

RANCANG BANGUN ANEMOMETER MENGGUNAKAN 3 BUAH SUDU SAVONIUS

Kaprawi⁽¹⁾, Sawalluddin⁽²⁾

^(1,2) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

^(*)E-mail Corresponding Author : kaprawi@unsri.ac.id

Abstrak

Anemometer di Indonesia masih sangatlah sulit untuk didapatkan dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat. Oleh karena itu pembuatan anemometer dibuat sesederhana mungkin dengan material komponen yang murah. Dalam mendapatkan data kecepatan angin eksperimen dengan variasi kecepatan angin dari 1 m/s hingga 10 m/s. Alat tersebut dinamakan anemometer, mempunyai prinsip sudu yang digerakkan oleh angin dimana sudu biasanya di gunakan 3 buah atau 4 buah sudu, tetapi dalam perancangan ini menggunakan 3 buah sudu dengan diameter sudu $D = 40$ mm dengan rasio linkaran anemometer 180 mm. pencatatan hasil putaran dibaca oleh *arduino* dan dikonversikan melalui perhitungan yang sudah di seting di komputer menggunakan *software arduino*. dengan melakukan pengujian diharapkan anemometer yang di rancang mempunyai nilai kecepatan angin (V_a) sama dalam menghitung kecepatan angin. pengujian dengan membandingkan hasil standar deviasi (σ) dari anemometer produk maupun rancangan, dan juga perbandingan nilai dari hasil kecepatan angin (V_a) yang di uji di laboratorium fenomena dasar teknik mesin dengan *range* kecepatan angin diuji sekitar 1 m/s hingga 10 m/s. maka didapat nilai standar deviasi (σ) untuk anemometer produk sebesar 3,478% dan anemometer rancangan sebesar 11,07% dan anemometer rancangan mempunyai data eror terhadap anemometer produk sebesar 0,4%.

Kata Kunci: standar deviasi, anemometer produk, anemometer rancangan, eror.

Abstract

Anemometers in Indonesia are still very difficult to obtain at affordable prices by the public. Therefore making an anemometer is made as simple as possible with cheap component materials. In getting experimental wind speed data with variations in wind speed from 1 m / s to 10 m / s. The tool is called an anemometer, has a wind-driven blade principle where the blades are usually used 3 pieces or 4 blades, but in this design uses 3 blades with blade diameter $D = 40$ mm with an anemometer rotation ratio of 180 mm. by arduino and converted through calculations that have been set on a computer using the arduin software. By conducting testing it is expected that the anemometer designed has the same wind speed (V_a) value in calculating wind speed. testing by comparing the results of the standard deviation (σ) of the product anemometer or design, and also the comparison of the value of the wind speed (V_a) results tested in the laboratory of the basic phenomena of mechanical engineering with a range of wind speeds tested around 1 m / s to 10 m / s. the standard deviation (σ) is obtained for the product anemometer of 3.478% and the design anemometer of 11.07% and the design anemometer has an error data on the product anemometer of 0.4%.

Keywords: standard deviation, product anemometer, design anemometer, error.

1 PENDAHULUAN

Oleh sebab itu, dibutuhkan rancang anemometer yang memiliki konstruksi sederhana, material yang mudah dan murah. Sehingga, anemometer bisa digunakan oleh masyarakat yang membutuhkan untuk keperluan di bandara maupun di pelabuhan. Anemometer di rancang mempunyai dimensi ukuran sudu savonius diameter $D = 40$ mm dan mempunyai panjang lengan dengan $R = 90$ mm. material yang di pakai untuk sudu adalah plastic pvc. Anemometer mempunyai dua tipe: tipe berdasarkan kecepatan (anemometer piala,

