LAPORAN PROYEK AKHIR

**OPTIMISASI ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) PADA *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN XILINX ZYNQ *FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA)**

****

**Disusun oleh:**

**NAUFAL RASHAD ARYAPUTRA**

**19/447081/SV/16800**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**

**TEKNOLOGI REKAYASA INSTRUMENTASI DAN KONTROL**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

# OPTIMISASI ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) PADA *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN XILINX ZYNQ *FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA)

**Proyek Akhir**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol**

**Diajukan sebagai syarat kelengkapan studi jenjang Sarjana Terapan**

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol**

**Oleh:**

**NAUFAL RASHAD ARYAPUTRA**

**19/447081/SV/16800**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**

**TEKNOLOGI REKAYASA INSTRUMENTASI DAN KONTROL**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Judul | : | OPTIMISASI ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) PADA *PHOTOVOLTAIC* DENGAN XILINX ZYNQ *FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA) |
| Nama | : | Naufal Rashad Aryaputra |
| Program Studi | : | Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol |
| Pembimbing | : | Jans Hendry, S.T., M.Eng. |
| Waktu Ujian | : |  |

Telah dipertanggungjawabkan dan diuji oleh Tim Penguji serta disetujui dan disahkan sebagai syarat kelengkapan studi jenjang Sarjana Terapan

Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta, 25 Januari 2023

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tim Penguji | | | |
| Ketua | | Sekretaris | |
|  | |  | |
| XXXX | | XXXX | |
| NIP. | | NIP. | |
| Anggota | | | |
|  |  | |  |
|  | Jans Hendry, S.T., M.Eng. | |  |
|  | NIKA. 111198501202001101 | |  |
| Mengetahui, | | | |
| Ketua Departemen Teknik Elektro dan Informatika | | Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol | |
|  | |  | |
| Nur Rohman Rosyid, S.T., M.T., D.Eng | | Hidayat Nur Isnianto, S.T., M.Eng | |
| NIP. 111197510201206101 | | NIP. 197305282002121001 | |

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT, dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul “Optimisasi Algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) *Perturb & Observe* (P&O) pada *Photovoltaic* menggunakan Xilinx Zynq *Field Programmable Gate Array* (FPGA)” dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Penyusunan Proyek Akhir ini guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr) pada program studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada.

Dengan selesainya Proyek Akhir ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Nur Rohman Rosyid, S.T., M.T., D.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
2. Hidayat Nur Isnianto, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
3. Jans Hendry, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing, yang telah membimbing dan memberikan pengarahan terkait penyusunan karya Proyek Akhir ini
4. Nama lengkap dan Gelar, selaku Dosen penguji yang telah membantu memberikan kritik dan saran dalam penulisan laporan Proyek Akhir ini
5. Unan Yusmaniar Oktiawati, S.T., M,Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan membantu penulis dalam menjalani proses menuntut ilmu, sampai dengan menyelesaikan karya Proyek Akhir ini
6. Ayah dan Ibu, beserta segenap keluarga tercinta yang memberi *support* dan doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan karya Proyek Akhir ini
7. Prof. Trio Adiono, S.T, M.T, Ph.D., selaku Guru Besar Institut Teknologi Bandung yang bersedia berbagi ilmu dan memberikan bimbingan selama proses penyusunan karya Proyek Akhir ini
8. Yusuf Purna Yudhanto, S.T., selaku *Engineer* di Xirka Silicon Technology yang bersedia berbagi ilmu dan pengalaman selama proses penyusunan karya Proyek Akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan Laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mohon maaf atas kesalahan dalam Laporan Proyek Akhir ini. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan guna menyempurnakan pengetahuan penulis. Akhir kata, semoga penyusunan Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat dan sentiasa dikembangkan.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Yogyakarta, 25 Januari 2023  Penulis |
|  |  |
|  | Naufal Rashad Aryaputra |
|  | 19/447081/SV/16800 |

# DAFTAR ISI

[HALAMAN JUDUL i](#_Toc126497243)

[LEMBAR PENGESAHAN ii](#_Toc126497244)

[KATA PENGANTAR iii](#_Toc126497245)

[DAFTAR ISI v](#_Toc126497246)

[DAFTAR GAMBAR vii](#_Toc126497247)

[DAFTAR TABEL viii](#_Toc126497248)

[DAFTAR LAMPIRAN ix](#_Toc126497249)

