

Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Memanfaatkan Kecepatan Angin Rendah

Ayub Subandi

Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia

* ayub.subandi@email.unikom.ac.id

Abstrak. Energi listrik yang berasal dari pembangkit dengan tenaga angin selama ini masih mengandalkan angin dengan kecepatan tinggi untuk menggerakkan baling-baling, sedangkan untuk kondisi angin yang mempunyai kecepatan rendah belum digunakan. Pemanfaatan kecepatan angin rendah untuk pembangkit listrik dibuat dengan memanfaatkan prinsip rangkaian listrik. Untuk mendapatkan tegangan besar dari tegangan kecil maka harus disusun secara seri. Tegangan total merupakan jumlah aljabar dari tegangan masing-masing sumber tegangan, dengan nilai arus listrik akan sama. Dengan prinsip ini untuk mendapatkan sumber tegangan besar tidak perlu membuat kincir angin besar dan kecepatan angin besar cukup dengan kincir angin serta generator kecil dan kecepatan angin kecil bisa menghasilkan energi listrik besar. Hasil pengujian di laboratorium, sensor tegangan memiliki toleransi sebesar $\pm 3,8$ Volt. Pengujian sensor arus mempunyai toleransi sebesar 10,67%. Pengujian di lapangan, tegangan yang dihasilkan pada pembangkit pertama 1,9 sampai 2,7 Volt pada kecepatan baling-baling diantara 100 – 300 rpm dan arus yang dihasilkan sekitar 0,1 Ampere. Pembangkit kedua dan ketiga dengan generator 2 dan 3 kecepatan angin sama dengan pembangkit pertama, kecepatan baling-baling 300 – 500 rpm menghasilkan tegangan diantara 1,4 sampai 2,3 Volt dan arus sekitar 0,2 Ampere. Hasil pengujian jika ketiga pembangkit digabungkan secara seri membuktikan bahwa tegangan bertambah sesuai dengan jumlah aljabar dengan nilai diantara 5,5 sampai 6 Volt dan arus tidak berubah.

Kata Kunci: Arus, Baling-Baling, Generator, Rpm, Tegangan

1. Pendahuluan

Sumber energi fosil yang selama ini digunakan diperkirakan akan habis, karena eksploitasi besar-besaran untuk mengimbangi keperluan akan energi untuk kebutuhan. Untuk itu perlu dikembangkan sumber energi listrik yang bisa diperbaharui salah satunya energi dari tenaga angin. Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin adalah sumber energi ini yang terbarukan. Hal ini berarti pemanfaatan sumber energi ini tidak akan berkurang, sedangkan penggunaan bahan bakar atau sumber energi dari fosil dengan bertambahnya waktu akan habis. Keuntungan lain menggunakan sumber energi dengan tenaga angin merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang bisa merusak lingkungan. Dengan alasan itu dimasa depan tenaga angin bisa menjadi sumber energi yang bisa diandalkan.

Selama ini kendala yang dihadapi untuk membangun pembangkit listrik tenaga angin memerlukan biaya besar dan memerlukan kecepatan angin besar untuk menggerakkan kincir yang ukurannya besar, dengan teknologi yang dibuat pada penelitian ini kecepatan angin tidak dipermasalahkan karena kecepatan angin yang digunakan rendah.

2. Landasan Teori

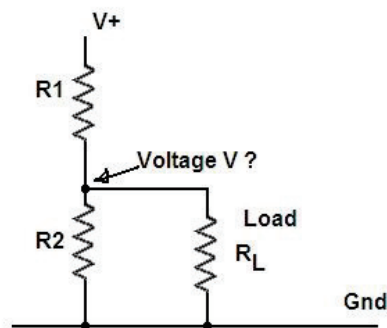
Energi angin yang dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin cara kerjanya cukup sederhana yaitu tenaga angin yang memutar turbin angin diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan ke dalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan turbin tersusun dari komponen-komponen sebagai berikut :