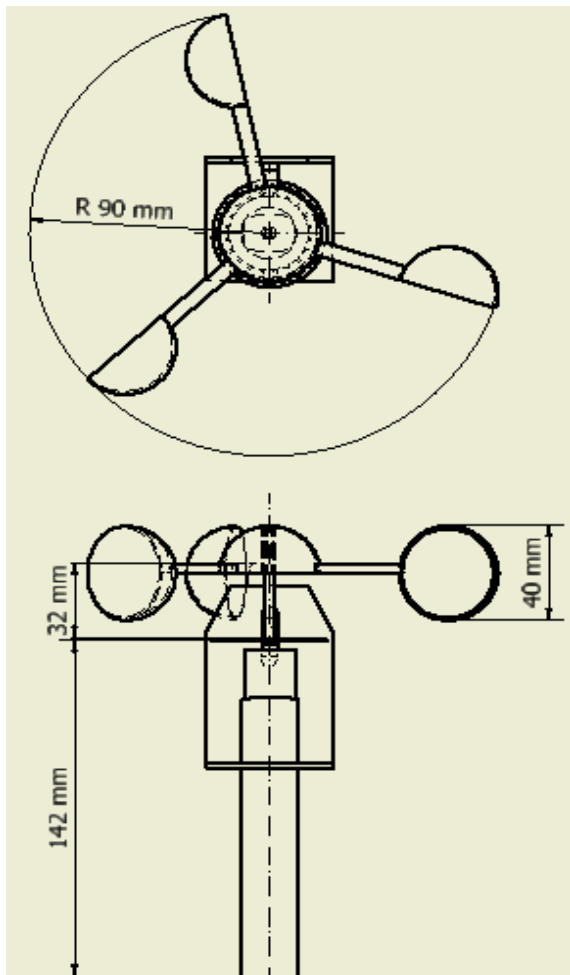
anemometer kincir angin, anemometer *laser Doppler*, anemometer *sonic*, anemometer bola pingpong, anemometer *hot-wire*); dan tipe berdasarkan tekanan (anemometer piring, anemometer tabung, anemometer propeller, dan anemometer tabung bertekanan). Biasanya anemometer dipakai menggunakan 3 buah atau 4 buah sudu [6]. Di Indonesia untuk mendapatkan anemometer harus impor dari luar negeri, dimana ini membuat harganya menjadi mahal. Biasanya anemometer dipakai menggunakan 3 buah atau 4 buah sudu [6]. untuk di Indonesia sendiri mendapatkan anemometer harus

mengimpor dari luar negeri dan membutuhkan biaya yang mahal. Oleh sebab itu, dibutuhkan rancang anemometer yang memiliki konstruksi sederhana, material yang mudah dan murah. Sehingga, anemometer bisa digunakan oleh masyarakat yang membutuhkan untuk keperluan di bandara maupun di pelabuhan. Anemometer di rancang mempunyai dimensi ukuran sudu savonus diameter $D = 40 \text{ mm}$ dan mempunyai panjang lengan dengan $R = 90 \text{ mm}$. material yang di pakai untuk sudu adalah plastic pvc.

2 METODOLOGI

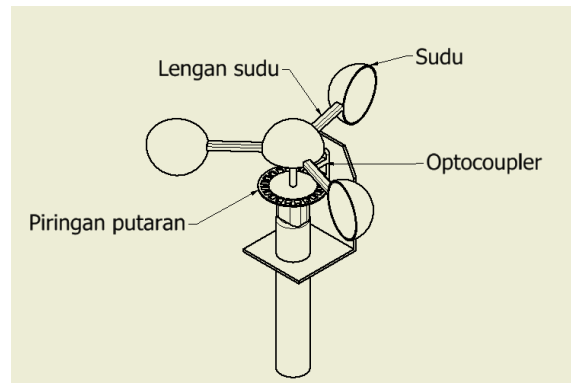
2.1 Pembuatan Anemometer

Anemometer rancangan mempunyai beberapa komponen yang akan di buat meliputi sudu, dudukan poros, dan piringan putaran. Proses pembuatan digunakan *3-dimensional (3D) printer* yang sebelumnya sudah di rancang menggunakan *software Inventor* dengan dimensi ukuran seperti di Gambar 1:



Gambar 1 Dimensi ukuran

Material *plastic* digunakan karena bahannya ringan dan tidak cepat tergradasi oleh lingkungan. Setelah semua bagian anemometer di cetak oleh *3D printer*, maka selanjutnya proses *assembling*. Anemometer dirangkai seperti Gambar 2.



