

MPPT Menggunakan Algoritme *Particle Swarm Optimization* dan *Artificial Bee Colony*

(MPPT Using *Particle Swarm Optimization* and *Artificial Bee Colony* Algorithm)

Ermanu Azizul Hakim¹, Tamadar Al Ghufuran¹, Machmud Effendy¹, Novendra Setyawan¹

Abstract—Solar power plant is a renewable electricity generator that utilizes heat from sunlight. However, because the intensity of light received by the solar cell and the temperature in the solar cell is always changing, the power generated is not optimal. To optimize the output power of the solar cell, a Maximum Power Point Tracking (MPPT) system is needed. Solar cells can be optimized by looking for MPPT and also by using a DC-DC converter. In this study, boost converter is optimized using Particle Swarm Optimization (PSO) and Artificial Bee Colony (ABC) algorithms. The results show that the highest efficiency obtained from boost converter is 78.25%, using duty cycle of 20%. For the overall system testing conducted at 09:00 WIB until 11:10 WIB, the average power obtained without using MPPT is 12.55 W, the average power of MPPT system using boost converter with PSO algorithm is 16.79 W, and average power of MPPT system using boost converter with ABC algorithm is 14.52 W. From the results, it was concluded that the output power of MPPT system using boost converter with PSO algorithm is more optimal than the MPPT system using boost converter with ABC algorithm.

Intisari—Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit energi listrik terbarukan yang memanfaatkan panas matahari. Namun, karena intensitas cahaya yang diterima oleh *solar cell* dan suhu pada *solar cell* selalu berubah-ubah, daya yang dihasilkan kurang optimal. Untuk mengoptimalkan daya keluaran *solar cell*, dibutuhkan sebuah sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). *Solar cell* tidak hanya dapat dioptimalkan dengan mencari titik MPPT saja, tetapi juga dapat dioptimalkan menggunakan konverter DC-DC. Pada makalah ini, digunakan *boost converter* yang dioptimalkan dengan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Artificial Bee Colony* (ABC). Berdasarkan pengujian sistem, diperoleh efisiensi tertinggi dari *boost converter* adalah sebesar 78,25%, pada *duty cycle* 20%. Dari pengujian sistem secara keseluruhan yang dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai 11.10 WIB, diperoleh daya rata-rata sistem tanpa MPPT sebesar 12,55 W, daya rata-rata sistem MPPT menggunakan *boost converter* dengan algoritme PSO sebesar 16,79 W, dan daya rata-rata sistem MPPT menggunakan *boost converter* dengan algoritme ABC sebesar 14,52 W. Dari hasil ini diketahui bahwa daya keluaran sistem MPPT menggunakan *boost converter* dengan algoritme PSO lebih optimal daripada sistem MPPT menggunakan *boost converter* dengan algoritme ABC.

Kata Kunci—*Solar Cell, Maximum Power Point Tracking, Particle Swarm Optimization, Artificial Bee Colony, Boost Converter.*

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang, Jln. Tlogomas No. 246, Malang 65144 Indonesia (telp: 0341-464318 ext 129; fax: 0341-460782; e-mail: ermanu@umm.ac.id, ndr.setya@gmail.com, machmud@umm.ac.id, novendra@umm.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki pengaruh besar terhadap perkembangan kehidupan di bumi. Keberadaannya yang tidak habis-habis adalah alasan energi matahari dikatakan sebagai sumber energi yang terbarukan. Salah satu aplikasi pemanfaatan energi matahari adalah *photovoltaic* (PV), yaitu sebuah perangkat yang mengubah energi foton menjadi energi listrik. PV memiliki banyak kelebihan, di antaranya biaya perawatan yang relatif kecil, tidak menimbulkan polusi, dan tidak memerlukan bahan bakar.

Permasalahan utama pada pemanfaatan sistem PV adalah rendahnya energi listrik yang dihasilkan, terutama ketika kondisi radiasi matahari rendah dan suhu yang selalu berubah-ubah. Dalam berbagai perubahan kondisi suhu dan radiasi, terdapat titik yang membuat PV menghasilkan energi tertinggi dengan efisiensi maksimum. Titik tersebut adalah *Maximum Power Point* (MPP). Letak dari titik MPP ini tidak diketahui, tetapi titik ini dapat dicari menggunakan algoritme pelacak MPP (*MPP Tracking*/MPPT) agar daya yang dihasilkan oleh PV selalu berada di titik MPP dalam kondisi apa pun [1].

Aspek terpenting dari sebuah algoritme optimasi adalah kecepatan dalam mencari titik daya maksimum PV dan akurasi dalam menemukan nilai titik daya maksimum PV, terutama ketika radiasi matahari berubah-ubah. Algoritme MPPT dapat disebut andal ketika mampu menemukan titik daya maksimum global tanpa terjebak di titik maksimum lokal. Algoritme yang umum digunakan untuk mencari titik daya maksimum pada PV adalah algoritme konvensional, yaitu algoritme *Perturb and Observe* (P&O) dan algoritme *Incremental Conductance* (IC). Algoritme konvensional ini umumnya masih mempunyai kekurangan, seperti kecepatan dalam mencari titik maksimum masih lambat, akurasi yang kurang, ataupun terjadi masalah ketika terjadi radiasi matahari yang tidak merata pada permukaan modul PV [2], [3].

