator : 5 cm
- c. Panjang Ulir Generator : 9 cm
- d. Diameter Ulir Generator : 0,8 cm
- e. Tegangan Generator : 12volt DC
- f. Daya *Maximum* : 30 Wattt
- g. RPM Generator : 800 RPM
- h. Aplikasi Penggunaan : Kincir Angin dan Kincir Air

#### 4.1.5 Hasil Perancangan Honeycomb

*Honeycomb* merupakan Flow straightner atau sebagai pelurus aliran dari exhaust fan ke turbin agar angin yang mengenai turbin adalah laminar. Penelitian

kali ini membuat Honeycomb menggunakan kertas karton agar mudah dibentuk. Untuk ukuran shell dan dimensi honeycomb menggunakan ukuran yang sudah ada pada jurnal[6]. berikut untuk perancangan Honeycomb yang digunakan:

- a. Tinggi Honeycomb : 57 cm
- b. Lebar Honeycomb : 16 cm
- c. Panjang sisi : 7 mm
- d. Panjang Honeycomb : 10 cm
- e. Tebal Honeycomb : 2 mm



Gambar 11. Hasil Perancangan Honeycomb

#### 4.2 Pengujian Tanpa Menggunakan Honeycomb

Pengujian menggunakan turbin 2 sudu tanpa menggunakan *Honeycomb* dimana jarak antara turbin dan *exhaust* sejauh 60 cm dari tengah turbin dengan menggunakan tahanan 10  $\Omega$  sebagai beban. Pengujian turbin 2 sudu tanpa *honeycomb* pada dilihat pada gambar 12 berikut ini :



Gambar 12. Pengujian Turbin 2 Sudu Tanpa Honeycomb

Dari hasil pengukuran yang dilakukan maka didapat data sebagai berikut

Tabel 1. Hasil Pengukuran Turbin 2 Sudu Tanpa Honeycomb

WAKTU	V. GEN (V)	I. GEN (A)	P. GEN (W)	RPM	I. EXH (A)	V. EXH (V)
1	2.12	0.212	0.449	952	1.18	221.62
2	2.12	0.212	0.449	952	1.18	221.1
3	2.6	0.260	0.676	973	1.23	220.38
4	2.6	0.260	0.676	973	1.23	220.23
5	2.33	0.233	0.542	966	1.2	221.14
6	2.33	0.233	0.542	966	1.2	220.55
7	2.62	0.262	0.686	988	1.22	222.4
8	2.62	0.262	0.686	988	1.22	221.68
9	2.67	0.267	0.712	992	1.29	219.89
10	2.62	0.262	0.686	982	1.24	221.55
11	2.67	0.267	0.712	992	1.24	221.55
12	2.69	0.269	0.723	992	1.21	220.06
13	2.69	0.269	0.723	997	1.22	219.46
14	2.69	0.269	0.723	997	1.21	222.87
15	2.71	0.271	0.734	1004	1.2	221.71
16	2.76	0.274	0.750	1007	1.2	220.45
17	2.76	0.276	0.761	1007	1.26	221.01
18	2.33	0.233	0.542	967	1.26	220.85
19	2.33	0.233	0.542	967	1.24	222.18
20	2.69	0.276	0.761	990	1.23	221.97

Pada pengujian tanpa honeycomb didapatkan bahwa generator mampu menghasilkan kecepatan putar tidak stabil antara 952 rpm sampai 1007 rpm dan daya antara 0,44 watt sampai 0,76 watt. Berdasarkan table 1 terlihat kecepatan putar generator tidak stabil dikarenakan angin yang dihasilkan oleh exhaust fan adalah angin turbulen.

#### 4.3 Pengujian Menggunakan Honeycomb dengan Beban 10 $\Omega$

Pengujian dengan menggunakan *Honeycomb* yang diarahkan langsung ke sudu turbin dimana jarak antara turbin dan exhaust sejauh 60 cm dari tengah turbin dengan menggunakan tahanan 10  $\Omega$  sebagai beban. Pengujian turbin 2 sudu dengan menggunakan *honeycomb* pada dilihat pada gambar 13 berikut ini :