[INTISARI x](#_Toc126497250)

[ABSTRACT xi](#_Toc126497251)

[BAB I 1](#_Toc126497252)

[1.1. Latar Belakang 1](#_Toc126497253)

[1.2. Rumusan Masalah 2](#_Toc126497254)

[1.3. Batasan Masalah 2](#_Toc126497255)

[1.4. Tujuan Proyek Akhir 2](#_Toc126497256)

[1.5. Manfaat Proyek Akhir 2](#_Toc126497257)

[1.6. Sistematika Penulisan 3](#_Toc126497258)

[BAB II 4](#_Toc126497259)

[2.1. Lingkup Tinjauan Pustaka 4](#_Toc126497260)

[2.2. Dasar Teori 6](#_Toc126497261)

[2.2.1. *Photovoltaic* 6](#_Toc126497262)

[2.2.2. *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) 6](#_Toc126497263)

[2.2.3. Algoritma *Incremental Conductance* (INC) 7](#_Toc126497264)

[2.2.4. Sensor Tegangan 10](#_Toc126497265)

[2.2.5. Sensor Arus 11](#_Toc126497266)

[2.2.6. Driver Mosfet *Single Phase Inverter* 11](#_Toc126497267)

[2.3. Hipotesis 12](#_Toc126497268)

[BAB III 13](#_Toc126497269)

[3.1. Bahan 13](#_Toc126497270)

[3.2. Peralatan 13](#_Toc126497271)

[3.3. Tahapan Proyek Akhir 13](#_Toc126497272)

[3.4. Rancangan Alat/Purwarupa dan Analisis Data 13](#_Toc126497273)

[BAB IV 14](#_Toc126497274)

[BAB V 15](#_Toc126497275)

[5.1. Kesimpulan 15](#_Toc126497276)

[5.2. Saran 15](#_Toc126497277)

[DAFTAR PUSTAKA 16](#_Toc126497278)

[DAFTAR LAMPIRAN 18](#_Toc126497279)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1. Bentuk pemodelan array panel surya (Anowar and Roy, 2019) 6](#_Toc125855502)

[Gambar 2.2. Grafik karakteristik panel surya, (a) perbandingan antara tegangan dan arus, (b) perbandigan daya-tegangan pada temperatur konstan, (c) perbandingan energi-tegangan pada sumber cahaya konstan (Sarvi and Azadian, 2022) 7](#_Toc125855503)

[Gambar 2.3. (a) karakteristik dari panel surya, (b) flowchart algoritma incremental conductanced (Dhaouadi et al., 2019) 10](#_Toc125855504)

[Gambar 2.4. Rangkaian sensor tegangan dengan Voltage Divider (Prihasworo et al., 2020) 11](#_Toc125855505)

[Gambar 2.5. Rangkaian minimal untuk menggunakan ACS712 (Microsystems, 2022) 11](#_Toc125855506)

[Gambar 2.6. Model rangkaian driver full bridge/h-bridge inverter (Rusdi, Samman and Sadjad, 2019) 12](#_Toc125855507)

# DAFTAR TABEL

**No table of figures entries found.**

# DAFTAR LAMPIRAN

**No table of figures entries found.**

# INTISARI

OPTIMISASI ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) PADA *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN XILINX ZYNQ *FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA)

Muhammad Shofuwan Anwar

21/483339/SV/20142

Abstraksi…

Kata kunci : MPPT, *Perturb & Observe*, Optimisasi, FPGA, *Photovoltaic*

# ABSTRACT

*MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) *ALGORITHM OPTIMIZATION ON THE PHOTOVOLTAIC BY USING XILINX ZYNQ FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA)

Muhammad Shofuwan Anwar

21/483339/SV/20142

Abstraction…

Keywords : MPPT, *Perturb & Observe*, FPGA, *Photovoltaic*

# BAB I

PENDAHULUAN

## Latar Belakang

1. Tissue processor fungsi dan proses didalamnya
2. Problem harga yang mahal dan masih jarang digunakan
3. TKDN dan urgensi TKDN dalam menurunkan harga

Seiring berjalannya waktu, kebutuhan dalam pemanfaatan energi terbarukan dan penggunaan dari panel surya meningkat. Bagaimanapun juga, energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak konstan (*irregular*) yang dipengaruhi beberapa parameter contohnya seperti temperatur, intensitas cahaya matahari, dan juga perubahan-perubahan yang terjadi pada cuaca sekitar (Hebchi, Kouzou and Choucha, 2021). Oleh karena itu, parameter efisiensi dari panel surya perlu ditingkatkan guna memaksimalkan daya keluaran pada panel surya. Sejalan dengan perkembangan teknologi, terdapat metode yang digunakan untuk memaksimalkan efisiensi dari penggunaan panel surya, yaitu *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) (Mustafic *et al.*, 2020).