Sistem PV tidak hanya dapat dioptimalkan dari MPPT, tetapi juga dengan cara menggunakan konverter DC-DC yang tepat. Selain untuk membantu kerja MPPT, konverter DC-DC juga berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan masukannya menjadi nilai tegangan yang diinginkan. Konverter DC-DC terdiri atas beberapa jenis, dari yang hanya menurunkan tegangan (*buck converter*), yang menaikkan tegangan (*boost converter*), dan yang dapat menurunkan atau menaikkan tegangan (*buck-boost converter*) [3].

Pada makalah ini dilakukan perancangan sekaligus pembuatan sebuah sistem untuk mengoptimalkan daya

keluaran PV dengan menggunakan *boost converter*. Keluaran PV disambungkan ke konverter yang akan dioptimalkan menggunakan algoritme PSO dan ABC.

II. METODOLOGI

Sistem PV memiliki keluaran tegangan dan arus dengan karakteristik yang berubah-ubah, atau dikatakan nonlinear, dengan titik puncaknya berubah seiring dengan berubahnya radiasi dan suhu. Agar memiliki efisiensi yang tinggi, PV diharuskan memiliki keluaran yang stabil pada titik maksimumnya. PV harus dikendalikan agar dapat bekerja pada titik maksimumnya, karena PV tidak dapat bekerja secara otomatis mencari titik tersebut. Letak titik maksimum ini tidak diketahui, sehingga harus dicari. Maka, peran MPPT dibutuhkan untuk melacak keberadaan titik maksimum yang dapat dihasilkan dari PV dan menjaga agar selalu berada pada titik tersebut.

MPPT bukanlah sebuah sistem *tracking* mekanik yang dipergunakan untuk mengatur posisi PV agar selalu mengikuti arah matahari. Sistem MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang digunakan untuk mencari posisi titik daya maksimum yang dihasilkan oleh PV dan menjaga agar selalu bekerja pada titik tersebut, sehingga daya yang diteruskan ke beban merupakan daya yang maksimal [4].

A. Perancangan Sistem

Pada makalah ini, perancangan sistem dilakukan sesuai dengan mekanisme kerja sistem yang diperlihatkan oleh diagram blok pada Gbr. 1. Pada perancangan diagram blok sistem, PV berfungsi sebagai sumber tegangan sistem, sensor arus dan sensor tegangan digunakan untuk membaca tegangan yang masuk ke konverter dan tegangan yang keluar dari konverter, *boost converter* digunakan untuk menaikkan tegangan, dan mikrokontroler berfungsi untuk menanamkan algoritme PSO dan ABC.

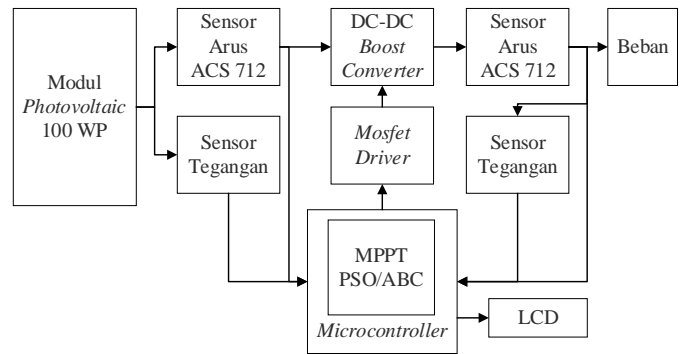
B. Photovoltaic (PV)

PV adalah sebuah alat yang terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri atas suatu sel yang dapat melepaskan elektron. PV adalah teknologi yang ketika terkena paparan sinar matahari akan membangkitkan daya listrik DC. Alat ini diukur menggunakan satuan watt (W) atau kilowatt (kW). Ketika bahan semikonduktor tersebut terkena paparan sinar matahari, PV akan terus menghasilkan listrik, dan saat bahan semikonduktor ini tidak terkena paparan sinar matahari, tidak ada listrik yang dihasilkan oleh PV. Persamaan eksponensial yang diturunkan dari hukum fisika untuk *pn junction* yang digunakan sebagai pemodelan PV dan secara umum dapat merepresentasikan karakteristik *solar cell* ditunjukkan pada (1).

$$I = I_{ph} - I_s \left(\exp \left(\frac{q(V+IR_s)}{NKT} \right) \right) - \frac{(V+IR_s)}{R_{sh}} \quad (1)$$

dengan

- I_{ph} = arus hubung singkat
- I_s = arus *reverse saturation* diode (A)
- q = muatan elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ C)
- V = tegangan diode (V)



Gbr. 1 Diagram blok sistem.

TABEL I
PARAMETER PHOTOVOLTAIC SP-100-P36

Karakteristik	Nilai	Satuan
Daya maksimum (P_{max})	100	W
Arus maksimum (I_{mp})	5,69	A
Tegangan maksimum (V_{mp})	17,6	V
Arus hubung singkat (I_{sc})	6,09	A
Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc})	22,6	V
Tegangan maksimum sistem	700	V

K = konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{-23}$ J/K)

T = suhu *junction* dalam Kelvin (K)

N = faktor idealitas diode

R_s = tahanan seri diode

R_{sh} = tahanan *shunt* diode.

