

PERANCANGAN SISTEM PENGONTROLAN TEGANGAN PADA PLTB MENGGUNAKAN POTENSIO DC

Rimbawati¹⁾, Nur Ardiansyah²⁾, Noorly Evalina³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
E-mail : rimbawati@umsu.ac.id

Abstrak

Sumber energi terbarukan saat ini sudah tidak asing lagi dalam kehidupan sehari-hari. Seiring berkembangnya teknologi modern banyak para ilmuwan menciptakan sumber energi listrik. Seperti halnya dengan pembangkit listrik tenaga bayu atau disebut dengan istilah PLTB. PLTB ini sendiri memanfaatkan sumber energi angin untuk dapat menghasilkan listrik. Sumber listrik yang dihasilkan dari PLTB ini berupa tegangan DC. Sumber tegangan yang dihasilkan oleh generator dari turbin angin tidaklah stabil. Karena tegangan yang dihasilkan tergantung kecepatan angin yang ada. Agar dapat menghasilkan tegangan yang stabil penelitian ini akan membahas bagaimana tegangan yang dihasilkan oleh generator PLTB dapat stabil. Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan oleh generator pada prototype PLTB. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka disimpulkan bahwa sudut sudu 20° menghasilkan tegangan tertinggi dari generator sebesar 3,97 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 12,91 volt pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0,63 volt pada generator dan 0,60 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s.

Kata-Kata Kunci : Tegangan DC, Generator, Potensio Tegangan DC

I. PENDAHULUAN

Salah satu energi yang termasuk sumber energi terbarukan dan berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik skala kecil adalah energi angin. Namun pada sistem pembangkit listrik energi angin terdapat masalah utama yaitu torsi yang dihasilkan dari putaran bilah kincir angin cenderung lebih kecil [1]. Biasanya tegangan yang dihasilkan oleh generator pembangkit listrik tenaga bayu ini berbeda-beda tergantung dengan tipe dan jenis generator yang digunakan. Tegangan yang dihasilkan tidaklah efisien sehingga perlu menambah komponen tambahan dalam pembuatan pembangkit energi listrik tenaga bayu. Agar masalah sumber tegangan dapat diatasi, salah satu caranya adalah dengan mengimplementasikan sebuah rangkaian pengubah nilai tegangan DC atau DC-DC Converter. Pada perubahan nilai tegangan DC tersebut dapat menaikkan dan menurunkan nilai tegangan DC. Adanya perubahan beban terhadap waktu akan mempengaruhi nilai dari sebuah konverter AC - DC, sehingga cara yang digunakan dalam mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan pengaturan tegangan output terhadap perubahan beban. Dalam hal ini menggunakan penyearah terkendali (controlledrectifier) dengan mengatur waktu penyalaan (sudut phasa) dari penyearah tersebut terhadap perubahan beban yang terjadi. Masalah yang biasa terjadi pada penyearah AC-DC terdapat pada suplai tegangan yang bisa berubah akibat dari perubahan beban [2][3].

Mengkonversikan tegangan keluaran dari generator sangatlah penting, sebab tegangan yang dihasilkan adalah tegangan DC. Dalam hal ini tegangan yang dihasilkan tidaklah konstan. Tegangan ini juga bergantung pada kecepatan

putardari rotornya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengaturan agar tegangan yang dihasilkan selalu stabil, sehingga dapat diperoleh tegangan yang konstan. Apabila tegangan tidak berubah-ubah, maka akan lebih mudah untuk mengkonversinya menjadi tegangan AC. Dalam proses ini dapat ditambahkan dengan beberapa perangkat pendukung seperti baterai, inverter, trafo step up dan perangkat penting lainnya. Pada dasarnya tegangan yang dihasilkan oleh generator pembangkit listrik tenaga bayu selalu berubah-ubah. Hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang tidak stabil. Oleh sebab itu, perlu digunakan pengaturan tegangan DC pada generator tersebut. Proses pengaturan ini bertujuan agar tegangan yang dihasilkan dapat stabil. Misalnya pada prototype pembangkit listrik tenaga bayu, terdapat generator DC sebagai penghasil tegangan. Pada prototype ini tegangan yang dihasilkan tidaklah tetap, sebab kecepatan angin mempengaruhi besar kecilnya tegangan yang dihasilkan. Maka dalam hal ini perlu adanya pengontrolan tegangan terhadap generatornya. Upaya ini dilakukan agar tegangan yang diperoleh dapat stabil.