Dari banyaknya pendekatan *Power Tracking*, terdapat 3 jenis algoritma MPPT yang memanfaatkan kontrol secara langsung (*direct control*) untuk membantu memaksimalkan daya keluaran panel surya yaitu *Perturb and Observation* (P&O), *Hill Climbing* (HC), dan *Incremental Conductanced* (INC) (Motahhir, El Hammoumi and El Ghzizal, 2020). Dari beberapa algoritma MPPT tersebut, *Perturb & Observe* (P&O) dan *Incremental Conductanced* (INC) lebih unggul dari sisi komersial dan juga kemudahan dalam implementasinya (Bhattacharyya *et al.*, 2021). Algoritma *Perturb & Observe* (P&O) merupakan algoritma yang sering digunakan. Namun algoritma *Perturb & Observe* (P&O) memiliki kekurangan dalam kecepatan respon terhadap perubahan nilai MPP dan juga besarnya nilai galat (*error*) *steady state* (Azad, Sadhu and Das, 2020).

Selanjutnya perangkat kontrol *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan *Field Programmable Gate Array* (FPGA) dengan fitur terpenting yang dimiliki perangkat tersebut yaitu, dapat melakukan pemrosesan secara *concurrent* yang mana mampu menjalankan beberapa proses secara bersamaan (Guerrero *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pembacaan nilai sensor, kalkulasi, dan memproses pengambilan keputusan untuk memaksimalkan penggunaan energi panel surya dapat dilakukan dengan lebih cepat (Motahhir, El Hammoumi and El Ghzizal, 2020).

## Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, untuk memaksimalkan pemanfaatan energi panel surya menggunakan algoritma *Perturb & Observe* (P&O). Maka, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana performa kecepatan *Field Progammable Gate Array* (FPGA) untuk dapat merespon *Maximized Power Point* (MPP) setelah diberi masukan nilai tegangan dan arus?
2. Berapa besar nilai efisiensi yang dihasilkan jika dibandingkan antara daya keluaran panel surya dengan keluaran *Maximized Power Point* (MPP)?
3. Berapa besar galat (*error*) pada sensor tegangan dan arus yang digunakan sebagai parameter input dari *Maximized Power Point Tracker* (MPPT)?

## Batasan Masalah

Agar penulisan penelitian ini lebih terarah, permasalahan yang dihadapi tidak terlalu luas, maka perlu menjelaskan batasan-batasan masalah pada penelitian.

1. Algoritma pengaplikasian terbatas pada *Perturb & Observe* (P&O).
2. Desain rangkaian ditulis menggunakan *Hardware Description Language* (HDL) Verilog.
3. Algoritma dan desain yang diterapkan belum mampu mengatasi *Partial Shading Condition* (PSC).

## Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu, membuat rancangan dan mengimplementasikan, algoritma *Perturb & Observe* (P&O) pada *Field Programmable Gate Array* (FPGA) dengan melakukan optimisasi kecepatan respon dan mereduksi besaran osilasi yang dihasilkan ketika proses memonitor *Maximum Power Point* (MPP) untuk memaksimalkan penggunaan daya dari *photovoltaic*.

## Manfaat Proyek Akhir

Manfaat dari Proyek Akhir disebutkan dengan tujuan untuk menjelaskan poin-poin terkait implementsi dan kegunaan dari hasil Proyek Akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Mendapatkan *Intellectual Property* (IP) dari algoritma *Perturb & Observe* (P&O).
2. Mendapatkan data hasil uji coba implementasi algoritma *Perturb & Observe* (P&O) pada *Field Programmable Gate Array* (FPGA).
3. Mampu mengestimasi nilai *Maximum Power Point* (MPP) dari panel surya (*photovoltaic*).
4. Desain algoritma *Perturb & Observe* (P&O) pada *Field Programmable Gate Array* (FPGA) dengan optimasi kecepatan respon dan reduksi osilasi.