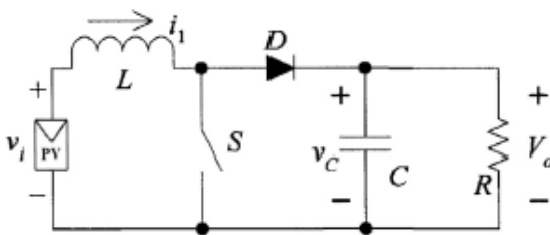
Pada makalah ini, tipe PV yang digunakan adalah PV SP-100-P36. Parameter PV SP-100-P36 disajikan pada Tabel I.

C. Boost Converter

Boost converter atau biasa dikenal dengan *step up converter* merupakan jenis konverter DC-DC yang menghasilkan tegangan keluaran lebih besar daripada tegangan masukannya. Menurut hukum kekekalan energi, daya masukan harus sama dengan daya keluaran. Karena tegangan pada sisi keluaran konverter lebih besar daripada tegangan masukannya, maka arus pada sisi keluaran konverter lebih rendah daripada arus masukan konverter. Sirkuit topologi *boost converter* diperlihatkan pada Gbr. 2 [5].

Ketika saklar ON, induktor sisi masukan terhubung ke sumber energi. Induktor mulai menyimpan energi dari tingkat minimum ke tingkat maksimum. Karena tidak ada arus yang mengalir melalui beban, maka tegangan keluaran adalah nol. Saat saklar OFF, tegangan pada masukan akan diterapkan ke beban. Dalam periode OFF, energi yang disimpan dalam induktor selama periode ON juga akan terlepas melalui beban. Oleh sebab itu, tegangan keluaran konverter yang dihasilkan lebih besar daripada tegangan masukan konverter [5]. Untuk menentukan nilai-nilai komponen *boost converter*, diperlukan parameter-parameter, yang diperlihatkan pada Tabel II.

Setelah nilai parameter *boost converter* ditentukan, selanjutnya dilakukan perhitungan setiap komponen yang digunakan pada *boost converter*, yaitu *duty cycle*, hambatan, induktor, arus maksimum, dan kapasitor. Perhitungan ditunjukkan pada (2)



Gbr. 2 Boost converter [5].

TABEL II
PARAMETER BOOST CONVERTER

Parameter	Nilai	Satuan
Daya (P)	100	W
Tegangan masukan (V_{in})	17,6	Vdc
Tegangan keluaran (V_{out})	36	Vdc
Frekuensi switching (F_s)	50	kHz
Efisiensi (η)	90	%
I_{out} maks	3	A
Ripple tegangan	2	%
ΔI	30	%

sampai (6). Model *boost converter* diimplementasikan menggunakan program Simulink MATLAB seperti diperlihatkan pada Gbr. 3.

$$D_{boost} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \quad (2)$$

$$R = \frac{V_{out}}{I_{out}} \quad (3)$$

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (4)$$

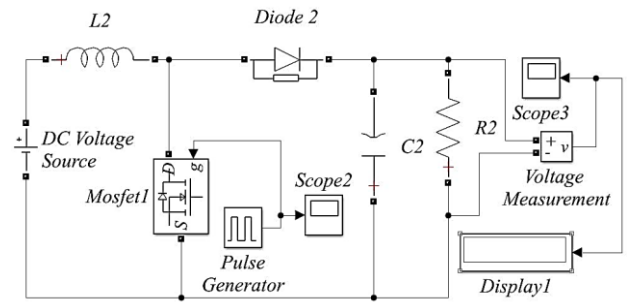
$$I_{max} = \frac{V_{in}}{(1-D)^2 R} + \frac{V_{in} \times D}{2 \times L \times f} \quad (5)$$

$$C = \frac{V_{out} \times D}{R \times \Delta V_o \times f} \quad (6)$$

D. MPPT dengan Algoritme PSO

Algoritme PSO merupakan sebuah algoritme optimasi yang cara kerjanya terinspirasi dari perilaku sosial pergerakan kawanan burung ataupun kawanan ikan (*bird flocking* atau *fish schooling*). Algoritme PSO yang merupakan algoritme optimasi bekerja berdasarkan pencarian berbasis populasi, dengan setiap individu atau yang biasa disebut partikel-partikel akan mengubah posisinya terhadap waktu. Pada algoritme PSO ini, partikel-partikel terbang menyusuri ruang pencarian multidimensional (*multidimensional search space*) dan menyesuaikan posisi berdasarkan pengalamannya dan pengalaman partikel di sebelahnya. Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa algoritme PSO menggabungkan dua metode, yaitu metode pencarian lokal dan metode pencarian global [6]–[8].