Gambar 2 komponen nemometer

2.2 Prinsip Kerja Anemometer

Anemometer bekerja berdasarkan gerak mekanikal yang digerakkan oleh angin, dan dicatat jumlah putarannya dan kemudian dikonversi berdasarkan Pers. 1 [2]

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (1)$$

dimana n (jumlah putaran didapat dari mikro kontroler Arduino yang di baca dari piringan putaran yang berputar). Sehingga didapatkan kecepatan rotor sebagai berikut :

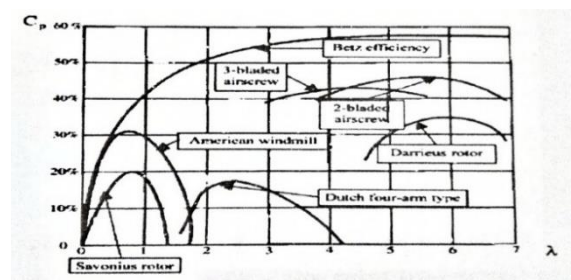
$$v_r = r \cdot \omega \quad (2)$$

Diketahui nilai dari kecepatan rotor agar bisa mendapatkan nilai kecepatan angin yang di dapatkan dari persamaan *tip speed ratio* dan dimana (λ) di dapat dari grafik koefisien (C_p) terhadap (λ) [3]. maka rumusnya:

$$\lambda = \frac{v_r}{v_a} \quad (3)$$

$$v_a = \frac{v_r}{\lambda} \quad (4)$$

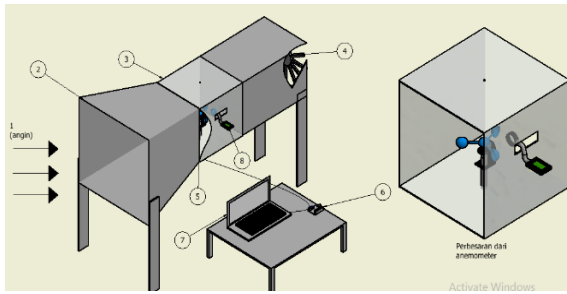
Maka kecepatan angin bisa didapat dari perhitungan diatas, dimana data awal putaran didapat dari sensor di Arduino dan nilai TSR diambil dari grafik koefisien C_p terhadap λ . [5].



Gambar 3 Grafik koefisien C_p terhadap λ

2.3 Pengujian

Pengujian anemometer dilakukan di dalam *wind tunnel* guna memberikan kecepatan angin dengan variasi kecepatan angin.



Gambar 4 Pengujian anemometer di *wind tunnel*

Keterangan :

1. Arah angin
2. Sisi masuk
3. *Test Section*
4. Motor listrik
5. Anemometer rancangan
6. Arduino
7. Laptop
8. Anemometer komersial

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan anemometer di dalam *Test section* dengan posisi tegak, dan anemometer komersial diletakkan di atas melalui celah yang sudah ada pada *wind tunnel* lihat gambar 4. Kemudian kecepatan angin di atur sebesar 1 m/s, 2 m/s hingga 10 m/s. Setiap pengambilan sampel, anemometer rancangan langsung dilakukan kalibrasi.



Gambar 5 Pengujian anemometer rancangan

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang dilakukan pada kecepatan angin 1 m/s dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Percobaan 1 ($V_{\text{angin}} = 1 \text{ m/s}$)

No	t (detik)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	1,02	1,02	66	66,3
2	5	0,9	0,97	48	49,2
3	10	0,9	1,04	48	48,7
4	15	1,02	0,94	54	54,3
5	20	1,02	1,05	54	54,4

Tabel 2. Percobaan 2 ($V_{\text{angin}} = 2 \text{ m/s}$)

No	t (s)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	2,26	2,04	72	72,4
2	5	1,88	2,05	60	60,5
3	10	1,88	2,06	60	60,1
4	15	2,26	2,1	72	71,7
5	20	2,26	2,06	72	71,8

Tabel 3. Percobaan 3 ($V_{\text{angin}} = 3 \text{ m/s}$)