2.1 Bagian kincir angin

Baling-baling dibuat horizontal dengan jumlah sudu sebanyak 3 buah. Kecepatan putaran baling-baling kecil sehingga perlu digunakan sistem transmisi. Sistem transmisi berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir angin menjadi putaran tinggi pada generator. Generator listrik ini yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Generator terdiri dari beberapa kumparan kawat (kebanyakan tembaga) dan beberapa magnet. Besar tegangan ataupun arusnya tergantung dari jumlah lilitan yang digunakan, diameter kumparan, banyaknya kumparan, ukuran magnet dan kekuatan magnetnya, kecepatan berputar, dan parameter lainnya. Komponen lain yang tidak kalah penting pada pembangkit listrik adalah menara sebagai penopang kincir dan sistem mekanik.

2.3 Bagian pengukuran variabel listrik

Variabel listrik yang diukur yaitu tegangan dan arus, dan variabel yang dihasilkan secara perhitungan adalah daya. Untuk mengukur tegangan digunakan konsep pembagi tegangan, sehingga besarnya tegangan dapat dibatasi dan dibaca oleh analog mikrokontroler. Sensor tegangan menggunakan beberapa resistor sebagai pembagi tegangan dan satu resistor sebagai beban untuk penstabil nilai tegangan keluaran.



Gambar 1. Skema Pembagi Tegangan

Dari gambar 1 di atas tegangan keluaran menggunakan persamaan [1]:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot V_{in} \quad (1)$$

Untuk mengetahui kecepatan baling-baling digunakan sensor RPM (*Rotate Per Minute*). Sensor ini menggunakan *rotary encoder* dengan memanfaatkan sensor phototransistor yang berhadapan dengan LED IR (*Infra Merah*), sensor sudah dibuat dalam bentuk *optocoupler* yang dipadukan dengan komponen lain seperti resistor, kapasitor dan op-amp sebagai penguat sinyal.

3. Perancangan

3.1 Perancangan baling-baling dan kecepatan putaran

Diketahui kecepatan angin rendah $v = 2,5$ m/s, diameter baling-baling $D = 1$ meter, tip speed ratio $\lambda = 6$, Maka putaran rotor, n [2]:

$$n = \frac{60\lambda v}{\pi D} = 286,62 \text{ rpm}$$

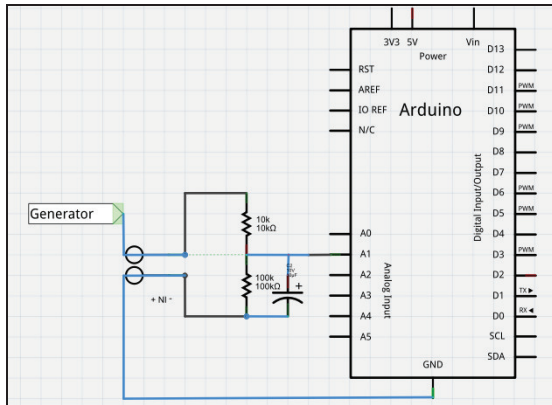
Kecepatan angular :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi n}{60} = 30 \text{ rad/s}$$

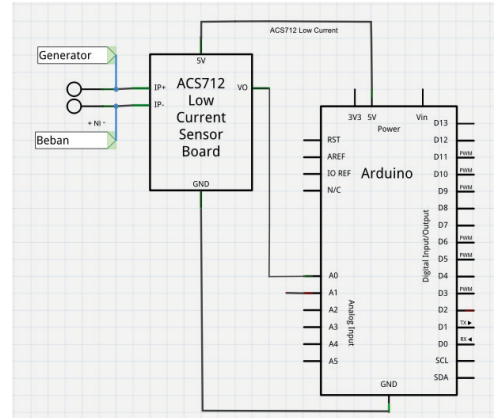
Berdasarkan perhitungan di atas data yang diperlukan untuk merancang baling-baling adalah kecepatan angular rotor bernilai 30 rad/s dan kecepatan putaran rotor bernilai 286,62 rpm.