Berdasarkan uraian diatas penelitian ini bertujuan melakukan perancangan sistem pengontrolan tegangan pada PLTB menggunakan potensio DC untuk mengontrol tegangan keluaran dari generator dan mengetahui seberapa besar pengaruh potensio DC dalam pengaturan tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu sumber energi yang dapat diperbarui adalah angin. Pada penggunaan turbin angin, energi angin dapat digunakan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Sumber energi ini memiliki beberapa keuntungan yaitu ramah lingkungan dan tersedia

dalam jumlah melimpah. Energi angin merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi angin hampir selalu tersedia walaupun tingkat energi yang dihasilkan berbeda-beda berdasarkan kecepatan angin. Dalam mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik, diperlukan turbin angin untuk mengkonversi energi angin menjadi energi mekanik sebelum dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Total daya yang ditangkap oleh turbin angin merupakan fungsi dari kecepatan angin dan luas dari baling-baling turbin.

Pembangkit konvensional tidak lepas dari berbagai kelemahan seperti menghasilkan limbah dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Masalah lingkungan dan masalah ekonomi menjadi salah satu faktor alasan pemanfaatan pembangkit terbarukan di seluruh dunia. Indonesia memiliki beberapa potensi alam yang sangat baik untuk dikembangkan menjadi sebuah pembangkit menjadi sebuah pembangkit energi terbarukan. Energi yang dapat dikembangkan ialah energi angin dan energi matahari [4]. Konverter DC ke DC adalah sebuah rangkaian pensaklaran elektronik yang dapat membuat sumber tegangan searah menjadi tegangan searah dengan besar tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Pengaturan tegangan dapat dilakukan di luar konverter atau di dalam konverter. Pengaturan tegangan di luar konverter dilakukan dengan mengatur variasi tegangan searah masukan konverter. Pengaturan tegangan di dalam konverter dikenal sebagai Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation, PWM) [5].

Listrik dikenal sebagai sumber energi pembawa, energi pembawa adalah suatu substansi atau sistem yang memindahkan energi dalam suatu bentuk dari satu tempat ke tempat yang lain. Listrik dibangkitkan oleh suatu pembangkit dari suatu energi primer dikonversikan dalam energi listrik. Sebagai contoh sumber energi primer adalah bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) air, sinar matahari, angin, biomassa, dan lain-lain. Mulai tahun 1970-an, penggunaan energi fosil mulai dikurangi karena dampaknya yang tidak bersahabat dengan lingkungan dan jumlah ketersediaannya di alam yang semakin berkurang. Dan digantikan dengan sumber energi yang ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah yang disebut energi terbarukan. Jenis energi terbarukan ini salah satunya adalah energi angin. Penggunaan angin untuk sumber energi sudah dimanfaatkan sejak dulu oleh bangsa Belanda yang terkenal kincir anginnya [6].

Permintaan energi listrik telah meningkat secara dramatis karena pertumbuhan penduduk yang cepat, konstruksi bangunan dan pengembangan pabrik. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil seperti bensin, gas alam dan batu bara terbatas pada beberapa tahun berikutnya. Energi terbarukan memiliki peran penting untuk mengurangi bahan bakar fosil dan lingkungan tentang energi hijau. Kelebihan energi terbarukan tidak hanya sebagai energi bersih, tetapi juga sebagai pembangkit listrik dengan keandalan tinggi, energi efisiensi dan menurunkan biaya. Energi terbarukan merupakan

solusi yang menjanjikan untuk pembangkit listrik alternatif yang tersedia melalui proses alami seperti sinar matahari, angin, ombak daya, hidrogen, panas geothermal dan sel bahan bakar [7].