No	t (s)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	2,82	2,98	90	90,3
2	5	3,01	3,07	96	96,7
3	10	3,01	3,06	96	97,2
4	15	2,82	3,03	90	90,1
5	20	3,01	3,03	96	96,7

Tabel 4. Percobaan 4 ($V_{\text{angin}} = 4 \text{ m/s}$)

No	t (s)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	4,04	3,91	142	142,8
2	5	3,95	4,04	126	126,7
3	10	3,95	4,03	126	126,6
4	15	4,04	3,97	142	142,7
5	20	4,04	4,01	142	142,8

Tabel 5. Percobaan 5 ($V = 5 \text{ m/s}$)

No	t (s)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	4,9	5,02	150	150,3
2	5	5,08	5,05	162	162,4
3	10	4,9	4,98	150	150,2
4	15	5,08	4,97	162	162,5
5	20	5,08	5,02	162	162,2

Tabel 6. Percobaan 6 ($V_{\text{angin}} = 6 \text{ m/s}$)

No	t (s)	V _r (m/s)	V _p (m/s)	n _r (rpm)	n _p (rpm)
1	0	6,03	6,05	192	192,3
2	5	5,84	6,01	186	186,2
3	10	5,84	5,97	186	186,2
4	15	6,03	6,01	192	192,1
5	20	5,84	5,97	186	186,3

Tabel 7. Percobaan 7 ($V_{\text{angin}} = 7 \text{ m/s}$)

No	t (s)	Vr (m/s)	Vp (m/s)	nr (rpm)	np (rpm)
1	0	6,97	6,98	222	222,3
2	5	7,02	7,05	234	234,2
3	10	6,97	7,04	222	222,4
4	15	7,02	7,01	234	232
5	20	7,02	6,99	234	234,3

Tabel 8. Percobaan 8 ($V_{\text{angin}} = 8 \text{ m/s}$)

No	t (s)	Vr (m/s)	Vp (m/s)	nr (rpm)	np (rpm)
1	0	8,01	8,03	254	254,4
2	5	7,91	8,01	252	252,2
3	10	7,91	7,98	252	252,1
4	15	8,03	8,02	253	252,9
5	20	8,01	8,01	258	258,3

Tabel 9. Percobaan 9 ($V_{\text{angin}} = 9 \text{ m/s}$)

No	t (s)	Vr (m/s)	Vp (m/s)	nr (rpm)	np (rpm)
1	0	9,23	8,94	294	294,1
2	5	9,04	9,04	288	288,2
3	10	8,66	9,02	276	276,3
4	15	8,85	8,98	282	282,2
5	20	9,04	9,01	288	288,5

Tabel 10. Percobaan 10 ($V_{\text{angin}} = 10 \text{ m/s}$)

No	t (s)	Vr (m/s)	Vp(m) (s)	nr (rpm)	np (rpm)
1	0	10,17	10,04	324	324,3
2	5	9,79	10,01	312	312,2
3	10	9,79	9,98	312	312,3
4	15	10,09	9,97	316	316,4
5	20	10,17	10,05	324	324,1

Pengujian dilakukan bertahap dengan dilanjutkan ke pengujian kecepatan angin 2 m/s, ..., 10 m/s. dengan penyetingan menggunakan anemometer produk. Analisa dilakukan guna mendapatkan nilai standar deviasi (σ), error (e), dan hasil grafik dari kecepatan angin [7].

Pengujian anemometer rancangan dilakukan terhadap anemometer produk. Untuk mencari standar deviasi (σ) maka di perlukan data kecepatan angin rata-rata seperti contoh berikut :

Tabel 11. Kecepatan angin (y_i)

No	y_i
1	1,02

2	0,97
3	1,04
4	0,94
5	1,05

Setelah itu di buat kan tabel perhitungan untuk mencari nilai simpangan kuadrat (S_i),

Tabel 12. Perhitungan simpangan kuadrat (S_i)

no	y_i	y_i^2	$(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	1,02	1,0404	0,016	0,000256
2	0,97	0,9409	-0,034	0,001156
3	1,04	1,0816	0,036	0,001296
4	0,94	0,8836	-0,064	0,004096
5	1,05	1,1025	0,046	0,002116
$\bar{y} = 1,004$			$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0,00892$