Inisialisasi algoritme optimasi PSO ini dimulai dengan cara menetapkan posisi awal partikel secara acak dan selanjutnya partikel tersebut mencari nilai optimal dengan cara memperbaiki posisinya. Sama seperti yang telah dijelaskan, setiap iterasi dari masing-masing partikel akan memperbaiki posisinya berdasarkan dua nilai terbaik, yaitu solusi terbaik



Gbr. 3 Boost converter.

TABEL III
PARAMETER PSO

Parameter	Nilai
Partikel	10
Iterasi	5
w	0,4
r_1	0,6
e_2	0,9
c_1	1,6
c_2	1,9

yang didapatkan oleh setiap partikel (P_{best}) dan solusi terbaik berdasarkan populasi (G_{best}). Setelah dua nilai terbaik tersebut didapatkan, posisi dan kecepatan partikel diperbarui menggunakan (7) dan (8) [9]. Parameter dari algoritme PSO diperlihatkan pada Tabel III sedangkan diagram alir algoritme PSO diperlihatkan pada Gbr. 4.

$$v_i^k = wv_i^k + c_1r_1(pbest_i^k - x_i^k) + c_2r_2(gbest^k - x_i^k) \quad (7)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (8)$$

dengan

v_i^k = kecepatan partikel ke i dan pada iterasi ke k

x_i^k = posisi partikel ke i dan pada iterasi ke k

c_1, c_2 = konstanta positif

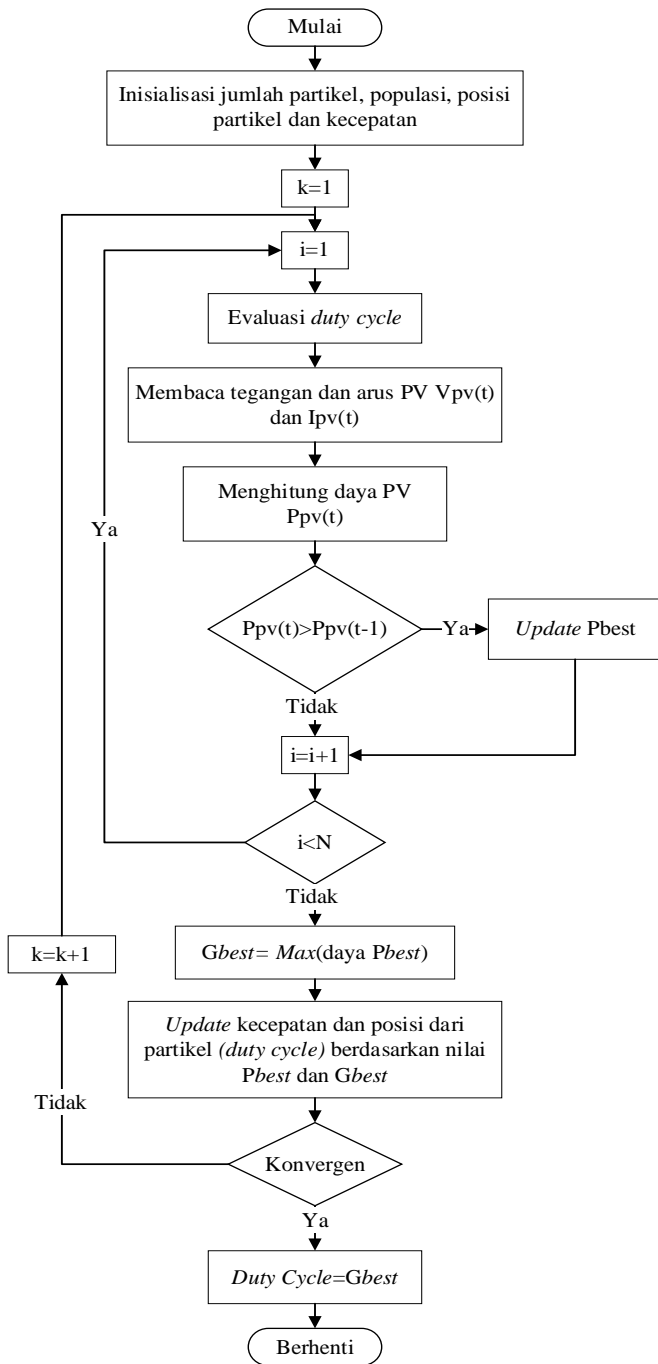
r_1, r_2 = dua variabel acak antara 0 sampai 1

w = bobot inersi.

E. MPPT dengan Algoritme ABC

Pada tahun 2005, algoritme optimasi ABC diperkenalkan oleh Karaboga berdasarkan perilaku alami lebah. Algoritme ini dikembangkan untuk mengatasi masalah optimisasi multi-dimensi dan multimodal di banyak bidang, seperti teknik elektro, untuk aliran daya yang optimal, ukuran optimal tata surya, teknik kontrol, dan di bidang mekanik, untuk pendekatan desain yang optimal. Koloni terdiri atas tiga agen, yaitu lebah yang bekerja, lebah pengamat, dan lebah pengintai.

