

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis ekuator dengan potensi sumber daya alam yang sangat besar, salah satunya adalah energi surya. Sebagian besar daerah di Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan rata-rata daya 4 kWh/m² (Dewan Energi Nasional, 2020). Energi surya termasuk dalam sumber energi baru terbarukan yang keberadaannya dapat digunakan sebagai sumber penyedia energi listrik. Panel surya dapat digunakan sebagai media konversi energi panas matahari menjadi energi listrik. Tetapi, pada proses konversi tenaga listrik dengan memanfaatkan panel surya masih terdapat kekurangan salah satunya ialah rendahnya nilai efisiensi konversi energi, yaitu sekitar 8%-18% (Putri et al., 2015). Efisiensi panel surya berhubungan dengan daya keluaran yang dihasilkan panel surya. Beberapa faktor yang mempengaruhi daya keluaran panel surya antara lain, perubahan insolasi sinar matahari, tingkat kebersihan permukaan panel surya, karakteristik spektral sinar matahari, temperatur dan bayangan (Safari & Mekhilef, 2011).

Beberapa metode dikembangkan untuk mengatasi masalah efisiensi panel surya yang rendah, salah satu yang banyak digunakan ialah *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT adalah metode yang menekankan pada proses pencarian titik daya maksimum yang mampu dibangkitkan oleh panel surya. Komponen penyusun MPPT terdiri atas rangkaian kontroler, elektronika daya, dan algoritma pencarian yang berfungsi untuk melacak titik daya maksimum panel surya agar selalu bekerja pada kondisi optimumnya (Fadriantama & Adinandra, 2018). Pencarian titik *Maximum Power Point* (MPP) harus dilakukan secara terus menerus karena nilai MPP akan selalu berubah-ubah mengikuti perubahan kondisi lingkungan yang terjadi. Banyak algoritma pencarian yang telah dikembangkan sampai saat ini, namun yang sering digunakan adalah algoritma *Perturb and Observe* (P&O), dan *Incremental Conductance* (InC). P&O dan InC dapat diklasifikasikan sebagai algoritma konvensional atau klasik MPPT yang banyak

digunakan produsen dalam produk komersil, hal ini dikarenakan kesederhanaan dan efektifitasnya (Reza Reisi et al., 2013). Hasil penelitian membuktikan bahwa penggunaan MPPT dapat menyerap energi panel surya sebesar 99% dari kapasitasnya (Manna et al., 2023).

Terdapat tiga teknik MPPT yang akan digunakan pada penelitian kali ini yaitu P&O, InC, dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Teknik MPPT yang umum digunakan adalah P&O karena teknik memiliki efisiensi yang tinggi dan tidak memerlukan *tunning* parameter secara terus - menerus (Dallago et al., 2015). Selain itu kelebihan dari metode P&O adalah sederhana dan mudah diaplikasikan karena tidak memerlukan pemahaman tentang kurva karakteristik panel surya (Elgendy et al., 2012). Metode P&O ini dapat diterapkan pada mikrokontroler arduino karena harganya yang relatif terjangkau (Ulaganathan et al., 2014).

Algoritma InC dikembangkan untuk memperbaiki beberapa kekurangan dari algoritma P&O. Algoritma InC berusaha untuk mempercepat waktu pelacakan dan untuk memperoleh energi yang lebih optimal pada saat terjadi perubahan kondisi lingkungan dan iradiasi matahari (Putri et al., 2015). InC yang diimplementasikan dengan MPPT telah mampu mengendalikan daya secara optimal pada titik maksimumnya (Yuhendri & Putra, 2020). Berdasarkan hasil penelitian, metode InC menunjukkan kinerja lebih baik dibanding dengan metode P&O. Metode InC mampu mengatasi osilasi di sekitar titik MPP namun memiliki waktu sedikit lebih lambat (Putri et al., 2015). Mahendra dkk pada penelitiannya mengenai perbandingan performansi antara algoritma P&O dan InC menunjukkan hasil yang sebaliknya yaitu MPPT dengan menggunakan metode P&O mempunyai performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode InC (Mahendra, L. S., Makmunah, J., & Nisa, n.d., 2021).