3.2 Perancangan sensor tegangan dan arus

Sensor tegangan menggunakan dua buah resistor yang dihubungkan secara seri. Konsep sensor tegangan ini menggunakan pembagi tegangan dengan tambahan satu buah kapasitor sebagai penstabil nilai keluaran. Skema pin dapat dilihat pada gambar 2a berikut.



(a)



(b)

Gambar 2. Skema Rangkaian Sensor: (a) Tegangan, dan (b) Arus

Sensor arus menggunakan modul *sensor hall effect* dengan keluaran 1 pin analog, keluaran tersebut dihubungkan pada port A0 pada mikrokontroler, alokasi pin pada mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2b.

4. Implementasi dan pengujian

Pembangkit listrik yang dibuat pada penelitian ini disusun secara berderet seperti terlihat pada gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Pemasangan Ketiga Pembangkit di belakang kampus UNIKOM Bandung

Pengukuran besaran pada sistem pembangkit listrik tenaga angin yaitu tegangan, arus, dan kecepatan baling-baling. Gambar 4 di bawah menunjukkan implementasi sistem pengukuran dengan menggunakan sensor dan sistemnya.



Gambar 4. Implementasi Sistem Pengukuran Arus, Tegangan, dan RPM

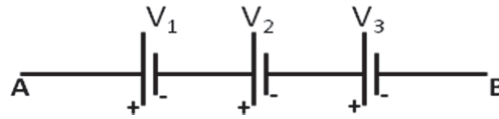
Hasil pengukuran masing-masing pembangkit diperlihatkan pada tabel 1. Pembangkit pertama dengan generator 1 untuk kecepatan angin 3 - 4 m/detik tegangan yang dihasilkan diantara 1,9 sampai 2,7 Volt pada kecepatan *blade* diantara 100 – 300 rpm dan arus yang dihasilkan kurang lebih 0,1 Ampere. Begitu juga dengan pembangkit kedua dan ketiga dengan generator 2 dan 3 kecepatan angin sama dengan pembangkit pertama kecepatan *blade* 300 – 500 rpm menghasilkan tegangan diantara 1,4 sampai 2,3 Volt dan arus kurang lebih 0,2 Ampere.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Masing-Masing Pembangkit

Generator 1			Generator 2			Generator 3		
kecepatan blade (RPM)	V (Volt)	I (Ampere)	kecepatan blade (RPM)	V (Volt)	I (Ampere)	kecepatan blade (RPM)	V (Volt)	I (Ampere)
185.6	1.9	0.1	321.1	1.8	0.18	382.9	1.8	0.2
263.9	1.8	0.1	323.5	1.7	0.18	443.5	1.3	0.2
180.8	2.6	0.1	411.2	2	0.18	342.5	1.7	0.2
211.7	2.6	0.1	404.2	1.8	0.18	376.5	2	0.2
266.7	2.7	0.1	408.2	1.9	0.18	320.1	2.1	0.2
204.4	2.3	0.1	409.2	2.1	0.18	378.6	2.3	0.2
207.8	2.2	0.1	380.2	1.9	0.18	490.3	2	0.2
223.7	2.1	0.1	411.5	1.9	0.18	403.6	1.9	0.2
110.6	2.2	0.1	334.9	1.7	0.18	406.3	1.8	0.2
118.9	2.1	0.1	376	1.8	0.18	413.4	1.7	0.2
129.9	2.6	0.1	366.9	1.8	0.18	391.3	1.9	0.2
131.5	2.7	0.1	430.5	2.1	0.18	422.9	1.8	0.2
121.3	2.5	0.1	342.4	1.7	0.18	410.7	2.1	0.2
118.5	2.4	0.1	422.8	2	0.18	401.5	1.7	0.2
114.2	2	0.1	400.7	2.2	0.18	330.9	1.5	0.2
120.8	2.4	0.1	399.6	1.7	0.18	346	1.7	0.2
118.7	2.2	0.1	393.2	1.6	0.18	366.9	2	0.2
119.3	2.4	0.1	367.4	1.6	0.18	419.5	1.9	0.2
122.6	2.2	0.1	350.5	1.5	0.18	242.4	1.9	0.2
109.5	2.1	0.1	402.5	2.1	0.18	402.8	1.8	0.2