Untuk menghasilkan energi listrik dari energi angin dapat digunakan generator DC, generator sinkron dan generator induksi. Seperti halnya kelebihan motor induksi. Pada dasarnya energi listrik yang dihasilkan oleh generator dari turbin angin tidaklah selalu stabil. Karena tegangan yang dihasilkan dari generator tersebut bergantung pada kecepatan udara yang ada di sekitar lokasi turbin angin tersebut. Oleh karena itu sangat perlu dilakukan sistem pengontrolan pada tegangan yang keluar dari generator turbin angin tersebut. Misalnya dengan cara menggunakan Automatic Voltage Regulator (AVR). AVR berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan output generator. Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Begitu juga sebaliknya apabila tegangan output Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output generator akan dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis dikarenakan dilengkapi dengan peralatan seperti alat yang digunakan untuk pembatasan penguat minimum ataupun maximum yang bekerja secara otomatis [8].

Pada prinsipnya tegangan yang dihasilkan oleh generator dari turbin angin adalah berupa tegangan DC (arus searah) dan tegangan yang dihasilkan juga tidaklah stabil. Oleh karena itu sangat perlu adanya sistem pengontrolan pada tegangan yang keluar dari generator turbin angin tersebut. Pada penelitian ini akan membahas sistem pengontrolan tegangan DC dengan menggunakan alat penaik dan penurun atau penstabil tegangan DC. Prinsip kerja alat ini hampir sama dengan potensio tegangan atau AVR. Alat ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan DC sesuai kebutuhan yang akan dipergunakan. Berdasarkan spesifikasinya alat ini memiliki batas maksimum dan minimum tegangan yang dapat diatur. Dalam konsepnya alat ini sangat mudah digunakan, dan apabila tegangan nya sudah stabil atau konstan maka akan lebih mudah untuk mengkonversikannya menjadi tegangan AC. Agar dapat bekerja secara maksimal maka perlu ditambahkan beberapa komponen dalam sistem pengontrolannya. Misalnya seperti penambahan kit inverter, trafo step-up, baterai dan komponen pendukung lainnya.

Popularitas pemanfaatan energi angin semakin hari semakin meningkat, bahkan sampai saat ini. Pemanfaatan energi angin ini tidak selamanya meningkat sejak awal kemunculannya, bahkan

sempat mengalami naik turun. Ketika harga BBM naik maka energi angin ini banyak dimanfaatkan, begitu juga sebaliknya. Jika harga BBM turun maka pemanfaatan turbin tersebut berkurang atau menurun. Energi angin sendiri memiliki energi kinetik, di mana energi kinetik tersebut ada pada udara yang bergerak. Hal inilah yang menjadi definisi atau pengertian energi angin serta beberapa contoh mulai dari awal pemanfaatan hingga saat ini [9].

Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak di atas permukaan bumi. Sudah sejak dahulu angin berjasa bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah para nelayan. Selain itu, turbin angin pada awalnya juga dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah-daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang tahun. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill*. Pengkajian potensi angin harus dilakukan dengan baik guna memperoleh suatu sistem konversi angin yang tepat. Pengkajian potensi angin pada suatu daerah dilakukan dengan cara mengukur serta menganalisa kecepatan maupun arah angin. Dasar dari alat untuk merubah energi angin adalah kincir angin. Meskipun masih terdapat susunan dan perencanaan yang beragam, biasanya kincir angin digolongkan menjadi dua tipe (horizontal dan vertikal) dan yang paling banyak digunakan adalah kincir jenis horizontal. Kincir jenis ini mempunyai rotasi horizontal terhadap tanah (secara sederhana yaitu sejajar dengan arah tiupan angin).

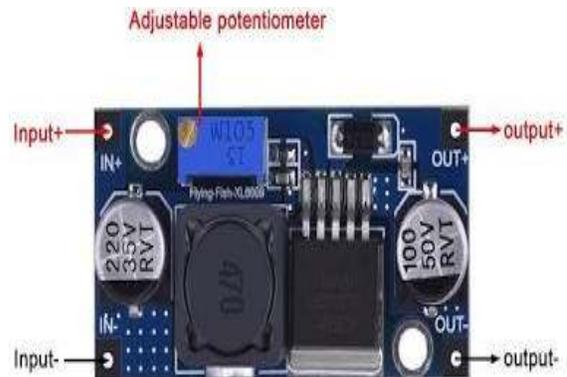
Prinsip dasar kincir angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadidengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain batangkincir. Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin.

