

Desain *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada *Photovoltaic* Dengan Konverter DC-DC Tipe Cuk Menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony*

¹Septian Muti Nanda, ²Nur Alif Mardiyah, ³Machmud Effendy

¹²³ Universitas Muhammadiyah Malang

¹Septianmutinanda222@gmail.com, ²nuralif@umm.ac.id, ³machmudeffendy@yahoo.com

Abstrak—*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada *Photovoltaic* (PV) sangat dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi daya yang dihasilkan PV. Meningkatkan efisiensi daya keluaran PV sangat penting mengingat biaya awal yang besar untuk membuat pembangkit listrik menggunakan PV. *Photovoltaic* merupakan energi yang bersih, gratis karena menggunakan cahaya matahari dan juga bebas dari polusi menjadikan PV energi yang sangat tepat untuk digunakan. Dalam mencari titik kerja maksimum PV salah satu algoritma yang bisa menjadi pilihan adalah *Artificial Bee Colony*. Algoritma *Artificial Bee Colony* merupakan algoritma yang terinspirasi dari bagaimana lebah mencari madu. Sedangkan untuk konverternya menggunakan konverter dc-dc tipe cuk. Konverter cuk merupakan konverter yang bisa menaikkan atau menurunkan tegangan. Efisiensi Daya output yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dan dengan Cuk konverter adalah 91.37% dimana hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan Sistem tanpa menggunakan MPPT yang menghasilkan efisiensi 84.29% atau sistem yang menggunakan *Perturb and Observe* (P&O) yang menghasilkan efisiensi 90.79%.

Kata Kunci—*Photovoltaic*, MPPT, *Artificial Bee Colony*, Cuk konverter

Abstract— *Maximum Power Point Tracking* on *photovoltaic* (PV) is needed to improve PV power efficiency. Improving the efficiency of PV output power is so necessary because the initial cost is expensive to make a power plant using PV. *Photovoltaic* is a clean energy, free energy because using sunlight, and also free from pollution, it makes PV a very precise energy to use. In finding the maximum power point of PV, one of the algorithms that could be an option is the *Artificial Bee Colony* (ABC). it is an algorithm that is inspired by how bee colonies look for honey. The converter using dc-dc converter type cuk. Cuk converter is a converter that can increase or decrease the voltage output. Efficiency The output power generated using *Artificial Bee Colony* algorithm and with Cuk converter is 91.37%. This result is certainly better than without using MPPT or using *Perturb and Observe* (P&O). The efficiency without MPPT produces 84.29% and 90.79% for P&O.

Keywords—*Photovoltaic*, MPPT, *Artificial Bee Colony*, Cuk konverter

I. Pendahuluan

Pada masa sekarang dunia membutuhkan energi-energi alternatif karena menipisnya bahan bakar fosil. Maka energi terbarukan adalah salah satu solusi yang dapat dikembangkan, seperti: sumber daya angin, surya, ombak laut, dan lain-lain [1], namun rendahnya efisiensi dari energi dari sistem *Photovoltaic* dan besarnya biaya awal maka hal yang penting yang harus dilakukan adalah memaksimalkan efisiensinya.

Dalam beberapa tahun terakhir *Photovoltaic* menjadi salah satu sumber energi listrik yang signifikan hal ini karena energi ini mampu lebih bersih, gratis, dan bebas dari polusi [3]. Besarnya biaya awal *Photovoltaic* (PV), maka diharuskan untuk mengoperasikan perangkat *Photovoltaic* (PV) dengan efisiensi tinggi dan bekerja pada titik daya maksimum atau *maximum power point* (MPP). Tapi karena karakteristik *Photovoltaic* (PV) adalah non linear maka dari itu sulit untuk menentukan titik *Maximum Power Point* (MPP).

Pemilihan algoritma *Artificial Bee Colony* karena masih sedikitnya penelitian-penelitian MPPT dengan menggunakan algoritma ini. Sedangkan beberapa jurnal menunjukan adanya perbaikan atau efisiensi yang lebih baik menggunakan algoritma ini pada kondisi yang dinamis atau pada saat pencahayaan di atas 800 W/m². Waktu yang dibutuhkan mencapai MPP pada penelitian sebelumnya hanya 0.28s sedangkan dengan algoritma lain masih diatas 0.57s [6].

