

# Maximum Power Point Pada PLTB Dengan Buck Boost Converter Menggunakan Particle Swarm Optimization

Fahrullah Himawan<sup>1</sup>, Ilham Pakaya<sup>2</sup>, Diding Suhardi<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang  
[himawanfahrul@gmail.com](mailto:himawanfahrul@gmail.com)

**Abstract** - Renewable energy in wind turbines has been regarded as an influential source of energy in everyday life. The development system on the wind turbine is an object that researchers need to develop. Wind turbine has a problem of random wind speed, then the output power of wind turbine generator always fluctuate hence the need to be equipped with Maximum Power Point Tracking (MPPT) which increase power output efficiency to change wind speed. The 500 W wind turbine System utilizes a Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). On the wind turbine system it is equipped with the MPPT-based Particle Swarm Optimization (PSO) and using the DC to DC series of buck-boost converters. From the testing of this system resulted in the efficiency of output power converter 89% to 90% with wind speeds of 8m/s to 12 m/s.

**Keywords** — wind power plan, PMSG, MPPT, Particle Swam Optimization, Buck Boost Converter

**Abstrak**—Energi terbarukan pada turbin angin telah dianggap sebagai sumber energi yang berpengaruh dalam kehidupan sehari-hari. Sistem pengembangan pada turbin angin merupakan objek yang perlu dikembangkan oleh peneliti. Turbin angin memiliki permasalahan kecepatan angin yang bersifat acak, maka daya output turbin angin generator selalu berfluktuasi maka dari itu perlunya dilengkapi Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk meningkatkan daya efisiensi daya keluaran terhadap perubahan kecepatan angin. Sitem turbin angin berkapasitas 500 W menggunakan Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). Pada sistem turbin angin ini dilengkapi dengan MPPT berbasis Particle Swarm Optimization (PSO) dan menggunakan rangkaian DC to DC jenis buck-boost konverter. Dari pengujian sistem ini menghasilkan efisiensi daya keluaran konverter 89% sampai 90% dengan kecepatan angin 8m/s sampai dengan 12 m/s.

**Kata Kunci**— turbin angin, PMSG, MPPT, Particle Swarm Optimization, Buck Boost Konverter

## I. PENDAHULUAN (FONT 10)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) merupakan pembangkit tenaga listrik menggunakan energi angin dan dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan wind turbine[1]. Energi angin termasuk sumber energi yang terjangkau, dapat diandalkan dan merupakan energi yang bersih. Potensi pembangkit listrik di indonesia perlu dikembangkan karena memiliki potensi sebesar  $9,29 \times (10)^6$  KW dan baru dikembangkan sebesar  $0,5 \times (10)^6$  KW maka dibutuhkan solusi untuk mengoptimalkan energy angina

di indonesia [2]. Di Indonesia, pembangkit listrik tenaga angin dapat digunakan pada skala kecil hingga menengah karena kecepatan anginnya antara 2 hingga 6 m/s[3].

Turbin angin memiliki permasalahan kecepatan angin yang bersifat acak, maka daya output turbin angin generator selalu berfluktuasi. Penetrasi yang tinggi pada sistem turbin angin dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan pada daya [4]. Maka dari itu diperlukan generator yang memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik yaitu generator sinkron magnet permanen atau Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). Pada PMSG efisiensi lebih baik dibandingkan generator induksi, karena tidak memiliki rugi-rugi eksitasi maka dari itu banyak dimanfaatkan pada turbin angin [4]. Untuk meningkatkan efisiensi pada turbin angin tidak hanya terdapat pada generator maka dari itu perlunya dilengkapi dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada turbin angin. MPPT merupakan metode meningkatkan efisiensi daya keluaran turbin angin terhadap perubahan kecepatan angin agar dapat menghasilkan daya keluaran yang maksimal.