Lebah yang bekerja mencari dan mendata sumber makanan dan selanjutnya data tersebut dibawa kembali ke sarang lebah. Lebah-lebah tersebut berbagi data dengan melakukan tarian, yang ditonton oleh lebah pengamat. Sifat dari tarian sebanding dengan kandungan nektar makanan. Oleh karena itu, sumber makanan yang baik menarik lebih banyak pengamat. Beberapa lebah (pengintai) terbang mencari sumber makanan secara acak tanpa menggunakan pengalamannya. Jika pada sumber baru



Gbr. 4 Diagram alir algoritme Particle Swarm Optimization.

yang ditemukan jumlah nektarnya lebih banyak dari jumlah nektar yang berada di ingatannya, maka lebah akan merekam posisi baru dan melupakan posisi yang sebelumnya.

Kapan pun sumber makanan dieksploitasi sepenuhnya, semua lebah yang bekerja terkait dengan hal itu meninggalkan sumber makanan dan menjadi pengintai. Dengan demikian, sistem algoritme ABC bekerja dengan cara menggabungkan metode pencarian lokal yang dilakukan oleh lebah pekerja dan pengamat dengan metode pencarian global yang dilakukan oleh lebah pengamat dan pengintai [10], [11]. Langkah-langkah algoritme ABC diuraikan sebagai berikut.

TABEL IV
PARAMETER ABC

Parameter	Nilai
SN	3 bees
MCN	50 cycle
D_{min}	0,3
D_{max}	0,7
Limit	50
Time sampling	0,1 μ s

1) *Inisialisasi Parameter*: Fase ini menginisialisasi ukuran koloni, jumlah yang dipekerjakan (M), lebah pengamat dan pengintai, dan jumlah siklus maksimum. Setiap solusi yang mungkin dihasilkan dalam batas maksimum (x_{max}) dan minimum (x_{min}) sesuai dengan (9).

$$x_i = x_{min} + rand(M, D)(x_{max} - x_{min}) \quad (9)$$

dengan D mewakili jumlah parameter yang dioptimalkan dan M mewakili jumlah pekerja yang bekerja, serta $i = 1, 2 \dots N$ (jumlah solusi).

2) *Evaluasi Jumlah Nektar*: Evaluasi jumlah nektar dari populasi yang dihasilkan berdasarkan fungsi objektif.

3) *Fase Lebah yang Dikerjakan*: Pengumpul bekerja mengevaluasi sumber makanan baru menggunakan (10).

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij} (x_{ij} - x_{kj}) \quad (10)$$

dengan ϕ_{ij} adalah angka acak antara $[-1, 1]$, $k = 1, 2, \dots, SN$, dan $k \neq i$.

4) *Fase Lebah Pengamat*: Lebah pengamat memilih sumber makanan lebah dari data lebah pekerja berdasarkan probabilitas menggunakan (11).

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (11)$$

dengan fit_i adalah nilai *fitness* dari x_i .

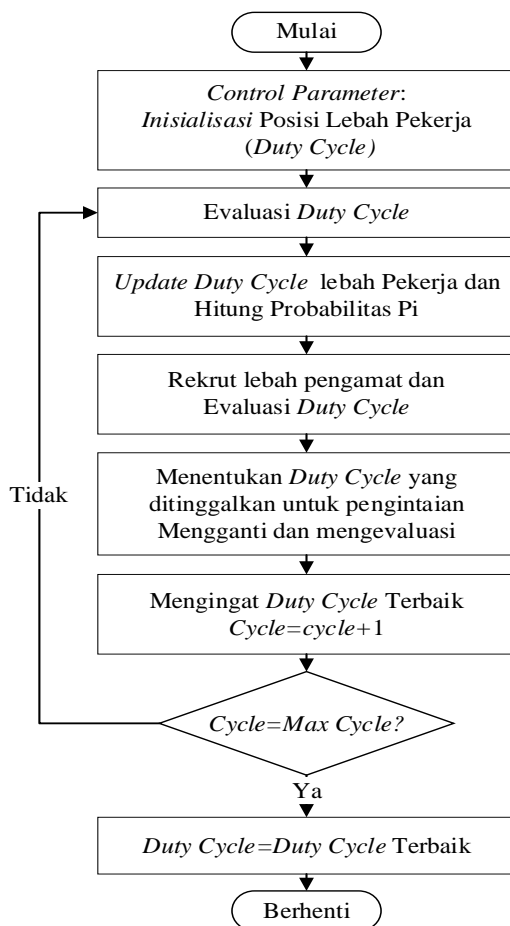
5) *Fase Lebah Pengintai*: Lebah pekerja yang sumber makanannya tidak dapat ditingkatkan pada akhir siklus akan ikut menjadi lebah pengintai dan secara acak mencari sumber makanan baru menggunakan (9).

Parameter algoritme ABC diperlihatkan pada Tabel IV dan diagram alir algoritme ABC diperlihatkan pada Gbr. 5.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Boost Converter

Pengujian *boost converter* yang pertama dilakukan dengan *duty cycle* tetap sebesar 40%, beban 1,5 kohm, dan dengan diberikan tegangan masukan yang berbeda-beda. Dari pengujian *boost converter* yang dilakukan dengan *duty cycle* tetap dan tegangan masukan berbeda-beda didapatkan hasil yang cukup baik. Pada Tabel V terlihat bahwa tegangan keluaran lebih besar daripada tegangan masukan konverter. Persentase nilai efisiensi rata-rata dari *boost converter* juga sudah cukup baik, yaitu 59,70% pada *duty cycle* 40%.



