

## RANCANG BANGUN DAN MONITORING ZETA CONVERTER SEBAGAI PENSTABIL TEGANGAN DENGAN METODE *MODIFIED PERTURB & OBSERVE (PO)* BERBASIS *INTERNET OF THING (IOT)*

**Choirul Umam<sup>\*</sup>, Istiyo Winarno dan Daeng Rahmatullah**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah Surabaya

Jalan Arief Rachman Hakim No. 150, Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111.

<sup>\*</sup>Email : choirulumam134@gmail.com

### Abstrak

*Energi angin merupakan salah satu sumber pembangkit tenaga listrik alternatif yang menjadi bagian penting dalam kebutuhan energi dunia. Namun, kecepatan angin yang berubah-ubah membuat daya output sumber energi ini berubah-ubah seiring dengan perubahan kecepatan angin. Sumber energi yang menghasilkan tegangan DC rendah, memerlukan step-up converter untuk menaikkan tegangan. Untuk mengoptimalkan sistem ini, step-up converter harus memiliki rasio tegangan yang tinggi dan juga memiliki efisiensi yang tinggi pada semua level pembebanan dan rentang tegangan input yang lebar. Salah satu kekurangan yang terjadi pada pembangkit tenaga listrik energi angin ini yakni tegangan keluaran yang berfluktuasi. Maka, penelitian ini akan membahas mengenai implementasi dan monitoring Zeta converter sebagai penstabil tegangan pada sistem turbin angin skala kecil yang dikontrol menggunakan metode Modified Perturb & Observe (P&O) berdasarkan nilai tegangan yang dihasilkan pada keluaran Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). Sistem ini menggunakan Internet of Thing (IoT) sebagai media komunikasi berbagi informasi menggunakan jaringan internet yang nantinya akan mengirimkan informasi data yang diperoleh secara real ke pengguna melalui web service guna untuk memonitoring tanpa harus memantau secara langsung. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat membuat tegangan tidak lagi berfluktuasi.*

**Kata kunci :** *Internet Of Things (IoT), Modified Perturb & Observe (P&O), Penstabil Tegangan, Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG), Zeta Converter.*

## 1. PENDAHULUAN

Masalah yang terjadi pada pembangkit listrik tenaga angin adalah bergantung pada kecepatan angin sehingga tegangan yang dihasilkan tidak stabil. Maka diperlukan suatu alat untuk mengontrol tegangan keluaran agar stabil. *Converter* merupakan salah satu solusi untuk menangani permasalahan tersebut. *Converter* adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan atau menurunkan nilai tegangan keluaran, juga dapat menstabilkan nilai tegangan keluaran, nilai tegangan tersebut dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle* (Fitri dan Indra 2017).

Berdasarkan latar belakang yang diungkapkan di atas, maka akan dibuat suatu penelitian yakni rancang bangun dan monitoring *converter* sebagai penstabil tegangan yang menggunakan tipe *Zeta converter*. Rancangan *converter* akan menggunakan metode *Modified Perturb & Observe* untuk merubah nilai *duty cycle* yang akan tertanam pada *mikrokontroler* Arduino. Memodifikasi metode ini membentuk algoritma baru yang diharapkan dapat menstabilkan tegangan keluaran.

Pemilihan *Zeta converter* merupakan pengembangan dari *converter buck boost* dengan menghasilkan ripple tegangan keluaran yang rendah dan polaritas yang sama/tidak terbalik dengan polaritas tegangan masukan pada konverter. *Zeta converter* bekerja layaknya *buck boost*, dimana dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan DC yang masuk berdasarkan besar *duty cycle* PWM yang disulut pada komponen pensaklaran. *Zeta converter* terdiri dari sebuah mosfet sebagai switch, sebuah dioda, dua buah kapasitor, dua buah induktor dan sebuah beban (Sunarno dkk., 2017).

Untuk sistem monitoring akan menggunakan IoT (*Internet of Thing*). IoT sendiri adalah jaringan dari benda-benda yang saling terhubung satu sama lain melalui internet, dan berkomunikasi secara mandiri tanpa campur tangan manusia (Dody dan Ari 2018).

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Turbin Angin

Turbin angin adalah sistem konversi energi untuk menghasilkan energi listrik dengan proses perubahan energi angin menjadi putaran mekanis rotor. Dan selanjutnya menjadi energi listrik melalui sebuah generator. Sistem konversi energi angin ini merupakan suatu sistem/peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik, mekanis, atau bentuk energi lainnya (Armaditya, 2011).