Perbedaan hasil pengukuran antara pembangkit pertama dengan pembangkit kedua dan ketiga dikarenakan spesifikasi transmisi yang berbeda, dimana pembangkit pertama dengan generator 1 mempunyai transmisi mekanik 2 kali, sedangkan generator 2 dan 3 mempunyai transmisi sebesar 2,5 kali. Pengukuran kecepatan baling-baling susah untuk dibandingkan dengan hasil parameter pengukuran tegangan dan arus dikarenakan angin yang datang berubah-ubah, perbedaan waktu akan menghasilkan perbedaan kecepatan putaran baling-baling, selain itu pergerakan baling baling berubah sesuai arah mata angin, maka kecepatan angin yang diambil merupakan kecepatan rata-rata pada saat pengukuran.

Hasil pengukuran bila ketiga pembangkit digabungkan ditunjukkan pada tabel 2. Dengan menggunakan prinsip rangkaian seri pada listrik seperti pada gambar 5, pada penelitian ini generator dianggap sebagai sumber tegangan, maka bila sumber tegangan dirangkai secara seri akan bertambah nilai tegangannya dan nilai arus akan sama dengan arus yang besar.



Gambar 5. Prinsip Pengukuran Ketiga Pembangkit

Dengan V_1, V_2 , dan V_3 berturut-turut sumber tegangan dari generator 1, generator 2, dan generator 3. Maka tegangan total dari ketiga sumber tegangan di atas adalah $V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Ketiga Pembangkit dipasang Secara Seri

Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
5.8	0.19
5.6	0.19
5.8	0.19
5.7	0.19
5.5	0.17
5.6	0.18
5.7	0.19
5.4	0.17
5.5	0.16
5.2	0.17

Dari data pada table 2 di atas terbukti bahwa sumber tegangan bila diserikan sebagai penjumlahan dari masing-masing sumber tegangan, sedangkan arus akan tetap.

5. Kesimpulan

Sumber tegangan pada penelitian ini bila dihubungkan secara seri akan menghasilkan jumlah tegangan rata-rata 5 Volt, dan arus rata-rata sebesar 1,9 Ampere. Untuk mendapatkan penelitian yang lebih bagus perlu melakukan simulasi dengan menggunakan ANSYS supaya mengetahui seberapa pengaruh kontur baling-baling terhadap perputaran. Langkah selanjutnya perlu mengambil data secara akurat untuk ketiga pembangkit di atas dengan cara memberikan kecepatan angin konstan. Tegangan yang dihasilkan belum cukup untuk mengisi aki 12 Volt maka perlu menambahkan *booster* atau penaik tegangan. Harus dilakukan perancangan dan pembuatan *inverter* untuk mengubah dari tegangan DC ke tegangan AC yang nantinya bisa digunakan untuk penerangan skala rumah tangga.

6. Daftar Referensi

- [1] Malvino.A and Bates.D, *Electronic Principles*, 2nd, United States: McGraw-Hill Education, 1998.
- [2] M. Ragheb. (2014) [Online]. Available: http://mragheb.com/NPRE_475_Wind_Power_Systems/Optimal_Rotor_Tip_Speed_Ratio.pdf.
- [3] <http://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-sensors-magnetoresistive-hall-effect-applications-005715-2-en.pdf>, Honeywell Inc.
- [4] Beuche, J.F and Hecht.E, Fisika Univeristas, 10nd, Indonesia: Penerbit Erlangga, Translation Copyright, 2006.
- [5] Adel S. Sedra and K.C. Smith, Microelectronics Circuits, 2nd, Oxford Series in Electrical & Computer Engineering, 1997.