Algoritma PSO termasuk ke dalam teknik optimasi metaheuristik karena keunggulannya dibandingkan metode konvensional. Algoritma PSO pada sistem MPPT mampu memaksimalkan produksi panel surya serta memiliki konvergensi yang lebih cepat sehingga dapat meningkatkan efisiensi kinerja panel surya dibandingkan dengan metode konvensional seperti P&O dan InC terutama dalam kondisi bayangan partial (El Hammedi et al., 2023). Algoritma PSO digunakan

untuk mengatur modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mendapatkan keluaran energi terbaik dari modul surya PV. Metode itu ditemukan melalui simulasi model sosial yang disederhanakan. Algoritma PSO adalah algoritma adaptif yang didasarkan pada perilaku sosial sekelompok burung yang bergerak bersama-sama (Vanneschi & Silva, 2023).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Effendi S dkk mengenai desain MPPT menggunakan metode PSO dalam keadaan berbayang memiliki kesimpulan algoritma PSO menunjukkan respon yang cepat dalam mempertahankan nilai optimumnya yaitu sekitar 0,04 detik. Sedangkan algoritma P&O memiliki respon yang lebih lambat, oleh karena itu PSO dapat mengatasi kondisi berbayang parsial dengan respon yang cepat untuk mempertahankan daya maksimum (Wirateruna & Millenia, 2022). Pada penelitian lainnya oleh T Sudhakar Babu dkk berkesimpulan bahwa pengaplikasian PSO dalam kondisi bayangan parsial memiliki kemampuan pelacakan yang baik di berbagai lingkungan dengan kecepatan pelacakan yang baik dengan kemudahan dalam implemetasi (Sudhakar Babu et al., 2015).

Penelitian ini dilakukan pada panel surya yang memiliki kapasitas total sebesar 202 kWp. Salah satu tantangan utama yang dihadapi pada sistem fotovoltaik adalah kondisi berbayang yang dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain tertutupnya panel surya karena bangunan tinggi disekitar lokasi dan perubahan kondisi cuaca yang dapat menyebabkan penurunan iradiasi sehingga menyebabkan kinerja dan efisiensi PLTS terganggu. Penurunan efisiensi ini berujung pada menurunnya daya keluaran sistem fotovoltaik, terutama jika sistem tidak dilengkapi dengan MPPT. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis performa MPPT dengan menggunakan metode P&O, InC, dan PSO pada kondisi bayangan partial. Proses analisis dan pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB/Simulink.

2. Perumusan Masalah

Penelitian ini berfokus membahas beberapa permasalahan antara lain :

1. Bagaimana rancangan dan analisis MPPT berbasis P&O, InC, dan PSO untuk sistem fotovoltaik dengan menggunakan program simulink?
2. Bagaimana algoritma P&O, InC dan PSO dapat memastikan pelacakan daya maksimum yang akurat dan stabil pada kondisi bayangan partial ?
3. Bagaimana peningkatan efisiensi daya yang dapat dicapai dengan menggunakan metode P&O, InC, dan PSO pada sistem fotovoltaik kapasitas 202 kWp?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian antara lain :

1. Membuat rancangan program MPPT berbasis PSO, P&O, InC untuk sistem fotovoltaik dengan kapasitas studi kasus 202 kWp
2. Menganalisis algoritma dan rancangan program untuk pelacakan nilai MPP yang akurat dan stabil dengan menggunakan algoritma P&O, InC, dan PSO pada kondisi bayangan partial
3. Menganalisis peningkatan efisiensi yang diperoleh dari algoritma P&O, InC, dan PSO

4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini menyajikan pengetahuan tentang penggunaan metode cerdas untuk menyelesaikan masalah optimasi sistem terutama berkaitan dengan sistem panel surya. Pemodelan dan simulasi yang telah dirancang dapat memberikan pengetahuan kepada industri, peneliti atau akademisi dan pemerintah untuk dikembangkan selanjutnya. Penelitian ini menyajikan analisis kinerja penggunaan MPPT berbasis P&O, InC dan PSO pada pembangkit listrik tenaga surya dalam kondisi berbayang partial.