Untuk mendesain sebuah kincir angin, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang harus dipertimbangkan yaitu berapa besar daya yang kita butuhkan, kemudian kecepatan angin, setelah itu yang tidak kalah penting yaitu berapa jumlah blade (bilah kincir) yang harus digunakan, dan masih banyak hal teknis lainnya.

XL6009 Compact Adjustable

Dalam penelitian ini menggunakan pengatur tegangan DC yaitu XL6009 Compact Adjustable DC – DC Step Up Power Module. Pengatur tegangan ini berfungsi sebagai pengatur penaik tegangan DC. Apabila terdapat sumber tegangan DC yang memiliki tegangan rendah, dengan menggunakan

alat ini tegangan yang rendah dapat dinaikkan dengan memutar potensiometer yang terdapat pada alat ini. Pada alat pengatur tegangan ini mempunyai tegangan input sebesar 3 V – 18V. Oleh karena itu, jika tegangan input dibawah dari 3 V maka alat ini tidak dapat bekerja sesuai fungsinya. Pada tegangan outputnya alat ini mampu mengatur tegangan sebesar 4.0V – 24V. Pada alat ini arus input yang mengalir sebesar 3A dan memiliki arus lanjutan sebesar 2A.



Sumber: <https://www.google.com/search?q=gambar+alat+xl6009+compact+adjustable&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab>

Gambar 1. Pengatur Tegangan DC Compact Adjustable

III. METODOLOGI PENELITIAN

Perencanaan dan penelitian terhadap prototype pembangkit listrik tenaga bayu ini telah dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2018 di Laboratorium Konversi Energi Listrik Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1 Perancangan Penelitian

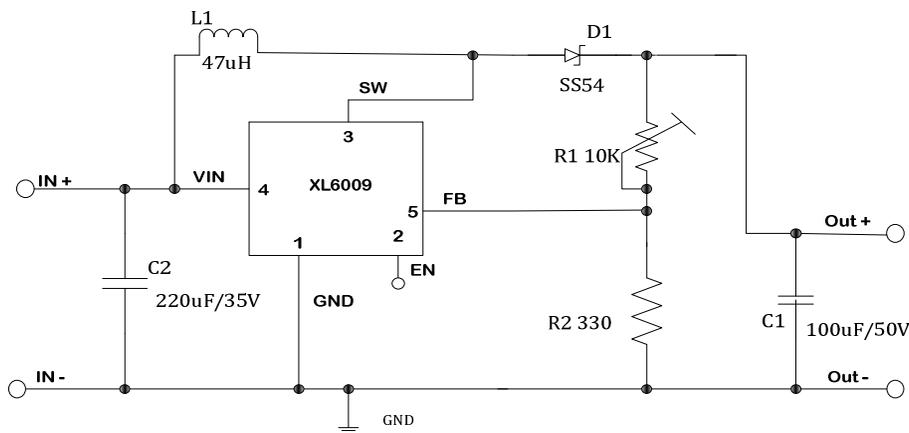
Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan prototype turbin angin model savonius dengan menggunakan 6 sudu, karena prototype turbin angin ini yang akan di atur tegangan output yang dihasilkan oleh generatornya.
2. Memasang kabel generator yang terdapat pada turbin angin ke alat pengatur tegangan DC XL6009 Adjustable seperti pada gambar dibawah ini. Dalam hal ini kabel yang digunakan adalah jenis NYAF dengan ukuran diameter 0,75mm. Cara pemasangannya yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan negatif dari generator ke terminal input yang terdapat pada XL6009 Compact Adjustable, dengan memutar potensiometer yang ada pada XL6009 Compact Adjustable maka dapat menaikkan tegangan output yang dihasilkan oleh generator tersebut.
3. Langkah selanjutnya ukur terlebih dahulu tegangan yang dihasilkan oleh generator turbin angin menggunakan multimeter. Karena jika tegangan yang dihasilkan kurang dari 3.5V maka

