

Simulasi Turbin Angin dengan Beberapa Tipe *Airfoil* Menggunakan Software Qblade

Rahmad Samosir¹⁾, Kimar Turnip²⁾, Bimo Putra Mustafa Sebo³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia, Jl. Mayjen Sutoyo No.2, RT.9/RW.6, Cawang, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13630, Indonesia.

Email : bim.sebo@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber energi terbarukan yang cukup besar, salah satunya adalah sumber energi angin yang potensinya mencapai 100 MW. Namun, pemanfaatan sumber energi angin di Indonesia masih belum maksimal, yakni baru sekitar 1.6% atau sekitar 1.6 MW. Desain turbin angin dan pengukuran kecepatan angin rata-rata merupakan hal yang penting dalam pemanfaatan potensi energi angin. Oleh sebab itu, dibutuhkan pengetahuan perihal desain dan simulasi dari beberapa parameter yang mempengaruhi pemanfaatan energi angin, seperti jenis *airfoil*, kecepatan angin, *pitch angle* turbin angin, dan parameter desain turbin angin. Dalam penelitian ini, akan dilakukan desain sekaligus simulasi turbin angin menggunakan software Qblade dengan beberapa tipe *airfoil* yang berbeda, untuk mengetahui tipe *airfoil* dengan bentuk geometrinya yang paling efisien dalam membangkitkan daya pada turbin angin. Hasil simulasi akan dipaparkan dalam bentuk nilai daya yang dibangkitkan pada masing-masing desain dengan setiap *airfoil* yang digunakan serta dibuktikan keakuratannya lewat perhitungan daya secara teori.

Kata kunci : *Airfoil, Qblade, Turbin Angin, Daya*

Abstract

Indonesia is a country that has a large potential for renewable energy sources, one of which is wind energy with a potential of up to 100 MW. However, the utilization of wind energy sources in Indonesia is still not maximized, which is only about 1.6% or about 1.6 MW. Wind turbine design and measurement of average wind speed are important in harnessing wind energy potential. Therefore, knowledge about the design and simulation of several parameters that affect the utilization of wind energy is needed, such as the type of airfoil, wind speed, wind turbine pitch angle, and wind turbine design parameters. In this study, the design and simulation of wind turbines will be carried out using Qblade software with several different types of airfoils, to determine which type of airfoil with its geometric shape is the most efficient in generating power in the wind turbine. The simulation results will be presented in the form of the power value generated in each design with each airfoil used and its accuracy proven through theoretical power calculations.

Keywords: *Airfoil, Qblade, Wind Turbine, Power*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terdiri dari banyak pulau dengan lebih dari 17.000 pulau dan hanya sekitar 5.700 pulau di antaranya yang berpenghuni [9]. Permasalahan suplai energi listrik dan sumber energi merupakan permasalahan utama di pulau-pulau kecil di Indonesia. Konsumsi energi paling besar di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan energi fosil. Permintaan energi fosil yang semakin meningkat, berbanding terbalik dengan ketersediaannya, akan menyebabkan berkurangnya sumber energi dan akan berdampak pada kelangsungan pasokan listrik masyarakat.

Energi angin merupakan energi terbarukan yang ketersediaannya tidak terbatas dan ramah lingkungan, serta energi angin memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi di Indonesia, mengingat Indonesia memiliki nilai kecepatan angin tiap daerah yang dinilai efektif untuk dimanfaatkan, dan potensi energi angin yang mencapai 100 MW [9]. Contoh bentuk pemanfaatan sumber energi angin adalah dalam bentuk turbin angin dalam bentuk pembangkit listrik tenaga angin [11].

Di Indonesia sendiri, pemanfaatan energi angin dalam bentuk pembangkit listrik tenaga angin masih sangat rendah, hanya sebesar 1.6% dari potensi totalnya [9]. Salah satu isu terpenting