Gambar 13. Pengujian Turbin 2 Sudu Dengan Honeycomb

Dari hasil pengukuran yang dilakukan maka didapat data sebagai berikut

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran dengan *Honeycomb*

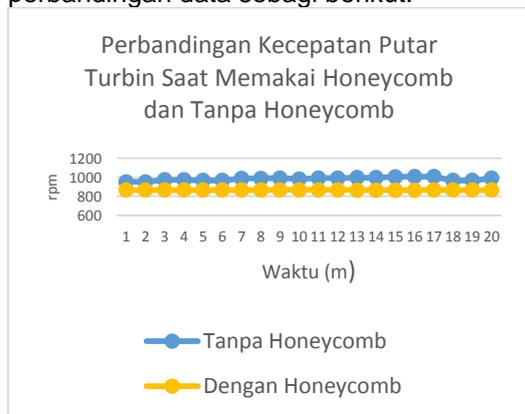
WAKTU	V. GEN (V)	I. GEN (A)	P. GEN (W)	RPM	I. EXH (A)	V. EXH (V)
1	2.13	0.213	0.45369	866	1.55	221.62
2	2.13	0.213	0.45369	866	1.32	221.1
3	2.13	0.213	0.45369	866	1.18	220.38
4	2.13	0.213	0.45369	866	1.23	220.23
5	2.13	0.213	0.45369	866	1.16	221.14
6	2.13	0.213	0.45369	866	1.19	220.55
7	2.13	0.213	0.45369	866	1.22	222.4
8	2.13	0.213	0.45369	866	1.21	221.68
9	2.15	0.215	0.46225	867	1.29	219.89
10	2.15	0.215	0.46225	867	1.24	221.55
11	2.15	0.215	0.46225	867	1.24	221.55
12	2.15	0.215	0.46225	867	1.21	220.06
13	2.14	0.214	0.45796	864	1.22	219.46
14	2.14	0.214	0.45796	864	1.21	222.87
15	2.14	0.214	0.45796	864	1.2	221.71
16	2.14	0.214	0.45796	864	1.2	220.45
17	2.15	0.215	0.46225	867	1.26	221.01
18	2.13	0.213	0.45369	866	1.26	220.85
19	2.13	0.213	0.45369	866	1.24	222.18
20	2.13	0.213	0.45369	866	1.23	221.97

Pada pengujian dengan penambahan honeycomb didapatkan bahwa generator mampu menghasilkan kecepatan putar stabil di angka 866 rpm dan daya 0,45 watt. Berdasarkan tabel 2 terlihat kecepatan putar generator stabil dikarenakan angin yang dihasilkan oleh exhaust fan setelah pemasangan honeycomb adalah angin laminar.

**4.4 Perbandingan Penggunaan Honeycomb dan Tanpa Menggunakan Honeycomb**

**4.4.1 Perbandingan Nilai Kecepatan Putar Turbin saat menggunakan Honeycomb dan tanpa honeycomb**

Pengujian menggunakan *Honeycomb* dan tanpa menggunakan *Honeycomb* pada turbin 2 sudu telah dilakukan maka didapat grafik perbandingan data sebagai berikut:

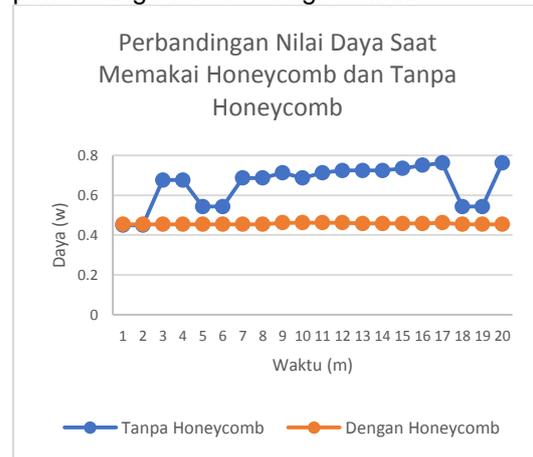


**Gambar 14.** Grafik Perbandingan kecepatan Putar turbin dengan *Wind Tunnel* dan Tanpa *Wind Tunnel*

Hasil pengujian yang didapatkan yaitu, pada turbin vertikal 2 sudu saat tidak memakai honeycomb menghasilkan kecepatan putar turbin yang tidak stabil yaitu antara 952 rpm sampai dengan 1007 rpm, sedangkan pada turbin vertikal 2 sudu saat memakai honeycomb menghasilkan kecepatan putar turbin lebih kecil namun stabil di 866 rpm. Perbedaan nilai kecepatan putar pada turbin disebabkan karena angin turbulen yang dihasilkan saat percobaan tanpa menggunakan honeycomb.