Menurut Wei (2010), turbin angin mengambil energi angin dengan menurunkan kecepatannya. Untuk bisa mencapai 100% efisien, maka sebuah turbin angin harus menahan 100% kecepatan angin yang ada, dan rotor harus terbuat dari piringan solid dan tidak berputar sama sekali, yang artinya tidak ada energi kinetik yang akan dikonversi.

Prinsip utamanya energi yang dihasilkan angin adalah mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Energi kinetik untuk suatu massa angin yang bergerak dengan kecepatan yang nantinya akan diubah menjadi energi poros (Ruzita., 2013).

### 2.2. *Permanen Magnet Synchronous Generator*

Dalam penelitian ini digunakan tipe generator sinkron magnet permanen, karena dinilai sangat tepat untuk pembangkit skala kecil, kontrol teganganpun tidak diperlukan, sehingga mengurangi kesulitan dalam mengendalikan.

Menurut Dwiyan dkk (2016), keuntungan menggunakan sebuah PMSG adalah biaya yang rendah, ketahanan, kesederhanaan, dan lebih mudah mengkoping grid. Akan tetapi kelemahan utamanya adalah perlunya kompensator factor daya dan efisiensi yang lebih rendah.



**Gambar 1. *Permanen Magnet Synchronous Generator***

Prinsip generator terdapat hubungan antara frekuensi dan kecepatan yang ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$N_s = N_r = \frac{120 f}{p} \quad (1)$$

Dimana,

$N_s$  = kecepatan medan stator (rpm)

$N_r$  = kecepatan medan rotor (rpm)

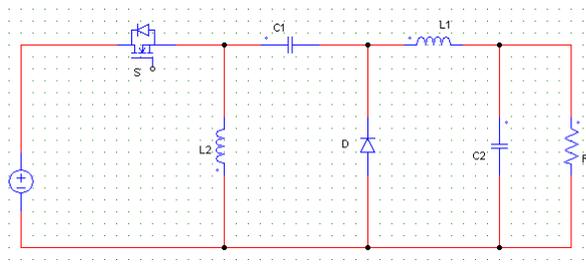
$F$  = Frekuensi (Hz)

$p$  = Jumlah Kutub

Desain dari *Permanent Magnet Generator* (PMG) sendiri dirancang secara khusus karena mempertimbangkan energi utama yang dikonversi adalah energi angin. Dibutuhkan rpm rendah untuk memutar *Permanent Magnet Generator* (PMG) supaya menghasilkan listrik. Fluksi magnet yang dibutuhkan untuk pembangkitan energi listrik didapat dari magnet permanen, maka generator tidak memerlukan proses eksitasi pembangkitan sehingga efisiensi penggunaan energi listrik untuk dimanfaatkan sebagai suplai beban sangat tinggi. Generator magnet permanen ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan berputar pada kecepatan 800 rpm. Tegangan keluaran dirancang 24 Volt pada kondisi tanpa beban, untuk kemudian disearahkan untuk mengisi akumulator (Yusuf., 2015).

### 2.3. Zeta Converter

*Zeta Converter* merupakan salah satu jenis dari *converter buck-boost*, akan tetapi memiliki kelebihan yaitu karena memiliki polaritas output yang tidak terbalik *Zeta converter* merupakan pengembangan dari *converter buck boost* dengan menghasilkan ripple tegangan keluaran yang rendah dan polaritas yang sama/tidak terbalik dengan polaritas tegangan masukan pada *converter*. *Zeta converter* bekerja layaknya *buck boost*, dimana dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan DC yang masuk berdasarkan besar *duty cycle* PWM yang disulut pada komponen pensaklaran (Sunarno dkk., 2017).



Gambar 2. Skema rangkaian *zeta converter*

Pada konverter ini terdapat dua siklus yaitu mode saklar ON dan OFF dimana akan didapat persamaan *duty cycle* serta persamaan nilai komponen tiap *converter* berdasarkan analisa rangkaian hukum Kirchoff.

$$\left( \frac{D}{(1-D)} \right) = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{I_{in}}{I_o} \quad (2)$$