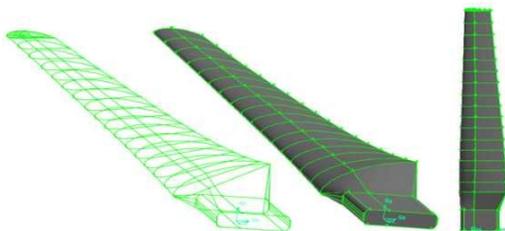
dalam pengembangan energi angin adalah pengukurannya. Metode Pengukuran yang tepat harus dilakukan untuk mendapatkan data energi angin yang valid, khususnya kecepatan angin. Selain pengukuran kapasitas energi angin, desain dan metode pembuatan turbin angin sesuai karakteristik energi angin harus diperhatikan untuk pemanfaatan pembangkit listrik tenaga angin yang efektif. Jadi, metode pembuatan dan desain turbin angin serta simulasinya sangat diperlukan untuk studi penerapan energi angin di Indonesia. Pembuatan turbin angin didasarkan pada desain airfoil. Desain airfoil yang biasa digunakan untuk penerapan aplikasi turbin angin dan sayap pesawat terbang adalah berdasarkan NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) yang merupakan lembaga di bawah NASA untuk meneliti karakteristik airfoil. Salah satu isu terpenting dalam pengembangan energi angin adalah pengukurannya. Metode Pengukuran yang tepat harus dilakukan untuk mendapatkan data energi angin yang valid, khususnya kecepatan angin [10].



Gambar 1. Sayap Pesawat Boeing 737

Sumber : Chapter 5, Airfoils, Wings, and Other Aerodynamic Shapes – a mini course on aerodynamics

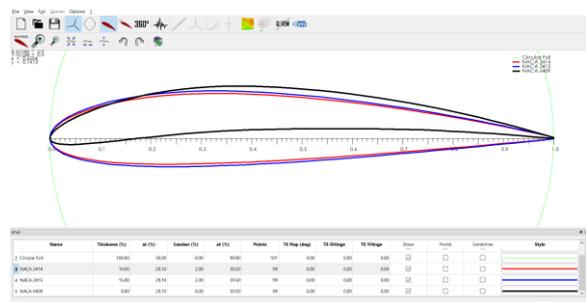
Selain penggunaannya untuk sayap pesawat, pengaplikasian NACA airfoil juga digunakan untuk desain dari turbin angin, karena konsep NACA airfoil yang umumnya memanfaatkan angin sebagai pemberi gaya angkat pada turbin angin dan memungkinkan turbin angin untuk berputar, karena pengaruh gaya angkat yang terjadi pada sudu turbin angin, yaitu *lift force* dan *drag force*. Penggunaan turbin angin diaplikasikan dalam ruang lingkup pertanian dan energi, khususnya di bidang pembangkit listrik [10].



Gambar 2. Turbin Angin Tipe Airfoil NACA 4415

Sumber : Applied Mechanics and Materials Vol. 391 (2013) pp 41-45

Dalam penelitian ini, akan dilakukan simulasi turbin angin untuk mengetahui daya output paling efektif yang akan dibangkitkan dari desain turbin angin dengan beberapa jenis airfoil, yaitu : NACA 2414, NACA 2415, dan NACA 6409 dengan pengujian menggunakan software desain turbin angin Qblade. Simulasi yang akan dilakukan nanti adalah berdasarkan karakteristik tipe airfoil dan variabel pembangkitan daya turbin angin.