Metode MPPT pada turbin angin telah dilakukan oleh beberapa penelitian, seperti halnya Muhammad Otong MPPT berbasis peturb and observe pada buck-boost converter dengan mengatur nilai tegangan generator melalui rangkaian jenis buck-boost converter meningkatkan daya keluaran PLTB dengan rata-rata efisiensi 82.01% [5]. Selain itu, untuk menyelesaikan masalah pada MPPT diantaranya menggunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO) untuk mendapatkan lokasi titik daya maksimum dengan cepat dan akurat pada system konversi energi angin menghasilkan peningkatan nilai efisiensi sebesar 17%[6].

Dari berbagai penelitian yang telah diuraikan di atas, maka akan dirancang turbin angin yang dilengkapi dengan MPPT berbasis PSO yang diimplementasikan pada rangkaian DC to DC converter jenis buck-boost konverter. Penelitian ini digunakan buck-boost converter agar dapat mempertahankan tegangan keluaran lebih rendah atau tinggi dari sumber tegangan inputnya[7]. Studi lainnya buck-boost konverter memiliki tegangan keluaran negative dengan tegangan yang tinggi dibandingkan dengan konverter lainnya[8].

II. METODE PENELITIAN

A. Pemodelan Turbin Angin dan PMSG

1) Turbin Angin

Turbin angin merupakan proses pengubahan energi angin menjadi putaran mekanis rotor sehingga menghasilkan sistem konversi energi angin (SKEA) yang menghasilkan energi listrik melalui sebuah generator. SKEA merupakan sistem yang bekerja untuk mengubah energi listrik, mekanis, atau energi lainnya. Energi kinetik untuk turbin angin dapat dilihat dari persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Diketahui  $v$  adalah kecepatan angin dan  $m$  adalah massa udara selama periode waktu. Hembusan angin dapat diperoleh dengan membedakan energi kinetik dalam angin :

$$P_w = \frac{dE_k}{dt} = \frac{1}{2} \dot{m} v^2$$

Massa udara yang bergerak ketika angin melewati turbin angin dan menggerakkan *blade* untuk memutar dapat dirumuskan :

$$m = \rho A v$$

Dimana  $\rho$  adalah kepadatan udara dan  $A$  adalah daerah penggerak *blade*, seperti yang ditunjukkan pada dan (2.3), maka daya yang tersedia di angin dapat dinyatakan sebagai:

$$P_w = \frac{1}{2} (\rho A) (v^2) = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Pada daya mekanik turbin angin yang diperoleh dari angin dapat dirumuskan:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 V_\omega^3$$

Dimana:

$P_w$  = Daya mekanik turbin angin (Watt)

$R$  = Setengah diameter turbin angin (m)

$\rho$  = Massa jenis Udara ( $kg/m^3$ )

$v$  = Kecepatan angin (m/s)

Daya yang dapat ditangkap turbin angin bisa dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$P_o = \frac{1}{2} (v^2 - v_o^2)$$

Dimana :

$P_o$  = daya output mekanik turbin angin (W)

$v - v_o$  = kecepatan *upstream - downstream* yang melewati turbin angin (m/s)

Efisiensi turbin angin ditentukan dengan koefisien daya ( $C_p$ ).  $C_p$  adalah perbandingan daya mekanik ( $P_m$ ) dengan daya output turbin angin dan merupakan koefisien daya.  $C_p$  dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut :

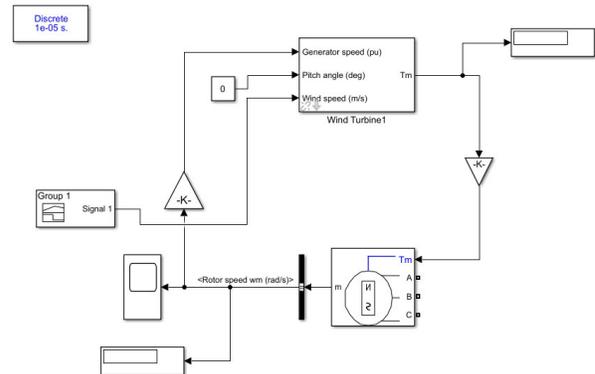
$$C_p = \frac{(1 + \frac{v}{v_o}) [1 - (\frac{v}{v_o})^2]}{2}$$

Jadi daya yang diambil dari turbin angin adalah

$$P_m = \frac{1}{2} C_p \rho \pi R^2 V_\omega^3$$

Dalam desain pemodelan *wind turbine* dapat diketahui bahwa *wind turbine* memiliki inputan berupa kecepatan angin (m/s), sudut (degree), dan kecepatan putaran (pu). Penelitian ini menggunakan jenis turbin angin HAWT.