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_{in}} \quad (3)$$

Sesuai dengan penurunan persamaan yang dilakukan pada analisa rangkaian, nilai komponen *converter* adalah:

$$L_i = \frac{V_{in} \cdot D}{\Delta I_{L_i} \cdot f_s} \quad (4)$$

$$L_o = \frac{V_{in} \cdot D}{\Delta I_{L_o} \cdot f_s} \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{V_{dc} \cdot D}{\Delta V_{C_1} \cdot f_s \cdot R_L} \quad (6)$$

dimana,  $V_{in}$  merupakan tegangan rata-rata (*average*) sumber,  $D$  adalah *duty cycle*,  $f_s$  adalah frekuensi *switching* konverter, dan  $L$  adalah beban. Untuk nilai dari kapasitor dc-link memiliki persamaan sebagai berikut:

$$C_1 = \frac{V_{dc} \cdot D}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \Delta V_o \cdot V_o} \quad (7)$$

dimana,  $P_o$  adalah daya yang digunakan,  $f$  adalah frekuensi line AC yang digunakan, dan  $V_o$  adalah tegangan *output* yang ditentukan (Adhika dkk., 2016).

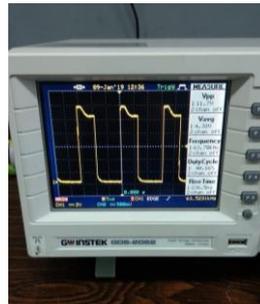
Keterangan: L : Nilai induktor (H)  
R : Nilai resistor ( $\Omega$ )  
F : Frekuensi *switching* (Hz)

- D<sub>min</sub> : *Duty cycle* minimal
- D<sub>max</sub> : *Duty cycle* maksimal
- V<sub>in\_min</sub> : Tegangan input minimal (V)
- V<sub>in\_max</sub> : Tegangan input maksimal (V)
- V<sub>out</sub> : Tegangan *output converter* (V)
- C : Nilai kapasitor (F)
- Δv<sub>o</sub> : Nilai *ripple* tegangan (%)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Pembangkitan PWM

Pengujian dilakukan untuk mengetahui gelombang PWM, dengan menggunakan osiloskop. Pengamatan menggunakan osiloskop dilakukan di pin pembangkit PWM yang dibangkitkan oleh pin *mikrokontroler*. Berikut merupakan hasil pengamatan.



**Gambar 3.** Hasil pengujian pembangkitan PWM

Dari pengujian pada gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pengujian PWM dengan mengatur *duty cycle* sebesar 40% dengan sinyal frekuensi 63,5 kHz yang berarti pengujian tersebut sesuai dengan yang diinginkan.

#### 3.2. Pengujian Internet Of Things

Pada pengujian *Internet Of Things* ini sudah bisa memonitoring dari hasil tegangan keluaran. Monitoring ini dilakukan menggunakan aplikasi smartphone. Pemrograman dilakukan pada *Chip NodeMCU* untuk dapat menangkap sinyal wifi yang dipancarkan oleh *hardware chips client*.



**Gambar 4.** Hasil pengujian *Internet of Things*

#### 3.3. Pengujian Tegangan Keluaran

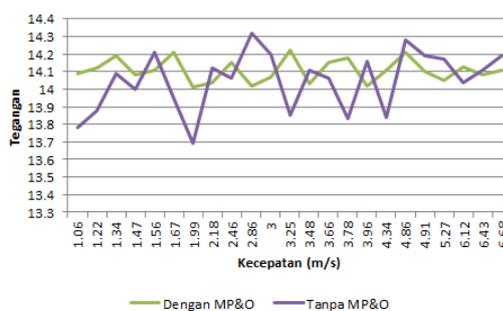
Pengujian tegangan keluaran ini dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan sistem close loop menggunakan algoritma *Modified Perturb & Observe* dan tanpa algoritma *Modified Perturb & Observe*. Setelah dilakukan pengujian tegangan keluaran tersebut, maka hasil dari kedua pengujian akan dibandingkan, untuk mengetahui apakah dapat menstabilkan tegangan keluaran dari sistem *wind turbine*.

Pengambilan data angin menggunakan alat anemometer sebagai pembaca kecepatan angin.