5. Originalitas Penelitian

Tabel 1.1 Originalitas Penelitian

No	Nama, Tahun dan Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Originalitas
1.	O. Ben Belghith, 2016, <i>MPPT Design Using PSO Technique for Photovoltaic System Control Comparing to Fuzzy Logic and P&O Controllers</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma PSO lebih unggul dibandingkan dengan metode P&O dan Fuzzy Logic Takagi-Sugeno (Fuzzy TS) dalam mengontrol daya maksimum pada sistem fotovoltaik (PV)	Penelitian sebelumnya menggunakan <i>buck converter</i> dan algoritma PSO, P&O, dan Fuzzy TS, sedangkan penelitian ini penggunaan <i>boost converter</i> dan algoritma PSO, P&O, dan InC
2.	J. Prasanth Ram, 2016, <i>A new global maximum power point tracking technique for solar photovoltaic (PV) system under partial shading conditions (PSC)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma FPA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode PSO dan P&O dalam hal kecepatan konvergensi dan kemampuan untuk mencapai titik daya maksimum dalam kondisi bayangan partial	Penelitian sebelumnya menggunakan algoritma FPA, PSO, dan P&O dengan konfigurasi 4 seri dan 2 paralel, Sedangkan penelitian ini algoritma yang digunakan adalah PSO, P&O, dan InC, dengan rangkaian sistem PV terdiri dari 23 seri dan 22 paralel.

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No	Nama, Tahun dan Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Originalitas
3.	Khaizain M.A., 2021, <i>Boost Converter of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Using Particle Swarm Optimization (PSO) Method</i>	Hasil penelitian menunjukkan algoritma PSO dapat meningkatkan daya keluaran lebih baik dibandingkan dengan MPPT konvensional.	1) Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada data yang digunakan. Data pada penelitian ini diambil dari hasil simulasi PVsyst 2) Metode yang digunakan hanya menggunakan PSO, sedangkan penelitian ini menggunakan PSO, P&O, dan InC
4.	Quota Alief Sias, 2017, Rancang Bangun Maximum Power Point Tracking (MPPT) Menggunakan Algoritma Free Search Krill Herd Pada Sistem Pompa Air Tenaga Matahari	Hasil simulasi pada kondisi normal menunjukkan algoritma FSKH mampu melacak daya optimum dengan akurasi diatas 99%. RP&O mampu mencapai kondisi konvergen lebih cepat sebesar 35% daripada P&O pada kondisi normal sesuai dengan desain	1. Penelitian tersebut menggunakan 3 modul solar PV, sedangkan penelitian kali ini menggunakan 506 modul solar PV 2. Metode yang digunakan FSKH, RP&O, dan P&O, sedangkan di penelitian ini menggunakan PSO, P&O, dan InC

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No	Nama, Tahun dan Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Originalitas
5.	Houssine El Hammedi, 2023, Comparative study of MPPT algorithms: P&O, INC, and PSO for PV system optimization	Hasil penelitian menunjukan MPPT berbasis PSO memiliki waktu respon yang lebih cepat untuk mencapai titik MPP dibandingkan dengan MPPT – P&O, dan MPPT - INC	Penelitian tersebut hanya membandingkan waktu respon tiap algoritma, Hasil penelitian tidak dilakukan uji kondisi bayangan partial, sedangkan dipenelitian ini membandingkan performansi setiap algoritma pada 5 kondisi bayangan partial dan perubahan temperatur solar PV