Jurnal MPPT dengan algoritma *Artificial Bee Colony* hanya menggunakan konverter *boost* saja, sedangkan penelitian ini untuk menggunakan konverter tipe cuk yang karakteristiknya berbeda dengan konverter *boost*. Dalam penelitian lain konverter cuk lebih stabil di bawah kondisi atmosfer yang bervariasi dan memberi efek yang efektif pada tegangan dan output daya dibandingkan dengan konverter *Boost* [7].

II. Metode Penelitian

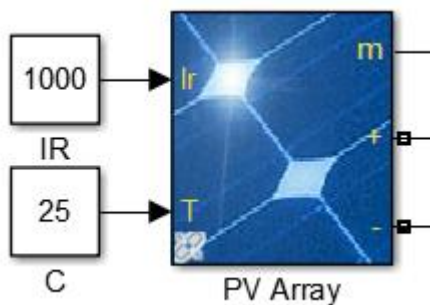
A. Modul Photovoltaic

Sel *Photovoltaic* (PV) adalah semikonduktor p-n yang berfungsi ketika cahaya terjadi dipermukaannya. Arus yang dihasilkan oleh cahaya tersebut sebanding dengan radiasi cahaya dan suhu [4]. Ketika tidak ada cahaya, maka output dari *Photovoltaic cell* menjadi nol [9]. Untuk rumus matematika arus output (I_{pv}) pada modul PV adalah:

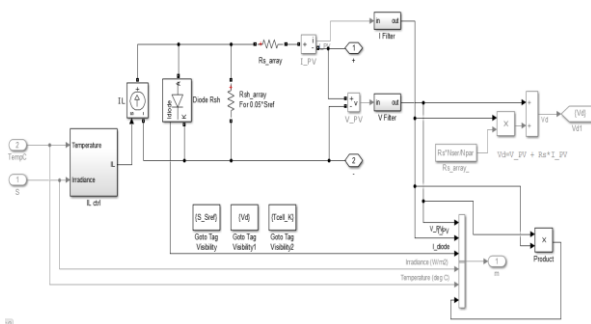
$$I = I_{pv} - I_0 \left[\exp \left(\frac{(V + R_s I) \cdot q}{N_c s k T_c a_{fd}} \right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_p} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, I_{pv} adalah arus *Photovoltaic*, I_0 adalah arus bocor dioda, V adalah tegangan output, $N_c s$ adalah jumlah sel seri, q adalah muatan elektron, k adalah konstanta Boltzmann, T_c adalah suhu sel surya, sedangkan a_{fd} adalah faktor ideal dioda [2].

Modul PV yang digunakan adalah modul yang telah disiapkan oleh *library* matlab dengan radiasi 1000 W/m^2 dan suhu 25°C . Output PV adalah positif (+) dan negatif (-).



Gambar 1 Tampak Luar Blok PV



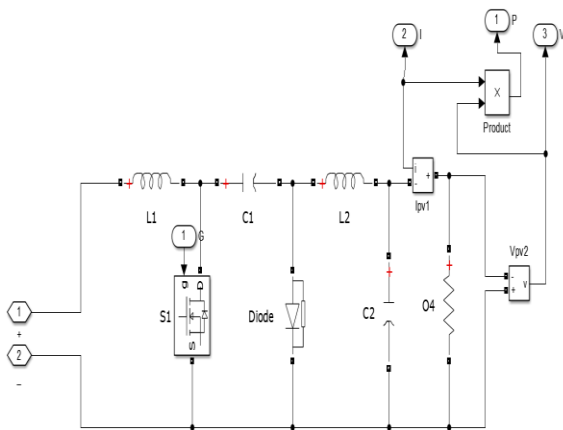
Gambar 2 Tampilan Dalam Dari Blok PV

Gambar 3 Blok Parameter PV

Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa disini menggunakan 20 panel surya yang diseri, masing-masing mempunyai daya maksimum 200 watt. sehingga menghasilkan daya maksimum 4000 watt dengan tegangan maksimum per panel 28.5 volt sehingga menjadi 570 volt dan arus 7.02 ampere.