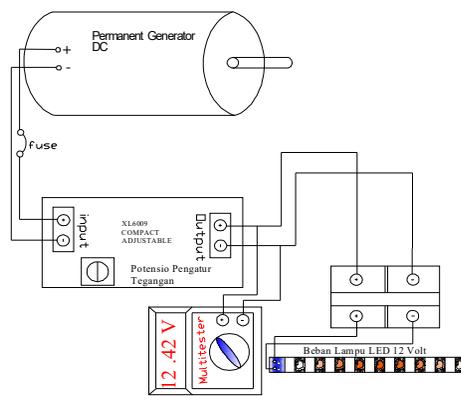
pengatur tegangan ini tidak akan dapat bekerja. Selanjutnya menghubungkan output dari XL6009 Adjustable dengan plat terminal. Sebelum menghubungkan ke beban terlebih dahulu lakukan pengukuran tegangan output pada XL600 Adjustable dengan multimeter. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui tegangan yang dihasilkan generator turbin angin tersebut. Jika tegangan rendah, maka putar potensio pengatur tegangan untuk menaikkan tegangannya. Dalam rangkaian pengatur tegangan DC ini menggunakan IC XL6009 yang berfungsi sebagai alat pengatur tegangan input output dan sebagai jantung pada suatu rangkaian dengan membagi tugas masing – masing pada setiap blok rangkaian tertentu dengan kapasitas tegangan input sebesar 3,5 Volt – 18 Volt. Kemudian pada rangkaian tersebut dipasang kapasitor pada input dengan kapasitas sebesar 220uF/35V dan pada output rangkaian sebesar 100uF/50V. Dalam rangkaian ini juga memakai induktor daya yang berperan sebagai menyimpan arus dalam medan magnet dan juga meneruskan arus searah. Induktor ini memiliki nilai kapasitas sebesar 47uH. Kemudian pada tegangan input (+) pada rangkaian dipasang pin nomor 4 yang terdapat pada IC XL6009. Hal

inilah yang mengatur tegangan input pada rangkaian tersebut. Setelah itu rangkaian tersebut dipasang sebuah Dioda Zener yang berfungsi sebagai penyearah dalam suatu rangkaian dan input pada Dioda ini dipasang pada pin nomor 3 pada XL6009 yang berfungsi sebagai switch. Kemudian pada pin nomor 5 dari XL6009 dipasang resistor variabel yang berfungsi sebagai pengatur tegangan output pada rangkaian dengan besar tahanan 10K, sedangkan pada Potensiometer Trimmer berfungsi sebagai penaik dan penurunan tegangan jika diputar pada potensinya.

4. Memasang beban lampu pada Output dari XL6009 Compact Adjustable yang telah dihubungkan dengan plat terminal. Dalam hal ini beban yang digunakan adalah lampu pita Led 12 Volt dengan daya sebesar 4 Watt. Sebelum melakukan pemasangan beban terlebih dahulu harus atur tegangannya menjadi 12 Volt agar lampu atau beban dapat bekerja.
5. Dalam penelitian ini sudu yang digunakan berukuran 4” dengan sapuan luas yang bervariasi: 54 cm, 60,5 cm , 67,5 cm dan 74 cm.



Gambar 2. Rangkaian Pengatur Tegangan DC pada PLTB



Gambar 3. Rangkaian Utama Pengatur Tegangan Output Pada Prototype PLTB

IV. PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan diameter sudu 4" dengan sapuan yang bervariasi hal ini dilakukan agar diketahui mana yang terbaik untuk digunakan sebagai acuan.

Pada pengujian keempat terlihat pada tabel 1 pengujian pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 54 cm dengan kecepatan angin yang berbeda – beda pada sudut sudu 20° menghasilkan tegangan

tertinggi dari generator sebesar 2,86 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 2,82 volt pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0 volt pada generator dan 0 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s. Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hanya pada tegangan generator yang menghasilkan tegangan sebesar 3,14 volt yang dapat diatur tegangannya oleh pengatur tegangan DC.