Gbr. 5 Diagram alir algoritme Artificial Bee Colony (ABC).

TABEL V
HASIL PENGUJIAN BOOST CONVERTER DENGAN DUTY CYCLE TETAP

No	D (%)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)
1	40	1,5	1,00	1,92	0,37	1,50	0,71	47,33
2		3,6	1,00	4,95	0,46	3,60	2,27	63,05
3		4,8	1,10	6,66	0,51	5,28	3,39	64,20
4		6,0	1,10	8,04	0,42	6,60	3,37	51,06
5		7,2	1,10	10,23	0,56	7,92	5,72	72,22
6		15	0,76	21,52	0,32	11,40	6,88	60,35
Rata-rata								59,70

Pengujian *boost converter* selanjutnya dilakukan dengan *duty cycle* berbeda, beban 1,5 kohm, dan dengan diberikan masukan daya dengan tegangan 15,5 volt dan arus 1,5 ampere. Dari pengujian *boost converter* yang telah dilakukan dengan *duty cycle* berbeda dan tegangan masukan tetap, didapatkan hasil yang cukup baik. Pada Tabel VI diperlihatkan bahwa pada saat *duty cycle* 20% sampai dengan *duty cycle* 70%, *boost converter* masih bekerja menaikkan tegangan. Namun, saat *duty cycle* 80% nilai tegangan keluaran *boost converter* lebih rendah dari tegangan masukan. Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *duty cycle*, semakin kecil nilai tegangan yang dinaikkan, dan efisiensi tertinggi berada pada *duty cycle* 20%.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN BOOST CONVERTER DUTY CYCLE BERUBAH

No	D (%)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Efisiensi (%)
1	20	15,13	1,34	31,11	0,51	20,27	15,86	78,25
2	30	15,34	1,20	25,73	0,27	18,40	6,94	37,73
3	40	14,97	0,95	22,11	0,27	14,22	5,96	41,97
4	50	14,76	0,95	20,08	0,37	14,02	7,42	52,98
5	60	14,97	1,00	19,34	0,27	14,97	5,22	34,88
6	70	14,65	1,05	16,46	0,32	15,38	5,26	34,25
7	80	15,29	1,10	14,76	0,37	16,81	5,46	32,47

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN MPPT DENGAN ALGORITME PSO

Pukul (WIB)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{in} (W)	P _{out} (W)
09:00	19,13	0,46	40,33	0,22	8,79	8,87
09:10	19,08	0,86	46,03	0,27	16,40	12,42
09:20	19,07	0,71	40,91	0,37	13,53	15,13
09:30	19,18	0,71	40,91	0,39	13,61	15,95
09:40	19,02	1,10	41,87	0,56	20,92	23,44
09:50	19,00	1,15	41,77	0,56	21,85	23,39
10:00	18,97	0,86	45,07	0,42	16,31	18,92
10:15	19,02	0,95	42,51	0,42	18,06	17,85
10:30	19,55	0,71	38,46	0,32	13,88	12,30
10:45	19,02	1,15	41,02	0,42	21,87	17,22
11:00	19,09	0,95	42,51	0,42	18,13	17,85
11:10	19,06	1,00	43,37	0,42	19,06	18,21

B. Hasil Pengujian MPPT-PSO dan MPPT-ABC

Pada pengujian ini sistem diuji menggunakan MPPT dengan algoritme optimasi PSO yang diberi beban sebesar 1,5 kohm. Tabel VII menunjukkan hasil pengujian menggunakan MPPT dengan algoritme PSO. Dari pengujian yang MPPT dengan algoritme PSO yang telah dilakukan, didapatkan bahwa tegangan masukan berada pada kisaran 19 V dengan arus masukan berada di kisaran 0,5 A sampai 1,1 A. Sedangkan tegangan keluaran nilainya berkisar 38 V sampai 46 V. Hal ini menunjukkan bahwa konverter bekerja menaikkan tegangan. Nilai arus keluaran yang berkisar antara 0,2 A sampai 0,5 A menunjukkan bahwa naiknya tegangan keluaran menyebabkan turunnya nilai arus pada keluaran konverter. Sementara itu, pada daya keluarannya diperoleh efisiensi yang baik, karena rata-rata daya keluaran relatif lebih baik dari daya masukan. Namun, pada beberapa keadaan, daya keluaran lebih kecil daripada daya masukan, yang disebabkan oleh tingginya nilai tegangan keluaran naik.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sistem menggunakan MPPT dengan algoritme ABC yang diberi beban sebesar 1,5 kohm. Tabel VIII menunjukkan hasil pengujian menggunakan MPPT dengan algoritme ABC.