Generator magnet permanen merupakan jenis pembangkit listrik yang tidak memerlukan tambahan eksitasi dari luar untuk membuat medan magnetnya sehingga desain pada generator memudahkan untuk menentukan jumlah kutub yang diwujudkan dan dapat digunakan pada frekuensi tinggi maupun rendah. Sistem pada turbin angin ini *direct driven* karena tidak menggunakan *gear box*. Pemodelan Turbin Angin dan PMSG ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Pemodelan Turbin Angin dan PMSG

Parameter *wind turbine* yang dipergunakan pada blok simulink yaitu jenis HAWT dengan 3 buah bilah, dan untuk *datasheet* dari turbin angin. Terdapat parameter *wind turbine* pada table 1

Table 1 Data Parameter Wind Turbine

Parameter	Nilai
Daya output maksimum	500 W
Daya dasar	500/0.9 VA
Kecepatan angin dasar	12 m/s
Daya nominal mekanik	0.73 pu
Kecepatan dasar rotor	1.2 pu
Pitch angle	0 deg

Sedangkan untuk parameter *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) yang digunakan pada pemodelan *wind turbine* ini mempunyai parameter yang ditunjukkan pada tabel 2.

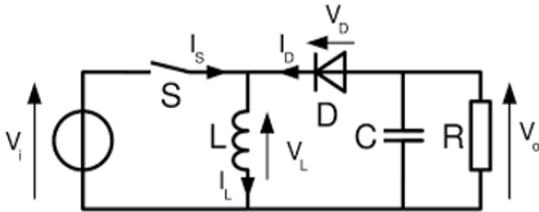
Table 2 Data Parameter Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

Parameter	Nilai
Input mekanik	Torsi Tm
Number of poles	4
Stator resistance	0.62 Ohm
Stator inductance	0.002075 H
Permanent Magnet Flux	0.08627 Wb
Generator Inersia	0.0003617 Kg.m <sup>2</sup>

B. Pemodelan Buck-Boost Konverter

Buck-boost Converter bertujuan untuk mengubah level tegangan DC, mulai ke level rendah maupun ke level lebih tinggi. Selain itu *buck-boost converter* bisa mengubah polaritas dari tegangan keluaran terhadap tegangan masukan. Nilai tegangan dapat diatur pada duty cyclenya. Rangkaian

*buck-boost converter* terdapat MOSFET merupakan komponen switching, dioda, induktor, kapasitor dan resistor . Induktor sebagai filter untuk mengurangi *ripple* arus. Sedangkan kapasitor digunakan sebagai mengurangi *ripple* tegangan. Dioda berfungsi sebagai komponen switching yang bekerja pada saat switch open, sehingga arus tetap mengalir ke induktor.



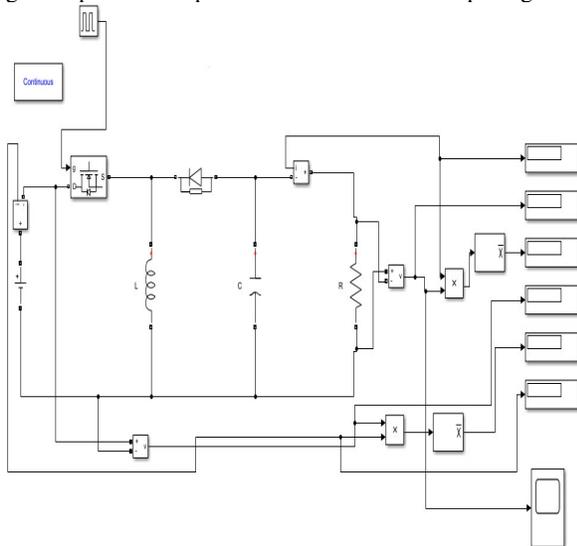
**Gambar 1** Rangkaian Elektronika Buck-Boost Konverter