B. Cuk Konverter

Konverter cuk adalah konverter dc-dc yang nilai tegangan outputnya lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputnya. . Konverter ini bekerja dengan satu *switch*, satu dioda, dua kapasitor, dan 2 induktor. Saat saklar tertutup (dinyalakan) diode dalam keadaan *reverse biased* dan arus dari C_1 mengalir menuju induktor L_2 dan kapasitor C_2 . Saat saklar dibuka (dimatikan) diode dalam keadaan *forward biased* dan kapasitor C_1 akan di *Charge* dari arus induktor L_1 .



Gambar 4 Desain Cuk Konverter Pada Matlab Simulink

Nilai kapasitor yang digunakan pada C_1 , C_2 dan R dapat dicari dengan rumus dibawah [5]:

$$C_1 \geq \frac{V_o D}{R f \Delta V_{C_1}} \quad (2)$$

$$C_2 \geq \frac{V_s D}{8 \Delta V_{C_2} L_2 f^2} \quad (3)$$

$$R = \frac{V_o^2}{P} \quad (4)$$

Dimana nilai V_o adalah tegangan output pada konverter, D adalah *duty cycle*, R adalah hambatan awal, f adalah frekuensi dan ΔV_{C_1} adalah ripple tegangan pada C_1 . Sedangkan pada C_2 terdapat V_s yaitu tegangan input dan ΔV_{C_2} adalah ripple tegangan pada C_2 . Konverter cuk harus bekerja pada modus CCM sehingga, nilai induksi L_{1min} dan L_{2min} dapat dicari dengan persamaan berikut [5]:

$$L_1 \geq \frac{V_s D}{f \Delta I_{L_1}} \quad (5)$$

$$L_2 \geq \frac{V_s D}{f \Delta I_{L_2}} \quad (6)$$

Dengan ΔI_{L_1} adalah arus ripple pada L_1 , dan ΔI_{L_2} arus ripple pada L_2 .

Tabel 1 Parameter input cuk konverter

No	Parameter	Nilai
1	Tegangan input (V_{in})	570 V
2	Arus input	7.02 A
3	Frekuensi (F)	10 Mhz
4	Duty cycle	0.1-0.9
5	Arus output (V_{out})	14,04A
6	Tegangan output (V_{out})	285 V
7	Daya Max (P)	4000W

Dari Tabel diatas dapat dihitung nilai komponen yang dibutuhkan. $C_1=10\mu F$, $C_2=20\mu F$, $R=20\Omega$, $L_1=800\mu H$, dan $L_2=800\mu H$.

C. Algoritma *Artificial Bee Colony*

Proses utama dari MPPT adalah mendapatkan informasi dari tegangan dan arus seketika dari sensor serta menghitung daya seketika dari PV [8]. Kontroler MPPT sangat berpengaruh besar terhadap daya yang dapat dihasilkan oleh PV. Penelitian dan perbaikan efesiensi selalu dikembangkan oleh ilmuwan untuk mendapatkan efesiensi terbaik dalam berbagai kondisi.

Algoritma *Artificial Bee Colony* di ajukan oleh Karaboga pada tahun 2005, yang terinspirasi dari cara koloni lebah mencari madu disekitar mereka [6]. Dimana pada algoritma ini menunjukkan bahwa koloni lebah membagi koloni mereka dalam beberapa grub yaitu: *employed bees*, *onlooker bees* dan *scout bees* [3].

Employed bees merupakan lebah yang dipekerjakan disekitar makanan untuk mengingat lokasi sumber makanan baru yang lebih baik dan melupakan yang lama. Setelah menyelesaikan proses pencarian sumber makanan, mereka akan berbagi informasi dengan *onlooker bees* yang menunggu didalam sarang. *Onlooker bees* akan menentukan sumber makanan dari probabilitas sumber makanan tersebut. Sedangkan *scout bees* bertugas mencari sumber makanan baru yang dipilih secara acak [10].