## Sistematika Penulisan

Laporan proyek akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat informasi tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya dan dasar teori dalam perancangan penelitian ini.

BAB III METODE PROYEK AKHIR

Meliputi waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, perincian alat dan bahan, metode penelitian, implementasi sistem, metode pengambilan data, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil perancangan dan penelitian, pengujian dan pembahasan mengenai penelitian yang telah diimplementasikan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian yang telah sesuai dengan tujuan penelitian serta saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut.

# BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Lingkup Tinjauan Pustaka

Perbandingan PID vs LQR

Riset sebelummnya PID seperti apa resultnya, harapan menggunakan lqr apa

Tinjauan pustaka merupakan langkah penting sebelum melakukan penelitian. Dalam tahap ini, publikasi dan referensi yang terkait ditinjau untuk memastikan penelitian dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan serta mengisi celah yang belum terjawab dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya.

Dalam penelitian dengan judul "*Design of Industrial and Agricultural Remote Temperature Control Box Based on STM32*" pada tahun 2021. Jun-Xiao, dkk membuat penelitian dengan menggunakan mikrokontroler STM32 sebagai pusat pemrosesan data. STM32 dipilih karena dapat kemampuannya dalam pengolahan data untuk sistem kontrol suhu. Untuk melakukan pengukuran suhu, penulis menggunakan sensor DS18b20 yang memiliki akurasi yang tinggi dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler STM32. Sensor ini bekerja dengan cara mengubah suhu menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Sedangkan untuk mengontrol aktuator, penulis menggunakan relay yang dihubungkan dengan mikrokontroler STM32 melalui pin GPIO. Relay digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan alat pendingin atau pemanas yang terhubung dengan kotak kontrol suhu, sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler. Dengan memanfaatkan sensor DS18b20 dan relay, kotak kontrol suhu yang dirancang dapat memonitor suhu pada lingkungan yang berbeda dan mengontrol perangkat pendingin atau pemanas untuk mempertahankan suhu yang diinginkan. Data suhu yang diukur kemudian diolah oleh mikrokontroler STM32 dan dikirimkan ke server melalui jaringan Wi-Fi untuk dipantau secara jarak jauh. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perangkat dapat bekerja dengan baik dengan memanfaatkan STM32, sensor DS18B20 dan relay untuk mengontrol suhu ruangan. Namun, pengaturan belum bisa dilakukan secara maksimal karena tidak adanya respon system kendali seperti PID atau LQR pada perangkat.

Dalam artikel "Implementation of Ziegler-Nichols PID Tuning Method on Stabilizing Temperature of Hot-water Dispenser" dijelaskan bahwa penggunaan kontrol PID pada proses pemanas dapat membantu mempertahankan suhu yang stabil dan konsisten pada dispenser air panas. Penulis menerapkan metode tuning Ziegler-Nichols untuk mengoptimalkan parameter PID untuk mencapai tujuan ini. Kesimpulan dari artikel ini adalah bahwa penggunaan kontrol PID dengan metode tuning Ziegler-Nichols adalah teknik yang efektif untuk menjaga suhu dispenser air panas tetap stabil. Penulis menunjukkan bahwa kontrol PID mampu merespons perubahan suhu dengan cepat dan menjaga suhu dalam rentang yang ketat. Penggunaan kontrol PID pada aplikasi ini dapat meningkatkan efisiensi dan kontrol kualitas. PID adalah teknik kontrol yang penting untuk banyak aplikasi industri dan teknik, terutama untuk pengendalian suhu, tekanan, dan aliran. Kontrol PID sangat berguna karena dapat menangani gangguan dan ketidakpastian dalam suatu sistem, sehingga memungkinkan pengendalian yang stabil dan akurat. Dalam kasus dispenser air panas, kontrol suhu yang stabil sangat penting untuk memastikan air panas yang konsisten dan aman untuk berbagai aplikasi. Dalam artikel ini, PID diperlukan untuk mempertahankan suhu yang stabil dan konsisten pada dispenser air panas. Dengan menerapkan metode tuning Ziegler-Nichols, parameter PID dapat dioptimalkan untuk mencapai pengendalian yang lebih baik dan stabilitas. Kontrol PID pada aplikasi pemanasan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan kontrol kualitas, serta menjaga suhu tetap stabil dan konsisten pada dispenser air panas.