Gambar 3. Geometri Airfoil Tipe NACA 2414, NACA 2415, dan NACA 6409

Sumber : Qblade Software for Wind Turbine Simulation

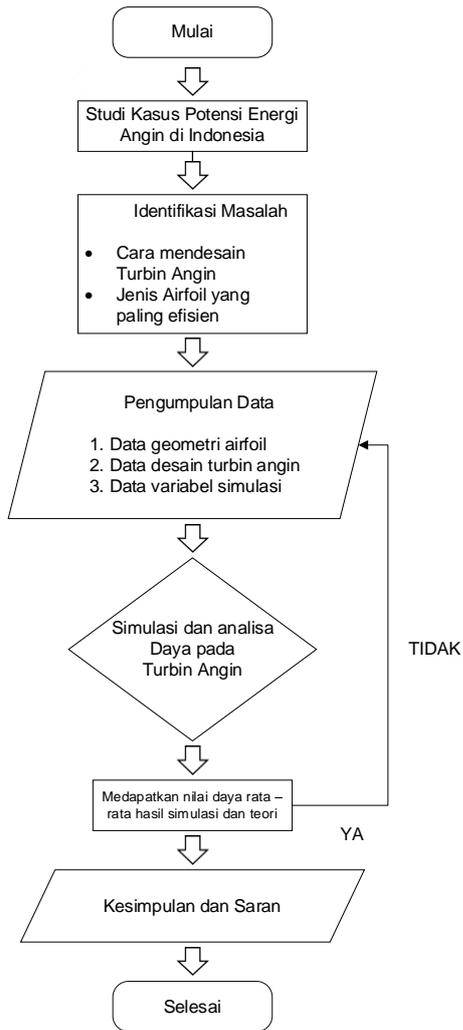
Parameter desain turbin angin dari tiga airfoil yang nilainya akan dibuat sama adalah panjang airfoil dan luas area total blade pada turbin angin [12]. Variabel input dalam simulasi antara lain adalah database airfoil NACA 4 digit yang dipilih dalam pengujian, data range kecepatan angin yang diuji serta pitch angle yang nantinya akan diset di perangkat desain dan simulasi turbin angin. Setelah simulasi dilakukan, maka daya output dari masing – masing desain turbin angin dengan tipe airfoil yang dipilih dalam percobaan dapat dibandingkan, dan nilai daya output paling besar akan terbaca dengan menggunakan perangkat simulasi dan desain turbin angin.

2. Tujuan

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai daya hasil simulasi turbin angin dengan beberapa jenis airfoil, serta menganalisa airfoil yang paling efektif dalam menghasilkan daya output dari desain turbin angin menggunakan software Qblade..

3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam simulasi ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir (flow chart) Gambar 4 sebagai berikut :



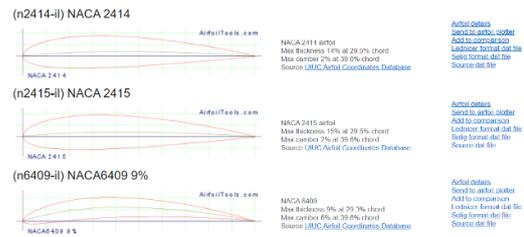
Gambar 4. Flow Chart Penelitian

Dalam penelitian ini, studi kasus potensi energi angin di Indonesia didasarkan pada data pengukuran kecepatan angin yang dilakukan oleh LAPAN (Lembaga Antariksa dan Penerbangan) khususnya pada kecepatan angin skala menengah sampai dengan kecepatan angin skala besar.

Tabel 1. Tabel Pemilihan kecepatan angin dalam penelitian

Kelas	Kecepatan Angin (m/s)
Skala Menengah	4 - 5
Skala Besar	> 5

Data geometri airfoil merupakan data koordinat yang menentukan bentuk dari airfoil itu sendiri. Pengambilan data geometri airfoil diunduh secara langsung di situs resmi airfoiltools.com dengan langsung mengunduh data file yang nantinya akan menjadi input dalam software.



Gambar 5. Situs Airfoiltools.com untuk mengunduh Data Airfoil

Dalam Penelitian ini desain turbin angin yang akan dibuat adalah berdasarkan tiga jenis *airfoil*, yaitu :

Tabel 2. Tabel Pemilihan *airfoil* dalam penelitian

AIRFOIL
NACA 2414
NACA 2415
NACA 6409

Desain turbin angin dalam simulasi ditentukan dengan nilai desain yang sama, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. Spesifikasi Turbin Angin

Parameter Desain	
Tipe Turbin	Poros Horizontal
Jumlah sudu	3
R turbin	100 cm
Jumlah segmen	10

Tabel 4. Tabel Jumlah segmen turbin angin

Segmen	chord (m)
1	0.02
2	0.02
3	0.13
4	0.12
5	0.11
6	0.1
7	0.09
8	0.08
9	0.07
10	0.06

Penentuan variabel bebas dan terikat yang akan digunakan dalam simulasi dan variabel tersebut akan menjadi acuan dari pengujian masing – masing turbin angin dengan beberapa *airfoil* yang di uji. Adapun penentuan variabel bebas dan terikat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Tabel variabel bebas dan variabel terikat dalam penelitian

Variabel bebas		Variabel Terukur
Tip Speed Ratio	3 – 8	Daya Turbin secara simulasi dan perhitungan secara teori
Kecepatan angin	5 – 15 m/s ($\Delta V = 2$)	
Sudut serang	-12° to -2° ($\Delta Pitch Angle = 2$)	
Putaran turbin	110 – 250 ($\Delta N = 10$)	