Dalam mendesain algoritma ini sebagai algoritma penjejak maksimum power point, perlu diketahui beberapa tahapan rumus. tahapan-tahapan rumus ini yang akan menjadi dasar pembuatan desain algoritma

penjejak maksimum power point dengan algoritma *artificial bee colony*.

Fase inialisasi: *Artificial bee colony* menghasilkan populasi awal secara acak dari solusi ns (siklus). Setiap solusi diproduksi dalam batas-batasnya [0, 1] menurut persamaan di bawah ini [1]:

$$d_i = d_{\min} + \text{rand}(M,D) * (d_{\max} - d_{\min}) \dots \dots \dots (7)$$

Fase lebah pekerja : lebah Pekerja memperbarui siklus tugas menggunakan permasamaan di bawah ini [1]:

$$\text{new } d_i = d_i + \emptyset (d_i - d_k) \dots \dots \dots (8)$$

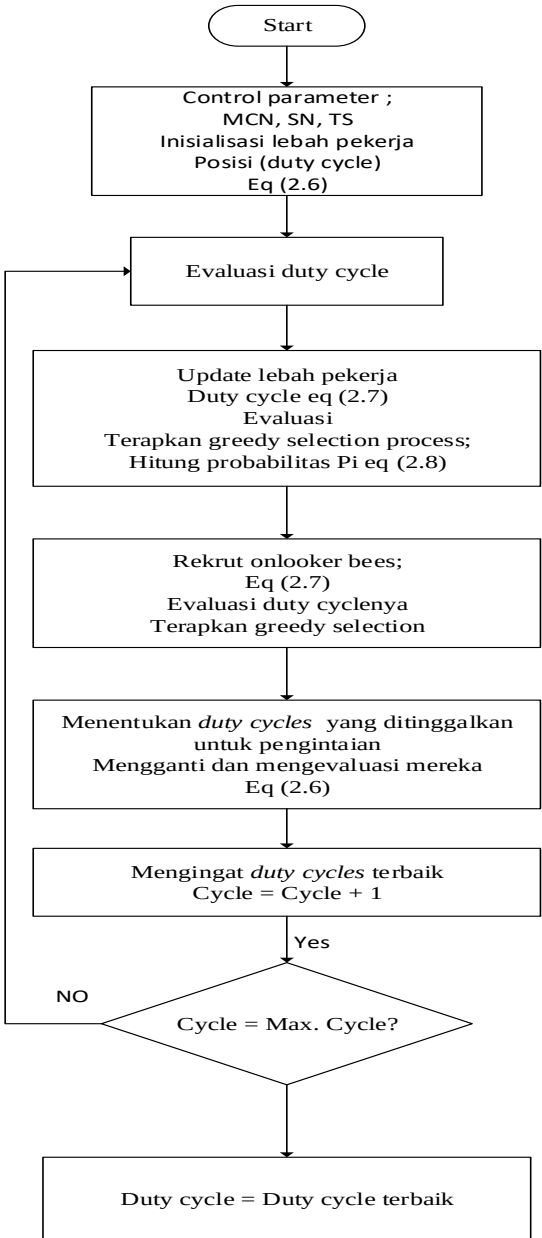
Setelah itu probabilitas dievaluasi menggunakan persamaan berikut [1]:

$$p_i = \frac{P_{pv_i}}{\sum_{n=1}^{SN} P_{pv_i}} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana fit_i adalah fitness solution [4]. Pada akhir setiap siklus pencarian, algoritma menghafal Solusi terbaik dicapai sejauh ini dan mengulangi prosedur dari fase lebah dipekerjakan sampai jumlah siklus maksimum (MCN) tercapai atau sampai nilai daya tetap tidak berubah dalam jumlah siklus tertentu.