Tegangan yang dihasilkan pada input generator memiliki tegangan yang kecil maka dari itu dibutuhkan *buck-boost converter* yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan output pada generator. Pemilihan parameter konverter yang digunakan pada MPPT harus diperhatikan kemampuan yang dijangkau pada MPPT tersebut. Parameter yang ditentukan untuk menghitung nilai dari komponen terdapat pada tabel 3.

**Tabel 3** Data Parameter Spesifikasi Buck-Boost Konverter

Parameter	Nilai
Tegangan wind turbine	12V - 100V
Tegangan output converter	150V
Frekuensi <i>switching</i>	50 kHz
<i>Ripple</i> arus	±1%
<i>Ripple</i> tegangan	±1%

Setelah didapatkannya parameter L dan C maka dapat dilihat rangkaian pemodelan pada buck-boost konverter pada gambar 3



**Gambar 3** Desain Simulink Buck-Boost Konverter

### 3.3 Particle Swarm Optimization (PSO)

PSO ialah algoritma kecerdasan buatan yang dipergunakan dalam menyelesaikan problem optimasi. Teknik optimasi yang menggunakan metaheuristic dan terinspirasi dari alam yang populasinya mencari sebuah titik optimal dari partikelnya sendiri [10]. Nilai obyektif atau *fitness* merupakan ruang solusi yang berisi variable optimasi yang digunakan untuk mencari pengoptimalan pada PSO. Masalah pada optimasi ini berada pada nilai fitness, setiap partikel bergerak dalam ruang tertentu dan mengingat posisi terbaiknya. Prinsip kerja PSO didasari oleh perilaku sekelompok burung sebagai sekawan partikel yang mencari makan. Fungsi tersebut ialah kuantitas dan kualitas makanan untuk tempat-tempat yang mereka cari. Sehingga kawan burung ini akan mencari posisi makanan dengan kuantitas dan kualitas terbaik.

Setelah itu setiap partikel mempertahankan tempatnya, nilai obyektif yang terevaluasi, juga percepatannya. Partikel-partikel tersebut mempunyai memori untuk menyimpan kedalam ingatannya, dengan begitu memperlihatkan nilai fungsi obyektif terbaik (*Pbest*). Nilai fungsi obyektif terbaik pada kumpulan partikel ini disebut posisi global terbaik (*Gbest*) [10]. Pada persamaan dibawah ini adalah bentuk dari perubahan yang telah disesuaikan dengan permasalahan optimasi dengan persamaan,

$$\frac{|p_i^k - p_i^{k-1}|}{p_i^k} > \Delta P \quad (12)$$

$$|Max(X)| < \Delta X_{max} \quad (13)$$

$$X_i^{k+1} = W X_i^k + c_1 r_1 \{d_{Pbest}^k - d_i^k\} + c_2 r_2 \{d_{Gbest}^k - d_i^k\} \quad (14)$$

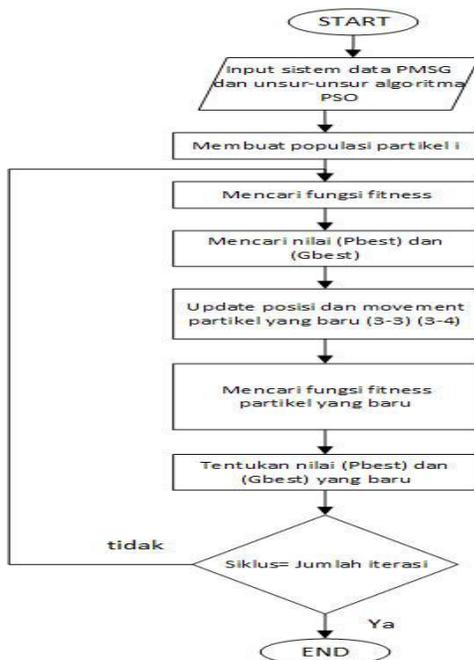
$$Y_i^{k+1} = Y_i^k + X_i^{k+1} \quad (15)$$