**4.4.2 Perbandingan Nilai Daya saat menggunakan Honeycomb dan tanpa honeycomb**

Pengujian menggunakan *Honeycomb* dan tanpa menggunakan *Honeycomb* pada turbin 2 sudu telah dilakukan maka didapat grafik perbandingan data sebagai berikut:



**Gambar 15.** Grafik Perbandingan Nilai Daya dengan *Honeycomb* dan Tanpa *Honeycomb*

Hasil pengujian yang didapatkan yaitu, pada turbin vertikal 2 sudu saat tidak memakai honeycomb menghasilkan daya sebesar 0,76 W, sedangkan pada turbin vertikal 2 sudu saat memakai honeycomb menghasilkan 0,46 W. Perbedaan nilai daya disebabkan oleh turunnya kecepatan putar turbin saat memakai Honeycomb.

**4.5 Perhitungan Bilangan Reynold**

Untuk mengetahui apakah aliran angin pada saat pemasangan *Honeycomb* menjadi laminar dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar. Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen. Pada  $Re = 2300 - 4000$  terdapat daerah transisi.

Diketahui :  
 $\rho = 1,94 \text{ Kg/m}^3$

v = 3,2 m/s  
d = 7 mm = 0,007 m  
μ = 1,983 x 10<sup>-5</sup> Kg/ms

Sehingga :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{viskositas}} \dots\dots\dots 3$$

$$Re = \frac{(1,94)(3,2)(0,007)}{1,983 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 2191$$

Dikarenakan nilai Re (bilangan Reynold) pada perhitungan diatas yaitu Re = 2191 sedangkan syarat aliran laminar Re < 2300 maka aliran pada saat dipasangkan honeycomb merupakan aliran laminar.

**5. Simpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi buang dari *exhaust fan* dapat dimanfaatkan kembali untuk membangkitkan energi listrik. *Output* yang dihasilkan dengan penggunaan *Honeycomb* lebih stabil dibanding tanpa penggunaan *Honeycomb* dengan generator mampu menghasilkan kecepatan putar stabil di angka 866 rpm dan daya 0,45 watt.
2. Perhitungan bilangan reynold dengan menggunakan *Honeycomb* mendapatkan angka Re= 2191 yaitu dibawah batas nilai laminar sebesar Re<2300 ini membuktikan bahwa pemasangan *honeycomb* sangat efektif untuk mengurangi aliran turbulensi.

**6. Daftar Pustaka**

[1]. Arieayasa, Dhanan, Cok. G. Indra Partha, I.W. Sukerayasa. (2020). Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Wind Turbine-500 dan GH-0,5K Di Pilot Project Smart Grid Teknik Elektro Universitas Udayana. Universitas Udayana, Jurnal Spektrum Vol 7, No 1 Maret 2020.

[2]. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2018, Outlook Energi Indonesia 2018 : Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat. Jakarta : Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE).

[3]. Barlow J. B., Rae W. H. Jr.- Pope A. Low Speed Wind Tunnel Testing. 3rd Ed. Wiley-Interscience: New York, 1999

[4]. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009, Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia. Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources. Ministry Energy and Mineral Resources. Jakarta.

[5]. Md. Abir Hasan, 2013, Producing Electrical Energy by Using Wastage Wind Energy From *Exhaust Fans* of Industries. University of Michigan

[6]. Brusca S., Lanzafame R., Messina M. Low-speed wind tunnel: Design and build Wind Tunnels: Aerodynamics, Models and Experiments. pp. 189-220, 2011. ISBN: 978-161209204-1

[7]. George P. Kouropoulos, "The Effect of The Reynolds Number of Air Flow To The Particle Collection Efficiency of a Fibrous Filter Medium With Cylindrical Section" *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v.8, n.1 p. 3-10, 2014.

[8]. V.i.Kakate, 2014, Study of Measurement and Control Aspects of *Wind tunnel*. Electrical Enginnering Departement BVDU COE

[9]. Welsh Andrew, 2013, Low Turbulence Wind tunnel Design and Wind Turbine Wake Chacaterization, University of Wiconsin-Milwaukee