Tabel 2 Parameter Algoritma Artificial Bee Colony

No	Parameter	Nilai
1	D	3 Bees
2	MCN	50 Cycle
3	Dmin	0.2
4	Dmax	0.8
5	Limit	50
6	Time simpling	0.1uS



Gambar 5 Flowchart Artificial Bee Colony

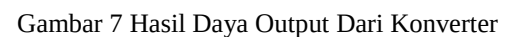
D. Pemodelan Simulink MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) Dengan *Artificial Bee Colony*

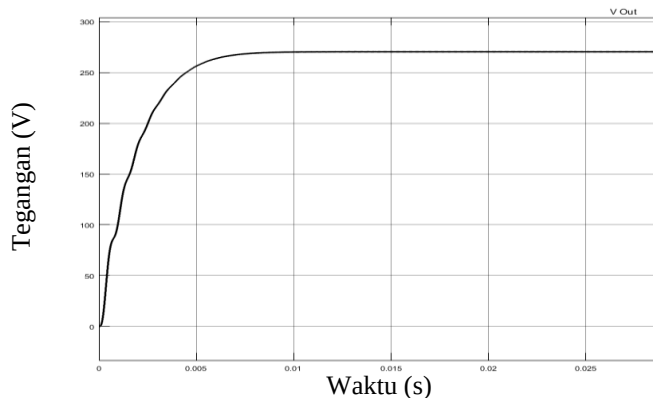
Pada Gambar 6 dapat dilihat pemodelan MPPT dari *Artificial Bee Colony* dengan konverter cuk yang telah didesain sesuai parameter yang ditentukan. Terdapat 3 blok sistem utama sedangkan blok P&O dan NOMPPT adalah blok untuk sistem pembanding yang

1. PV Array, yaitu blok yang berisi rangkaian sistem panel surya yang telah dijelaskan pada gambar 2 dengan parameter yang dapat dilihat pada gambar 3
2. ABC, yaitu blok yang berisi *script function* dari algoritma *Artificial Bee Colony*.
3. Cuk Konverter, yaitu blok yang berisi rangkaian konverter cuk yang telah didesain yang bisa dilihat pada gambar 4



Pengujian mppt dengan algoritma Artificial Bee Colony menunjukan hasil yang dapat dilihat dari gambar dibawah ini.





Gambar 9 Hasil Tegangan Output Pada Konverter

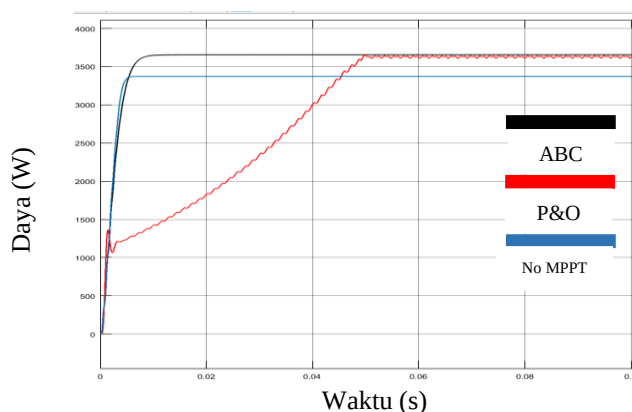
Dari gambar diatas diketahui bahwa daya output dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* menghasilkan efesiensi sebesar 91,37% dengan waktu untuk mencapai daya maksimum adalah 0.012s, lebih detail dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Data hasil output pada konverter dengan algoritma *Artificial Bee Colony*

Daya Output (Pout)	3655 Watt
Tegangan Output (Vout)	270.4 Volt
Arus Output (I out)	153 Ampere

B. Perbandingan Output Daya Tanpa MPPT, *Perturb and Observe* (P&O), dan *Artificial Bee Colony* (ABC)

Perbandingan hasil daya output ini menunjukan bagaimana pengaruh MPPT terhadap output daya dari PV yang akan disalurkan ke beban.