Tabel 1. Data pengujian pertama pengaturan tegangan terhadap PLTB diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 54 cm.

| No | Kelengkungan Sudut Sudu (°) | Kecepatan angin (m/s) | | | | | | | |
|----|-----------------------------|-----------------------|------|------|------|---------------|------|------|-------|
| | | Output Generator | | | | Output XL6009 | | | |
| | | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0.66 | 2.14 | 3.14 | 0 | 0.61 | 2.12 | 12.11 |
| 2 | 20 | 0 | 1.52 | 2.52 | 2.86 | 0 | 1.48 | 2.49 | 2.82 |
| 3 | 35 | 0 | 0.96 | 1.90 | 2.34 | 0 | 0.93 | 1.84 | 2.31 |
| 4 | 45 | 0 | 0.23 | 0.41 | 1.52 | 0 | 0.19 | 0.38 | 1.49 |

Tabel 2. Data pengujian kedua pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 60,5 cm.

| No | Kelengkungan Sudut Sudu (°) | Kecepatan angin (m/s) | | | | | | | |
|----|-----------------------------|-----------------------|------|------|------|---------------|-------|-------|-------|
| | | Output Generator | | | | Output XL6009 | | | |
| | | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 2.91 | 3.30 | 3.67 | 0 | 2.87 | 12.28 | 12.62 |
| 2 | 20 | 0 | 3.01 | 3.96 | 4.06 | 0 | 12.02 | 12.81 | 12.88 |
| 3 | 35 | 0 | 2.23 | 3.16 | 3.27 | 0 | 2.19 | 12.13 | 12.24 |
| 4 | 45 | 0 | 0.54 | 1.71 | 1.82 | 0 | 0.51 | 1.65 | 1.78 |

Terlihat pada Tabel 2 bahwa pengujian pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 60,5 cm dengan kecepatan angin yang berbeda – beda menghasilkan tegangan tertinggi dari generator sebesar 4,06 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 12,88 volt pada kecepatan angin 4 m/s pada kelengkungan sudut sudu sebesar 20°. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0 volt pada generator dan 0 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s. Terlihat pada tabel diatas bahwa pada sudut sudu 45° tegangan yang dihasilkan tidak terlalu baik, karena semakin besar sudut sudu pada PLTB semakin besar daya dorongan angin yang dibutuhkan.

Pada Tabel 3 pengujian pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 67,5 cm dengan kecepatan angin yang berbeda – beda menghasilkan tegangan tertinggi dari generator sebesar 4,12 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 12,99 volt pada kemiringan sudut sudu 20° pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0 volt pada generator dan 0 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s. Pada tabel terlihat bahwa semakin bertambah kecepatan angin maka semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh generator. Dalam pengujian ini terlihat bahwa apabila tegangan pada generator sebesar 3 volt ke atas maka tegangan dapat di atur oleh pengatur tegangan DC yaitu XL6009 Compact Adjustable.

Tabel 3. Data pengujian ketiga pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4", sapuan luas (A) = 67,5 cm.

| No | Kelengkungan Sudut Sudu (°) | Kecepatan angin (m/s) | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|------|---------------|------|------|-------|-------|-------|
| | | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 |
| Output Generator | | | | Output XL6009 | | | | | |
| 1 | 0 | 1.17 | 2.85 | 3.19 | 3.43 | 1.14 | 2.81 | 12.16 | 12.39 |
| 2 | 20 | 1.91 | 3.03 | 4.06 | 4.12 | 1.89 | 12.01 | 12.87 | 12.99 |
| 3 | 35 | 0.96 | 2.73 | 2.78 | 3.22 | 0.91 | 2.68 | 2.72 | 12.19 |
| 4 | 45 | 0 | 1.62 | 2.75 | 2.81 | 0 | 1.58 | 2.73 | 2.78 |

Tabel 4. Data pengujian ke empat pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4", sapuan luas (A) = 74 cm.