Dengan :

- $p_i^k$  = Daya sesudah (watt)
- $p_i^{k-1}$  = Daya sebelum (watt)
- $X_i^k$  = Kecepatan saat ini
- $X_i^{k+1}$  = Kecepatan termodifikasi
- W = Faktor momentum
- $d_{Pbest}^k$  = local best duty cycle
- $d_{Gbest}^k$  = Global best duty cycle
- $d_i^k$  = Duty cycle saat ini
- $d_i^{k+1}$  = Duty cycle setelah modifikasi
- $c_1 r_1$  = Konstanta akselerasi
- $r_1 r_2$  = Nilai random antara 0 dan 1

Metode optimasi menggunakan PSO diadaptasi pada bentuk imitasi sekumpulan kawan hewan seperti ikan dan burung dalam mencari makanan. Proses optimasi data PSO sangat cocok diaplikasikan kesistem untuk mendapatkan hasil yang optimal. Prinsip kerja PSO, berawal dari posisi acak dari populasi partikel yang merupakan solusi dari masalah optimasi. Partikel pada PSO akan mencari posisi kecepatan rotor (*velocity*) yang merupakan masalah optimasi yang berada pada nilai daya output. Pergerakan partikel yang bertujuan untuk berbagi informasi disebut kecepatan. Di setiap iterasi, setiap particle memiliki ingatan untuk mencapai posisi terbaiknya (*Pbest*), dan posisi terbaik yang didapatkan

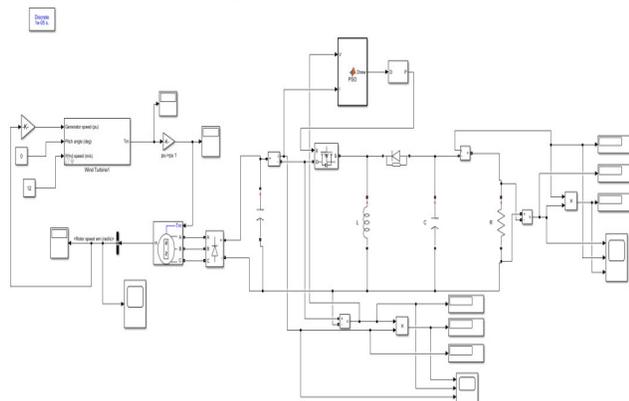
populasi (*Gbest*). Dapat digambarkan pada flowchart gambar 4.



**Gambar 4** Flowcart Particle Swarm Optimization

**C. Pemodelan Simulink Particle Swarm Optimization**

Dalam gambar 5 diperlihatkan model MPPT secara keseluruhan dari *Particle Swarm Optimization* mempergunakan buck-boost converter yang sudah didesign dengan parameter yang telah ditetapkan.



**Gambar 5** Pemodelan Turbin Angin Menggunakan MPPT PSO

Pada bagian ini, penulis menampilkan metode yang digunakan, termasuk di dalamnya waktu dan lokasi penelitian jika diperlukan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Buck Boost Konverter**

Pada pengujian buck-boost konverter menggunakan parameter yang komponennya sama dengan pegujian yang dilakukan menggunakan algoritma *Particle Swam Optimization* akan tetapi berbeda pada sumber tegangannya yang menggunakan sumber tegangan DC.