Dari pengujian MPPT dengan algoritme ABC yang telah dilakukan, didapatkan bahwa tegangan masukan berada di kisaran 18 V sampai 19 V, dengan arus masukan berada di kisaran 0,7 A sampai 1 A. Sedangkan pada sisi tegangan

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN MPPT DENGAN ALGORITME ABC

Pukul (WIB)	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{in} (W)	P_{out} (W)
09:00	19,02	0,81	54,50	0,19	15,40	10,35
09:10	19,07	0,86	48,27	0,27	16,40	13,08
09:20	19,18	0,86	54,51	0,22	16,49	11,99
09:30	19,19	0,71	48,05	0,37	13,62	17,77
09:40	19,02	0,86	48,32	0,42	16,35	20,29
09:50	19,07	0,85	54,39	0,22	16,20	11,96
10:00	19,18	0,81	48,05	0,32	15,53	15,37
10:15	19,02	0,95	48,16	0,32	18,06	15,41
10:30	18,91	0,81	54,49	0,18	15,31	9,80
10:45	19,02	1,00	48,05	0,32	19,02	15,37
11:00	18,97	0,86	47,41	0,42	16,31	19,91
11:10	18,99	0,95	48,05	0,27	18,04	12,97

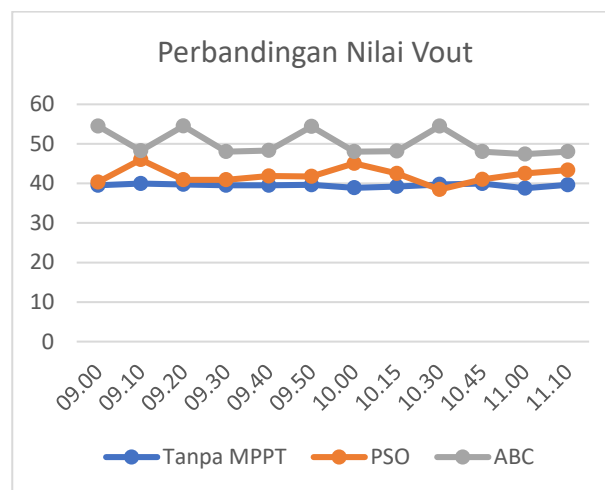
TABEL IX
HASIL PERBANDINGAN SISTEM TANPA MPPT, MPPT-PSO, DAN MPPT-ABC

Pukul (WIB)	Daya (watt)		
	Tanpa MPPT	MPPT-PSO	MPPT-ABC
09:00	8,69	8,87	10,35
09:10	8,39	12,42	13,08
09:20	8,74	15,13	11,99
09:30	14,62	15,95	17,77
09:40	12,64	23,44	20,29
09:50	12,68	23,39	11,96
10:00	12,44	18,92	15,37
10:15	10,58	17,85	15,41
10:30	10,72	12,30	9,80
10:45	16,78	17,22	15,37
11:00	19,77	17,85	19,91
11:10	14,66	18,21	12,97
Rata-rata	12,55	16,79	14,52

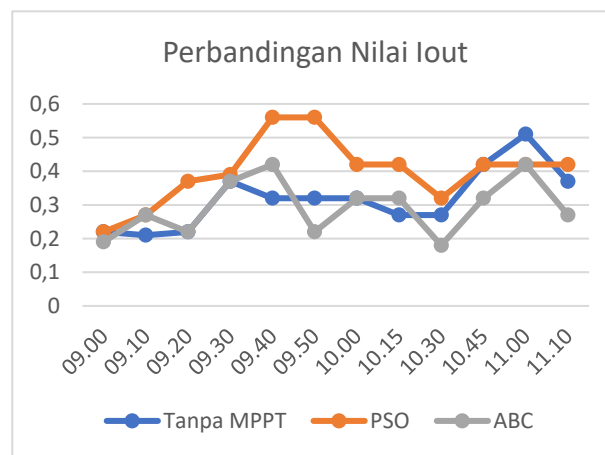
keluaran, nilainya berkisar antara 47 V sampai 54 V. Hal ini menunjukkan bahwa konverter bekerja menaikkan tegangan. Nilai arus keluaran yang berkisar antara 0,2 A sampai 0,4 A menunjukkan bahwa semakin tinggi naiknya nilai tegangan keluaran menyebabkan semakin turunnya nilai arus pada keluaran konverter. Sementara itu, pada daya keluarannya dihasilkan efisiensi yang kurang baik, karena rata-rata daya keluaran relatif lebih kecil dari daya masukan. Hal ini disebabkan oleh tingginya nilai tegangan keluaran naik, sehingga arusnya menjadi sangat kecil. Akibatnya, dihasilkan daya yang relatif kecil karena perkalian antara V_{out} dan nilai I_{out} yang kecil.

Besar perbedaan daya keluaran antara sistem menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT dapat dilihat dari daya yang keluar dari *boost converter*. Tabel IX menunjukkan perbandingan nilai daya keluaran tanpa menggunakan MPPT dan menggunakan MPPT.