**Tabel 1. Hasil pengujian tegangan keluaran**

Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan generator (rpm)	Tegangan input (Vin)	Tegangan referensi (Vreff)	Zeta loop (Vout)	Zeta MP&O (Vout)
1.06	250	5.01	14	13.78	14.09
1.22	275	5.56	14	13.88	14.12
1.34	300	6.15	14	14.09	14.19
1.47	325	7.01	14	14	14.08
1.56	350	8.78	14	14.21	14.11
1.67	375	9.03	14	13.95	14.21
1.99	400	9.85	14	13.69	14.01
2.18	425	10.34	14	14.12	14.04
2.46	450	11.66	14	14.06	14.15
2.86	475	12.74	14	14.32	14.02
3.00	500	13.81	14	14.20	14.07
3.25	525	14.54	14	13.85	14.22
3.48	550	15.62	14	14.11	14.03
3.66	575	16.82	14	14.06	14.15
3.78	600	17.21	14	13.83	14.18
3.96	625	18.43	14	14.16	14.02
4.34	650	19.76	14	13.84	14.11
4.86	675	20.34	14	14.28	14.21
4.91	700	21.61	14	14.19	14.10
5.27	725	22.87	14	14.17	14.05
6.12	750	23.69	14	14.04	14.13
6.43	775	24.44	14	14.11	14.08
6.68	800	25.32	14	14.19	14.11

Dari tabel 1 di atas data hasil pengujian keluaran tegangan *zeta converter* tanpa algoritma *modified P&O* dan dengan algoritma *modified P&O*, dapat dilihat bahwa ada perbedaan nilai tegangan keluaran. Semakin cepat putaran generator maka semakin besar pula tegangan keluaran generator.

**Gambar 5. Hasil pengujian tegangan keluaran**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan uji coba alat, pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *zeta converter* telah berhasil dibuat dan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dari tegangan masukan dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari rangkaian kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*).

Pada saat tidak menggunakan penstabil, tegangan keluaran mengikuti nilai tegangan masukan karena tanpa mengalami proses yang ada pada rangkaian penstabil, yaitu *booster* dan *voltage divider*. Saat menggunakan penstabil tegangan, tegangan masukan diproses oleh rangkaian hingga mengeluarkan tegangan stabil pada 14 V, meskipun tegangan masukan yang diberikan berada di bawah maupun di atas tegangan yang diharapkan.

Pembangkit PWM menggunakan Arduino Nano untuk mengatur nilai *duty cycle* yang digunakan sebagai penurun dan penaik tegangan *zeta converter* dengan mosfet sebagai komponen

*switching*. Metode yang digunakan adalah metode *Modified Perturb & Observe* yang digunakan sebagai pengontrol besar *duty cycle* di arduino.

Perancangan *zeta converter* dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti *duty cycle* dan nilai komponen yang akan digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhika, Heri, Mochamad., (2016), Perancangan *Zeta Converter* yang dilengkapi *Power Factor Correction* pada Aplikasi Pengaturan Kecepatan Motor *Brushless DC*, Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2.
- Armaditya T.M.S., (2011), *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Variable Speed Wind Turbine (VSWT) Dengan Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Switch Mode Rectifier (SMR)*.
- Dody Samudera, Ari Sugiharto., (2018), Sistem Peringatan Dan Penanganan Kebocoran Gas Flammable Dan Kebakaran Berbasis *Internet Of Things (IOT)*.
- Dwiyana Anugrah Ernadi, Margo Pujiantara, Mauridhi Hery Purnomo., (2016), Desain *Maximum Power Point Tracking* untuk Turbin Angin Menggunakan *Modified Perturb & Observe (P&O)* Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin.
- Epyk Sunarno, Endro Wahjono, Syechu Dwitya Nugraha, Indhana Sudiharto, Ony Asrarul Qudsi, Mohammad Hefdi., (2017), Desain Dan Implementasi *Zeta Converter* Dengan Metode *MPPT Modified P&O* Pada Aplikasi Rumah Mandiri.
- Fithri Muliawati, Indra Gunawan., (2017), Rancang Bangun *Buckboost Konverter* Untuk Aplikasi *Generator Fluks Aksial Magnet Permanen (FAMP)*.
- Helmi Cahyo Prasetyo, Endryansyah., (2018), Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan *Maximum Power Point Tracker (Mppt)* Dengan Metode *Perturb And Observe (P&O)*.
- Ruzita Sumiati, Aidil Zamri., (2013), Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran.
- Wang, C., Daneshmand, M., Dohler, M., Mao, X., Hu, R. Q., & Wang, H., (2013), Guest Editorial - Special issue on internet of things (IoT).
- Wei Tong., (2010), *Wind Power Generation and Wind Turbine Design*.
- Yusuf Ismail Nakhoda, Choirul Saleh., (2015), Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu *Vertikal Savonius Portabel* Menggunakan *Generator Magnet Permanen*.