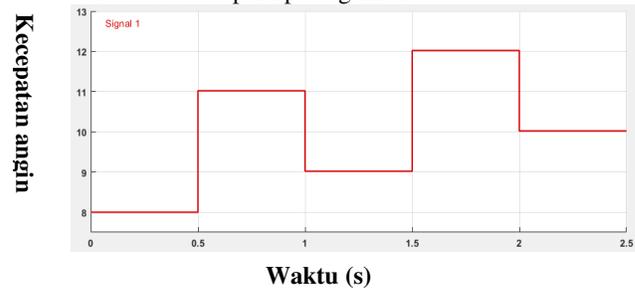
**Tabel 4** Hasil Pengujian Buck Boost Converter

Vin (volt)	Duty Cycle	Vout (volt)	Pin (watt)	Pout (watt)	Efisiensi
400	11%	48.58	241	197	81.74%
250	30%	105.8	998	933	93.48%
100	50%	97.56	832	793	95.31%
50	60%	71.93	457	431	94.31%
25	80%	85.5	712	601	84.41%

Hasil dari tabel 4 diperoleh dari simulasi dimana komponen nilai induktor sebesar 9.025e-4L, kapasitor sebesar 18e-4F, dan resistor 120hm. Pengujian pada tabel menunjukkan buck-boost konverter telah bekerja berdasarkan fungsinya. *Buck-boost converter* berhasil dalam menaikkan dan menurunkan tegangan dengan baik. Dari pengujian yang telah dilakukan diperlihatkan konverter memiliki efisiensi dengan rata-rata 88,18. Konverter yang ideal mempunyai nilai keluaran tegangan yang sama dengan tegangan masukan.

**4.2 Pengujian Particle Swarm Optimization**

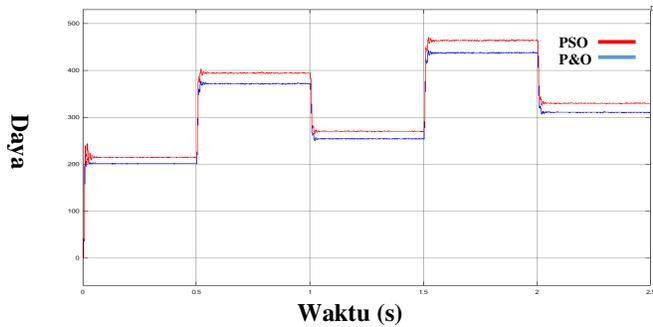
Hasil simulasi untuk pengujian MPPT ini menggunakan Algoritma PSO dengan kecepatan angin yang berbeda-beda seperti pada gambar 6.



**Gambar 6** Kurva Kecepatan Angin

Kurva dari kecepatan angin ditunjukkan oleh gambar 4.5 yang bisa dilihat, pengujian ini menggunakan kecepatan angin yang berbeda-beda atau fluktuatif dengan kecepatan angin dari 8 m/s sampai dengan 12 m/s dan setiap angin mempunyai waktu 0.5 s.

Hasil pengujian perbandingan daya keluaran algoritma PSO dan P&O dapat dilihat pada perbandingan dari kedua algoritma tersebut pada gambar 7.



**Gambar 7** Perbandingan Daya Keluaran Algoritma PSO dan P&O

Dari gambar 4.9 tentang hasil perbandingan keluaran konverter kedua algoritma dapat dilihat bahwa osilasi pada pso lebih besar dibandingkan dengan P&O dikarenakan pada PSO mencari nilai objektif dari sekawanan burung. Sedangkan efisiensi pada pso lebih baik dibandingkan dengan P&O. Untuk keluaran daya yang diekstrak oleh PSO memiliki 1790 total keluaran daya konverter yang lebih besar daripada P&O yaitu PSO dengan total daya 1613 Watt dan P&O dengan total 1569 Watt dari kecepatan angin 8 sampai 12 m/s, dengan algoritma PSO memiliki efisiensi keluaran daya konverter dari 89% sampai 90% dan P&O memiliki efisiensi dari 87% sampai 88.4%. Data hasil pengujian pada perbandingan algoritma PSO dan P&O terdapat pada tabel 5.