| No | Kelengkungan Sudut Sudu (°) | Kecepatan angin (m/s) | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|------|---------------|------|------|-------|-------|-------|
| | | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 | 0.8 | 1.5 | 2.4 | 4 |
| Output Generator | | | | Output XL6009 | | | | | |
| 1 | 0 | 0.63 | 2.62 | 3.66 | 3.73 | 0.58 | 2.57 | 12.60 | 12.70 |
| 2 | 20 | 0.92 | 3.14 | 3.83 | 3.97 | 0.87 | 12.12 | 12.79 | 12.91 |
| 3 | 35 | 0.75 | 2.92 | 3.52 | 3.72 | 0.71 | 2.89 | 12.48 | 12.69 |
| 4 | 45 | 0.63 | 2.14 | 3.01 | 3.16 | 0.60 | 2.10 | 12.05 | 12.13 |

Pada pengujian pertama terlihat pada tabel 4 pengujian pengaturan tegangan terhadap PLTB dengan diameter sudu 4" dengan sapuan luas (A) = 74 cm dengan kecepatan angin yang berbeda – beda pada sudut sudu 20° menghasilkan tegangan tertinggi dari genarator sebesar 3,97 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 12,91 volt pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0,63volt pada generator dan 0,60 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s. Terlihat pada tabel diatas bahwa hanya generator yang menghasilkan tegangan diatas 3 volt yang dapat dinaikkan tegangannya oleh pengatur tegangan DC. Jika tegangan dibawah 3 volt maka tidak dapat diatur oleh pengatur tegangan DC, hal ini disebabkan karena tegangan input dari XL6009 harus lebih dari 3 volt.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka disimpulkan bahwa sudut sudu 20° menghasilkan tegangan tertinggi dari genarator sebesar 3,97 volt dan tegangan pada XL 6009 sebesar 12,91 volt pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan tegangan terendah yaitu 0,63volt pada generator dan 0,60 volt pada XL6009 pada kemiringan sudut sudu 45° dengan kecepatan angin 0,8 m/s. Dalam aplikasi pengaturan tegangan DC terhadap generator turbin angin ini sangat baik

diterapkan dalam pelaksanaan pengkonversian tegangan, karena dengan alat pengatur ini tegangan yang dihasilkan oleh generator tersebut dapa di atur sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Robiansyah, 2017, Skala Kecil, vol. 2, no. 2502.
- [2] F. Yusivar and L. H. Wilujeng, 2014, *Simulasi dan Analisis Sistem Pengatur Tegangan DC Menggunakan Rangkaian Push-Pull Converter*, Jnteti, vol. 3, no. 4.
- [3] K. Riyadi, S. A. S. Abdulrehiem, and F. A. Samman, 2014, *Simulasi Pengaturan Tegangan Konverter Ac / Dc Satu Fasa Dengan Pengujian Pada Beban Variabel*, pp. 3–6.
- [4] S. D. Prasetyo, 2018, *Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Sel Surya Untuk Penerangan Jalan Raya*, Skripsi, pp. 1–13.
- [5] M. A. Putra, *Tegangan Pada Sisi Output Muclas Ade Putra*.
- [6] N. A. Hidayatullah, H. Nur, and K. Ningrum, 2016, *Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker*, *J. Electr. Electron. Control Automot. Eng. JEECAE*, vol. 1, no. 1, pp. 7–12, 2016.

- [7] M. Ridwan, G. R. Zulkarnain, A. Pradipta, S. Anam, and M. Ashari, 2017, *MPPT Control System Based on Incremental Conductance and Constant Voltage using Coupled Inductor-Capacitor Zeta Converter in hybrid PV- Wind Turbine System*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5.
- [8] Suprihardi, 2016, *Karakter AVR Sebagai Penstabil Tegangan Aplikasi pada Generators Sinkron*, *J. LITEK*, vol. 13, no. 1, pp. 8–12.
- [9] [Http://benergi.com/](http://benergi.com/), *Pengertian Energi Angin Beserta Contoh Pemanfaatannya*.