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi, daya rata – rata dari masing – masing parameter *pitch angle* dan putaran turbin, daya turbin dikalkulasikan kembali dalam bentuk daya rata – rata keseluruhan yang dibangkitkan dari rata-rata *pitch angle* dari parameter input, sehingga diperoleh data daya rata – rata keseluruhan sebagai berikut :

Tabel 6. Tabel daya rata-rata turbin angin *airfoil* NACA 2414, NACA 2415, dan NACA 6409

		NACA 2414						Daya rata - rata (Watt)
		Kecepatan Angin (m/s)						
		5	7	9	11	13	15	
Pitch Angle	-12°	75,30	114,83	110,05	62,53	31,07	23,84	
	-10°	77,47	105,89	86,10	37,25	22,07	19,01	
	-8°	76,06	92,52	57,21	23,50	16,38	15,36	
	-6°	71,52	75,52	31,98	15,79	12,37	12,35	
	-4°	63,82	55,45	18,62	10,87	9,25	9,69	
-2°	53,11	32,18	11,43	7,36	6,63	7,20		
		69,55	79,40	52,57	26,22	16,30	14,57	
		Daya rata - rata keseluruhan (Watt)						
		NACA 2415						Daya rata - rata (Watt)
		Kecepatan Angin (m/s)						
		5	7	9	11	13	15	
Pitch Angle	-12°	77,47	130,53	149,73	155,04	162,87	187,52	
	-10°	80,41	122,79	129,68	130,20	139,23	166,92	
	-8°	80,23	110,57	108,23	105,53	118,49	146,54	
	-6°	76,86	94,15	85,53	83,39	99,04	125,51	
	-4°	69,78	74,52	62,56	63,85	79,70	103,39	
-2°	59,66	53,81	41,33	45,50	59,79	79,93		
		74,07	97,73	96,18	97,25	109,85	134,97	
		Daya rata - rata keseluruhan (Watt)						
		NACA 6409						Daya rata - rata (Watt)
		Kecepatan Angin (m/s)						
		5	7	9	11	13	15	
Pitch Angle	-12°	96,75	171,53	219,39	254,46	303,07	373,89	
	-10°	97,77	164,61	201,45	233,27	284,74	356,28	
	-8°	95,93	154,41	181,69	213,87	267,26	338,07	
	-6°	90,34	140,91	161,41	195,94	249,86	318,71	
	-4°	83,19	124,64	142,35	178,82	231,94	297,82	
-2°	74,67	106,49	124,68	161,85	213,07	275,15		
		89,77	143,77	171,83	206,37	258,32	326,65	
		Daya rata - rata keseluruhan (Watt)						

Data daya rata – rata dari masing – masing simulasi turbin angin telah didapatkan, maka grafik perbandingan daya rata – rata yang telah didapatkan diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6. Tabel daya rata-rata turbin angin *airfoil* NACA 2414, NACA 2415, dan NACA 6409 secara simulasi:

		NACA AIRFOIL			Daya rata - rata (Watt)
		NACA 2414	NACA 2415	NACA 6409	
KECEPATAN ANGIN (m/s)	5	69,55	74,07	89,77	
	7	79,4	97,73	143,77	
	9	52,57	96,18	171,83	
	11	26,22	97,25	206,37	
	13	16,3	109,85	258,32	
	15	14,57	134,97	326,65	

Setelah hasil secara simulasi didapatkan, maka dilakukan perhitungan secara teori untuk mengetahui keakuratan hasil simulasi serta membandingkan nilai daya yang didapatkan. Dalam perhitungan, Penentuan Cp (Coefficient of Power) didapat dari analisa menggunakan software Qblade sesuai parameter simulasi yang ditentukan sehingga didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 7 : Tabel Cp NACA 2414

NACA 2414 Simulation	
TSR	Cp
3,00	0,02
3,50	0,06
4,00	0,19
4,50	0,35
5,00	0,36
5,50	0,37
6,00	0,35
6,50	0,33
7,00	0,29
7,50	0,24
8,00	0,19
Cp AVG	0,25

Perhitungan daya secara teori dari turbin angin NACA 2414 dengan sampel kecepatan angin 5 m/s adalah sebagai berikut :