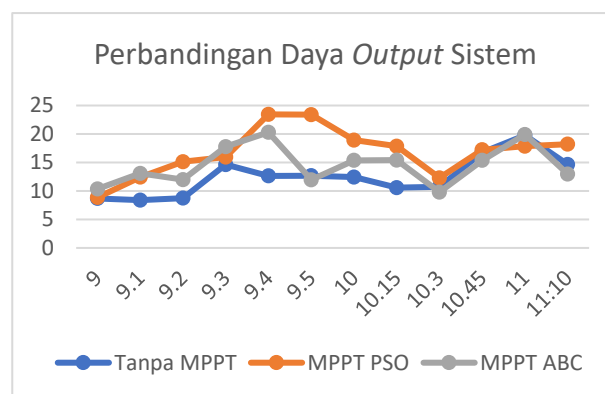
Dari tabel perbandingan nilai daya keluaran sistem, didapatkan bahwa dari jumlah nilai rata-rata daya keluaran



Gbr. 6 Perbandingan nilai V_{out} .



Gbr. 7 Perbandingan nilai I_{out} .



Gbr. 8 Perbandingan nilai P_{out} .

sistem tanpa menggunakan MPPT adalah 12,55 W, nilai rata-rata daya keluaran sistem menggunakan MPPT dengan algoritme PSO sebesar 16,79 W, dan nilai rata-rata daya keluaran sistem menggunakan MPPT dengan algoritme ABC sebesar 14,52 W. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan sistem menggunakan MPPT dengan algoritme PSO lebih baik dibandingkan sistem menggunakan MPPT dengan algoritme ABC. Gbr. 6 sampai Gbr. 8 berturut-

turut menunjukkan grafik perbandingan nilai V_{out} , nilai I_{out} , dan nilai P_{out} .

IV. KESIMPULAN

Dibandingkan *boost converter* tanpa menggunakan MPPT, *boost converter* dengan menggunakan MPPT dengan algoritme optimasi PSO dan ABC menghasilkan daya keluaran yang lebih baik. Namun, dari dua algoritme yang digunakan dalam makalah ini, didapatkan hasil bahwa algoritme PSO menghasilkan daya keluaran yang lebih baik daripada algoritme ABC. *Boost converter* yang telah dibuat tidak dapat bekerja ketika beban yang diberikan terlalu kecil, karena menyebabkan beda potensial, sehingga terjadi *short circuit* pada sistem. Dari permasalahan tersebut, diharapkan penelitian selanjutnya mengenai perancangan dan pembuatan konverter dapat dilakukan dengan pemilihan kesesuaian nilai komponen agar tercapai hasil sesuai yang diinginkan dan ketahanan konverter yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] A. Faizal dan B. Setyaji, "Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya Menggunakan Metode Sliding Mode Control," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, Vol. 14, No. 1, hal. 22-31, 2016.
- [2] F.A. Samman dan A.A. Rahmansyah, "Simulasi Pengujian Kinerja Algoritma Pencarian Titik Daya Maximum," *Prosiding SNIETEK 2017*, 2017, hal. 43-47.
- [3] D.C. Bani, "MPPT pada Sistem PV Menggunakan Algoritma Firefly dan Modified P&O dengan Konverter Hybrid Cuk Terkoneksi ke Grid Satu Phasa di Bawah Kondisi Partial Shaded." *J. Tek. ITS*, Vol. 5, No. 2, hal. B128-B134, 2016.
- [4] T.A. Zulhelmi, "Analisis Perbandingan Metode Incremental Conductance dan Perturb and Observe sebagai Algoritma MPPT pada Sistem Photovoltaic," Skripsi, Universitas Sumatra Utara, Medan, Indonesia, 2017.
- [5] S.N. Singh, "Selection of Non-isolated DC-DC Converters for Solar Photovoltaic System," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 76, hal. 1230-1247, 2017.
- [6] N. Setyawan, E.A. Hakim, dan Z. Zulfatman, "Signature PSO: Modified Particle Swarm Optimization dengan Fuzzy Signature dan Implementasi pada Optimalisasi Kendali LQR," *J.MULTITEK Indonesia.*, Vol. 13, No. 2, hal. 29-38, 2020.
- [7] N. Setyawan, R. Effendi, dan A. Jazidie, "Adaptive Gaussian Parameter Particle Swarm Optimization and Its Implementation in Mobile Robot Path Planning," *Proc. ISITIA 2017*, 2017, hal. 238-243.
- [8] N. Setyawan, N. Mardiyah, K. Hidayat, dan Z. Has, "Object Detection of Omnidirectional Vision Using PSO-Neural Network for Soccer Robot," *Proc. 2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 2018, hal. 117-121.
- [9] A. Rosita, Y. Purwananto, dan R. Soelaiman, "Implementasi Algoritma Particle Swarm untuk Menyelesaikan Sistem Persamaan Nonlinear," *J. Tek. ITS*, Vol. 1, No. 1, hal. A211-A218, 2012.
- [10] P.T. Sawant, P.C. Lbhattar, dan C.L. Bhattar, "Enhancement Of PV System Based on Artificial Bee Colony Algorithm Under Dynamic Conditions," *Proc. 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, 2016, hal. 1251-1255.
- [11] S. Hassan, B. Abdelmajid, Z. Mourad, S. Aicha, dan B. Abdenaceur, "An Advanced MPPT Based on Artificial Bee Colony Algorithm for MPPT Photovoltaic System under Partial Shading Condition," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, Vol. 8, No. 2, hal. 647, 2017.