**Tabel 5** Hasil Keluaran Konverter Perbandingan Algoritma PSO dan P&O

V Angin (m/s)	P Ref (watt)	P P&O (watt)	P PSO (watt)	Waktu (s)		Efisiensi	
				P&O	PSO	P&O	PSO
12	495	438	447	0.08	0.07	88.4	90
11	422	370	380	0.07	0.07	87.6	90
10	353	308	318	0.08	0.07	87.2	90
9	289	252	260	0.07	0.05	87.1	89
8	231	201	208	0.5	0.05	87	90

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi pemodelan MPPT pada turbin angin menggunakan Buck-Boost Konverter dengan algoritma PSO dapat bekerja dalam kondisi angin yang fluktuatif atau berubah-ubah. Hasil perbandingan daya keluaran pada algoritma PSO memiliki total daya keluaran yang lebih besar dibandingkan algoritma P&O dari kecepatan angin dari 8 m/s sampai 12 m/s. Hasil keluaran daya MPPT pada turbin angin menggunakan *particle swarm optimization* memiliki rata-rata efisiensi sebesar 92,21% dan pada P&O memiliki rata-rata efisiensi sebesar 87,65%. Bentuk gelombang algoritma PSO memiliki *overshot* yang lebih tinggi dibandingkan dengan P&O dikarenakan untuk mencari makanan yang terbaik pada sekumpulan burung yang menghasilkan *global base* atau *duty*

*cycle*. Untuk penelitian selanjutnya dalam memperbaiki osilasi gelombang supaya lebih baik dapat dilakukan dengan cara memodifikasi algoritma PSO dan untuk menaikkan efisiensi turbin angin kedepannya juga bisa menggabungkan dengan mengatur *pitch angle*, mengatur kecepatan rotor, dan mengoptimalkan *tip speed ratio*.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Atmadi and A. J. Fitroh, "Pengembangan Metode Parameter Awal Rotor Tipe Savonius," *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 6, no. 1, pp. 41–50, 2008.
- [2] K. E. RI, "Blueprint Pengelolaan Energi Nasional Tahun 2006-2025," *Kementeri. Energi dan Sumber Daya Miner.*, pp. 1–78, 2006.
- [3] S. Rochman and B. P. Sembodo, "Rancang Bangun Generator Turbin Angin Putaran Rendah Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif Di Daerah Pesisir," *Wahana*, vol. 70, no. 1, pp. 25–34, 2018, doi: 10.36456/wahana.v70i1.1564.
- [4] P. Vrtič, P. Pišek, T. Marčič, M. Hadžiselimovič, and B. Štumberger, "Analytical analysis of magnetic field and back electromotive force calculation of an axial-flux permanent magnet synchronous generator with coreless stator," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 44, no. 11 PART 2, pp. 4333–4336, 2008, doi: 10.1109/TMAG.2008.2001528.
- [5] M. Otong and R. M. Bajuri, "Maximum Power Point Tracking ( MPPT ) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter," *Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 8, 2016.
- [6] J. A. Hamonangan, "Review Perbandingan Teknik Maximum Power Point Tracker (MPPT) untuk Sistem Pengisian Daya menggunakan Sel Surya," *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 16, no. 2, p. 111, 2019, doi: 10.30536/j.jtd.2018.v16.a2998.
- [7] B. A. Whiancaka, "Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Sektor Sistem Turbin Angin Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Dengan Metode Particle Swarm Optimization (PSO) Di PLTH Bayu Baru, Bantul, D.I. Yogyakarta," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] A. Photovoltaic, "The Comparative Study of Buck\_Boost, Cuk, Sepic and Zeta Converter for Power Point Tracking Photovoltaic Using P & O Method," pp. 327–332, 2015.
- [9] K. Vigneswaran and P. S. Kumar, "Maximum Power Point Tracking ( MPPT ) Method in Wind Power System," pp. 680–687, 2016, doi: 10.15680/IJIRSET.2015.0501118.
- [10] B. Santosa, "Particle Swarm Optimization," *Part. Swarm Optim.*, vol. 23, no. 2, pp. 145–156, 2006.