Jika sudah di dapatkan jumlah simpangan dari 5 kali pengambilan data pada kecepatan angin 1 m/s. maka kita bisa menghitung nilai standar deviasinya seperti berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{S_i}{n-1}} \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,00892}{5-1}}$$

$$\sigma = 0,0472$$

ehingga nilai standar deviasi dari anemometer produk adalah $\sigma = 0,0472$. Untuk selanjutnya kecepatan angin hingga 10 m/s. begitu juga dengan anemometer produk dengan membuat tabel seperti tabel 3.11 dan 3.12 maka akan di dapatkan nilai standar deviasi kecepatan angin dari anemometer rancangan.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,01728}{5-1}}$$

$$\sigma = 0,0657$$

Sehingga nilai standar deviasi dari anemometer rancangan pada kecepatan angin 1 m/s adalah $\sigma = 0,0657$.

Setelah di dapatkan nilai standar deviasi dari kecepatan angina 1 m/s hingga 10 m/s, maka di jumlahkan dan di rata-ratakan.

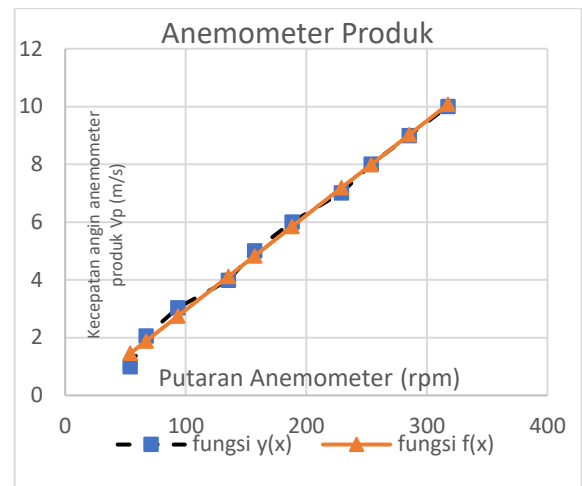
Tabel 13. (σ) rata-rata anemometer produk

No.	Kecepatan angin	Standar deviasi
1	1 m/s	0,0472
2	2 m/s	0,0228
3	3 m/s	0,0351
4	4 m/s	0,0531
5	5 m/s	0,0327
6	6 m/s	0,0335
7	7 m/s	0,0305
8	8 m/s	0,0187
9	9 m/s	0,0389
10	10 m/s	0,0353
Rata-rata		0,0347

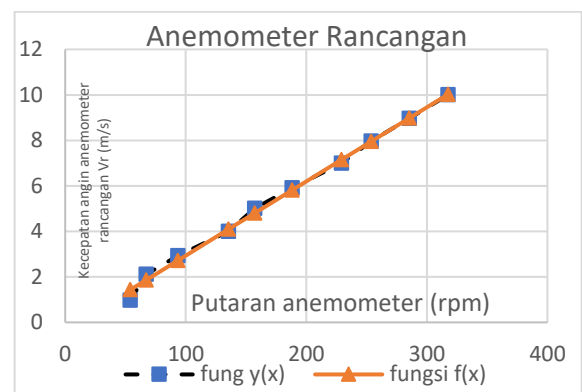
Tabel 14. (σ) rata-rata anemometer rancangan

No	Kecepatan angin	Standar deviasi
1	1 m/s	0,0657
2	2 m/s	0,2081
3	3 m/s	0,1041
4	4 m/s	0,0493
5	5 m/s	0,0986
6	6 m/s	0,1041
7	7 m/s	0,0274
8	8 m/s	0,0589
9	9 m/s	0,2166
10	10 m/s	0,1742
Rata-rata		0,1107

Setelah didapatkan standar deviasi masing-masing anemometer produk maupun rancangan, maka di tampilkan seperti grafik berikut :



Gambar 6 Grafik kecepatan angin terhadap putaran anemometer produk



Gambar 7 Grafik kecepatan angin terhadap putaran pada anemometer rancangan

Pada grafik, nilai didapatkan dari tabel. Untuk grafik (Gambar 6) tabel seperti berikut