$V = 5 \text{ m/s}$
 $A = \pi r^2 = 3.14 \times 12 = 3.14 \text{ m}$
 $C_p \text{ rata-rata NACA 2414} = 0.25$ (Penentuan dari software Qblade)
 η_g (efisiensi generator) = 0.5
 η_b (efisiensi gearbox) = 0.9
 $\rho \text{ udara} = 1.2933 \text{ kg/m}^3$

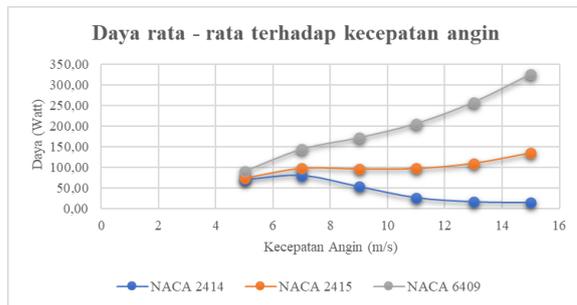
Daya yang dibangkitkan :
 $PT = C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot (1/2 \rho V^3)$
 $PT = 0.25 \times 0.5 \times 0.9 \times (1/2 \times 3.14 \times 0.12933 \times 5^3)$
 $PT = 28.55 \text{ Watt}$

Perhitungan daya dilakukan pada setiap nilai kecepatan angin yang ditentukan dalam simulasi, sehingga didapatkan data perhitungan daya sebagai berikut :

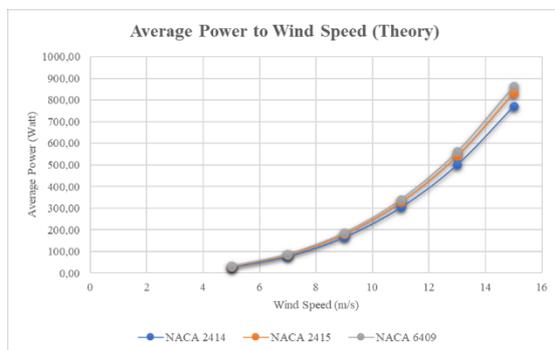
Tabel 8. Tabel daya rata-rata turbin angin *airfoil* NACA 2414, NACA 2415, dan NACA 6409 secara teori:

		NACA AIRFOIL			Daya rata - rata (Watt)
		NACA 2414	NACA 2415	NACA 6409	
KECEPATAN ANGIN (m/s)	5	28,55	30,84	31,98	
	7	78,83	84,62	87,75	
	9	166,52	179,85	186,51	
	11	304,04	328,36	340,52	
	13	501,86	542,01	562,08	
	15	770,95	832,62	863,46	

Data daya secara simulasi dan teori telah didapatkan. Untuk mengetahui besar perubahan daya secara jelas, maka data daya pada table, dipaparkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik daya rata-rata turbin angin tiap *airfoil* secara simulasi



Gambar 7. Grafik daya rata-rata turbin angin tiap *airfoil* secara teori.

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan secara teori yang dipaparkan dalam bentuk table dan grafik, terlihat bahwa airfoil NACA 6409 membangkitkan daya dengan rasio nilai

daya yang meningkat dan lebihh besar dari NACA 2414 dan NACA 2415.

1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dalam bentuk desain dan simulasi dari turbin angin menggunakan software Qblade, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan simulasi dari variasi parameter input dalam simulasi seperti *pitch angle*, putaran turbin angin, dan kecepatan angin, daya rata – rata yang dibangkitkan dari percobaan cukup bervariasi. Daya rata-rata berkisar dari 14.57 Watt sampai 79.40 untuk NACA 2414, 74.07 Watt sampai 134.97 Watt, dan 89.77 Watt sampai 326.65 Watt untuk NACA 6409 . Variasi daya yang didapatkan adalah berdasarkan parameter input dalam simulasi dan bentuk geometri *airfoil* dari turbin angin dalam percobaan.
2. Jenis *airfoil* yang paling efektif dalam membangkitkan daya pada turbin angin berdasarkan simulasi adalah jenis *airfoil* NACA 6409 dengan kisaran daya 89.77 Watt sampai 326.65 Watt. Hal tersebut terbukti dari tabel dan grafik daya rata – rata hasil simulasi di mana nilai daya rata – rata turbin angin dengan jenis *airfoil* NACA 6409 cenderung memiliki nilai yang meningkat secara eksponensial seiring dengan meningkatnya kecepatan angin.