Gambar 10 Hasil Output Daya Tanpa MPPT, *Perturb and Observe*, dan *Artificial Bee Colony*

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa daya ABC lebih baik dalam mencari titik maksimal dari PV yaitu dengan efesiensi 91.37% sedangkan sistem tanpa MPPT dan P&O masing-masing hanya 84.29% dan 90.79%. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai daya maksimal, sistem tanpa MPPT mampu lebih cepat 0.006s dibandingkan *Artificial Bee Colony*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Data hasil Daya output dari Tanpa MPPT, P&O dan ABC

Controller	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efesiensi (%)	Time (s)
Tanpa MPPT	4000	3373	84,29	0.006
P&O	4000	3633	90.79	0.055
ABC	4000	3658	91.37	0.012

IV Kesimpulan

A. Kesimpulan

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan tentang hasil penelitian desain *maximum power point tracking* pada *photovoltaic* dengan konverter dc-dc tipe cuk menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Yang mana kesimpulannya sebagai berikut:

1. Desain *maximum power point tracking* pada *photovoltaic* dengan cuk konverter dan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* mampu bekerja dengan baik untuk mencari titik maksimum daya pada *photovoltaic*.
2. Daya output yang dihasilkan menggunakan konverter cuk dan algoritma *Artificial Bee Colony* menghasilkan daya output 3655 watt atau efesiensinya 91.37% dan dengan waktu untuk mencapai daya maksimum yang sangat cepat yaitu hanya 0.012s
3. Perbandingan daya output pada konverter tanpa MPPT, *artificial bee colony* dan *perturb and observe* (P&O) menunjukan bahwa, effesiensi yang dihasilkan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* lebih baik yaitu 7.08% lebih baik dari pada tanpa MPPT dan 0.58% lebih baik dari P&O

B. Saran

1. Pengembangan lebih lanjut pada algoritma *Artificial Bee Colony*, bisa dengan cara

- memodifikasi algoritma ini untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik.
2. Perlunya mengoptimalkan kinerja cuk konverter, bisa dengan menambahkan *soft switching* atau yang lainnya sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] P. T. Sawant, P. C. Lbhattar, and C. L. Bhattar, "Enhancement of PV System Based on Artificial Bee Colony Algorithm under dynamic Conditions," in *2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, IEEE Conferences, 2016, pp 1251 – 1255
- [2] D. Kumar, and K.Chatterjee, "Artificial Bee Colony based MPPT Algorithm for Wind Energy Conversion System," in *2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS)*, IEEE Conferences, 2016.
- [3] K. Sundareswaran, P. Sankar, P. S. R. Nayak, S. P. Simon, and S. Palani, "Enhanced Energy Output From a PV System Under Partial Shaded Conditions Through Artificial Bee Colony," in *IEEE Transactions On Sustainable Energy*, volume. 6, issue.1, pp. 198 – 209, 2015.
- [4] B. Bilal, "Implementation of Artificial Bee Colony Algorithm on Maximum Power Point Tracking for PV Modules", in *2013 8th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, IEEE Conferences, 2013.
- [5] E. Handawi, M. M. Salem, and Y. Atia, "Design and Control of Cuk Converter and modified IC MPPT Technique for Off-Grid PV Systems," in *International Journal of Applied Engineering Research ISSN*, volume. 11, no. 12, pp 7654 – 7661, 2016.
- [6] T. Chakrabarti, U. Sharma, S. Manna, T. Chakrabarti, S. K. Sarkar, "Design of Intelligent Maximum Power Point Tracking (MPPT) technique based on Swarm Intelligence based Algorithms," in *2015 International Conference on Power and Advanced Control Engineering (ICPACE)*, IEEE Conferences, 2015, pp 173 – 177.
- [7] S. Saravanan, N. R. Babu, "Performance Analysis of Boost & Cuk Converter in MPPT Based PV System", in *2015 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies [ICCPCT]*, IEEE Conferences, 2015.
- [8] N. Kumar, I. Hussain, B. Singh, B. K. Panigrahi, "Maximum power peak detection of partially shaded PV panel by using intelligent monkey king evolution algorithm", in *2016 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, IEEE Conferences, 2017, pp 5734 – 5743.
- [9] M. R. Rashel, A. Albino, M. Tlemcani, T. C. F. Goncalves, J. Rifath, "MATLAB Simulink modeling of photovoltaic cells for understanding shadow effect," in *2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, IEEE Conferences, 2016, pp 747 – 750.
- [10] D. Yazdani, M. R. Meybodi, "A novel Artificial Bee Colony algorithm for global optimization," in *2014 4th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)*, IEEE Conferences, 2014, pp 443 – 448.