Tabel 15. Putaran anemometer (x_i) dan Kecepatan angin anemometer(y_i)

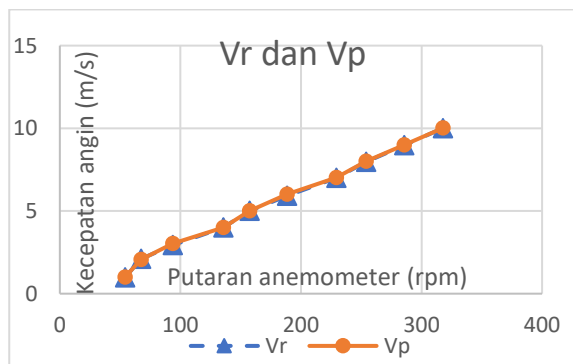
No	X_i	y_i
1	54	1,004
2	67,2	2,062
3	93,6	3,034
4	135,6	3,992
5	157,2	5,008
6	188,4	6,002
7	229,2	7,014
8	253,8	8,01
9	285,6	8,998
10	317,6	10,01

Dan juga untuk grafik pada (Gambar3.2) didapat dari tabel berikut :

Tabel 16. Putaran anemometer (x_i) dan kecepatan angin anemometer rancangan (y_i)

No	x_i	y_i
1	54	0,972
2	67,2	2,108
3	93,6	2,934
4	135,6	4,004
5	157,2	5,008
6	188,4	5,916
7	229,2	7
8	253,8	7,974
9	285,6	8,964
10	317,6	10,002

Pengujian perbandingan antara anemometer produk dengan anemometer rancangan akan menggabungkan 2 grafik dari (Gambar 6 dan Gambar 7).



Gambar 8 Grafik gabungan kecepatan angina anemometer rancangan & anemometer produk terhadap putaran anemometer

Dengan perbandingan presentasi grafiknya adalah :

Tabel 17. Perbandingan presentase dan derajat kemiringan grafik

No	Presentasi kemiringan	Derajat kemiringan
	$S = \frac{y}{x} \times 100\%$	$\alpha = \tan^{-1}(y/x)$
1. V_r	3,43%	1,962°
2. V_p	3,41%	1,956°

4 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian hasil yang didapat bahwa dapat disimpulkan adalah

1. Anemometer rancangan mampu mengukur mulai dari kecepatan angin 1 m/s hingga 10 m/s ,
2. Anemometer rancangan mempunyai snadar deviasi sekitar 11,07% dan eror terhadap anemometer produk sekitar 0,4%,
3. mempunyai harga yang lebih terjangkau dari anemometer produk. sehingga anemometer rancangan mampu menghitung kecepatan angin yang sebenarnya dan sudah terkalibrasi dengan anemometer yang sudah dijual di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Nias, Islam Mohammad Ariful. December 2014. Design and construction of digital anemometer. Departement of mechanical engineering university of Khulna. Bangladesh.
- [2] Erwin, Nugraha Kurnia, Wiyono Slamet, Ferdiansyah Fendi. Oktober 2017. Pemilihan material dan desain poros pada turbin angin double pillar Savonius-Daerrius. UNITIRTA. Cilegon.
- [3] Frank M, White . 1986. Fluid Mechanics McGraw Hill Book Company, New York
- [4] Hansen Ole Frost B.Sc. , Hansen svend ole M.Sc. , Kristensein leif M.Sc. June 2012. *Wind tunnel calibration of cup anemometer*. AWEA WIND POWER CONFERENCE & EXHIBITION. Atlanta, USA.
- [5] Manwell, J.F., Mc Gowan, J.G. and Rogers, A. L. 2002. *Wind Energy Explained (theory ,design and application)*. John Willey & Sons, Ltd, USA.
- [6] Mahmoud N.H., A.A, El-Haroun, E. Wahha, M.H Nasef. 2001. An experimental study on improvement of savonius rotor performance . Alexandria Engginering Journal (2012).
- [7] Milan Elena Roibas, Cubas Javier, and Pindago Santiago. 14 November 2017. Studies on cup anemometer performance carried out at IDR/UPM Institute (past and present research). MDPI. Spanish.