Daftar Pustaka

- [1] Adhi Prasetyo, Didik Notosudjono, Hasto Soebagja, (2019), STUDI POTENSI PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DI INDONESIA, Bogor : Universitas Pakuan
- [2] American Society for Engineering Education, (2011), *Coherent Application Threads : Wind Turbine*, Boston University, Mechanical Engineering Department
- [3] Bili Darnanto Susilo, (2017), “Perancangan Bilah tipe taperless untuk horizontal axis wind turbine”, Jember, Universitas Jember
- [4] D. Marten, J. Wendler, G. Pechlivanoglou, C.N. Nayeri , C.O. Paschereit, (2013), “QBLADE: AN OPEN SOURCE TOOL FOR DESIGN AND SIMULATION OF HORIZONTAL AND VERTICAL AXIS WIND TURBINES”, Berlin Germany, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering

- [5] Fajrur Rahman Hakim, Indra Herlambang Siregar, (2014), Karakteristik Turbin Angin Vertical Axis dengan Lima Blade Profil NACA 0018, Surabaya : Universitas Negeri Surabaya
- [6] Ferit YILDIZ, Anil Can TURKMEN, CenK CELIK, Halil Ibrahim SARAC, July 2015, *Pitch Angle Analysis of NACA 2415 Airfoil*, London : Proceedings of the World Congress on Engineering 2015 Vol II
- [7] Illa Rizianiza, Devi Setiorini, Alfian Djafar, Perancangan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Studi Kasus Institut Teknologi Kalimantan, Kalimantan : Institut Teknologi Kalimantan
- [8] Joel Bretheim and Erik Bardy, March 2012, A Review of Power-Generating Turbomachines, Proceedings of the 2012 ASEE North Central Section Conference
- [9] Kementerian ESDM RI, 21 September (2018)
- [10] M. Ragheb, (2014), "Optimal Rotor Tip Speed Ratio"
- [11] Maldi Saputra, Herri Darsan, Al Munawir, 2 Oktober (2019), KECEPATAN ANGIN: MENGGUNAKAN MAWAR ANGIN SEBAGAI PREDIKTOR ; Universitas Teuku Umar - Meulaboh : Jurnal Mekanova
- [12] MD. Safayet Hossain, Muhammad Ferdous Raiyan, Mohammed Nasir Uddin Akanda, Nahed Hassan Jony, 2014, A Comparative Flow Analysis of NACA 6409 and NACA 4412 Aerofoil, International Journal of Research in Engineering and Technology
- [13] Mohamed Hatim Ouahabi, Mohamed Marouan Inchenial, Farid Benabdelouahad, (2017), Aerodynamic analysis of two dimensional models of turbulence for two different airfoils to determine their efficiency for wind turbine blade, Morocco : International Workshop on Complex Turbulent Flows
- [14] Mr. Shubham Raut , Mr. Shubham Shrivastava , Mr. Rohan Sanas , Mr. Navjyot Sinnarkar , Prof. M. K.Chaudhary, (2017), Simulation of Micro Wind Turbine Blade in QBlade, India : Savitribai Phule Pune University
- [15] Neethi Madhavan C S, 2019, Design and Analysis of NACA 2414 Aerofoil, India : International Journal of Scientific Research and Review
- [16] Panggih Raharjo, (2010), "Terminologi airfoil"
- [17] Raghel Yunginger, Nawir. N.Sune, (2015), ANALISIS ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI KOTA DI GORONTALO, Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo
- [18] Rahmad Samosir, Kimar Turnip, Melya Dianasari Sebayang, (2017), OPTIMASI DAYA OUTPUT KINCIR ANGIN POROS HORIZONTAL DENGAN MENGGUNAKAN TEROWONGAN KERUCUT, Jakarta : GLOBAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING TECHNOLOGIES AND SCIENCES 4
- [19] Soeripno Martosaputroa , Nila Murtia, (2014), Blowing the Wind Energy in Indonesia, Tangerang : Scientific Committee of Indonesia EBTKE Conex 2013