Dalam penelitian "Perbandingan Metode PID, MPC, dan LQR pada Sistem Pemanas Air Bottle Washer Berbasis MATLAB", penulis membandingkan tiga metode kendali yaitu PID, MPC, dan LQR pada sistem pemanas air pada mesin cuci botol. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode MPC dan LQR memiliki performa yang lebih baik dalam menjaga suhu air pada mesin cuci botol tetap stabil dan konsisten dibandingkan dengan metode PID. Hal ini disebabkan karena MPC dan LQR memiliki kemampuan untuk memprediksi perubahan suhu dan mengoptimalkan kendali, sehingga dapat memberikan respon yang lebih cepat dan akurat dalam mengendalikan suhu pada mesin cuci botol. Perbandingan sistem kendali diperlukan pada sistem pemanas karena setiap metode kendali memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhan dan karakteristik sistem yang diatur. Dalam penelitian ini, penulis berhasil membandingkan tiga metode kendali yang berbeda dan menunjukkan perbedaan performa yang signifikan antara ketiganya. Hal ini dapat membantu dalam memilih metode kendali yang paling cocok untuk aplikasi sistem pemanas air pada mesin cuci botol. Namun, penelitian ini juga memiliki kelemahan/kekurangan, yaitu penelitian dilakukan pada skala laboratorium yang kecil, sehingga belum dapat merepresentasikan kondisi praktis pada aplikasi industri. Selain itu, penelitian ini hanya fokus pada aplikasi pemanas air pada mesin cuci botol saja, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji dan membandingkan performa metode kendali pada aplikasi pemanas lainnya.

Pada penelitian berjudul “*Comparative Study of Perturb & Observe (P&O) and Incremental Conductance (IC) MPPT Technique of PV System*” pada tahun 2020. Jha dan Dahiya membuat perbandingan antara algoritma *Perturb & Observe* (P&O) dengan algoritma *Incremental Conductance* (INC), perbandingan ini ditujukan untuk mendapatkan data terkait performa dari masing masing algoritma. Setelah melakukan percobaan, algoritma *Incremental Conductance* terbukti dapat bekerja lebih baik dengan menghasilkan pendekatan nilai *Maximum Power Point* (MPP). Hal tersebut dapat dibuktikan dengan respon yang sangat cepat dan akurat ketika diberikan variasi “radiasi”. Selain itu algoritma *Incremental Conductance* (INC) menghasilkan lebih kecil harmonisa dibandingkan dengan algoritma *Perturb & Observe* (P&O) (Jha and Dahiya, 2020).

Penelitian lain terkait perbandingan algoritma *Incremental Conductance* (INC) dan *Perturb & Observe* (P&O) juga menunjukan bahwa hasil dari algoritma *Incremental Conductance* (INC) menghasilkan efisiensi yang relatif lebih tinggi dibandingkan *Perturb & Observe* (P&O). Hal tersebut dituangkan pada penelitian berjudul “*Comparative Study Between P&O and Incremental Conduction MPPT Techniques-A Review*” pada tahun 2020, oleh Azad, Sadhu, dan Das. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa algoritma *Incremental Conductance* (INC) memiliki kekurangan yang mana pengukuran harus dilakukan secara langsung menggunakan sensor arus dan sensor tegangan. Selanjutnya, kalkulasi turunan (*derivative*) menambah kompleks implementasi algoritma *Incremental Conductance* (INC). Namun dibalik kekurangan itu, algoritma *Incremental Conductance* (INC) dapat melakukan secara cepat dan tepat dalam mendapatkan nilai *Maximum Power Point*  (MPP) dan perubahan *step* yang dapat divariasikan, dengan rata-rata efisiensi *Pout/Pmax* mencapai 98.53% dibandingkan dengan P&O dengan efisiensi 97.58% (Azad, Sadhu and Das, 2020).

Dari hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa implmentasi metode monitoring *Maximum Power Point* (MPP) dengan *algoritma* *Perturb & Observe* (P&O) dapat menghasilkan efisiensi yang baik namun, tidak maksimal dikarenakan osilasi yang dihasilkan pada proses *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). Seperti yang telah dijelaskan oleh Kamran, dkk pada publikasi berjudul “*Implementation of Improved Perturb & Observe MPPT Technique with Cofined Search Space for Standalone Photovoltaic System*”. Pada publikasi tersebut, disebutkan bahwa algoritma *Perturb & Observe* (P&O) konvensional akan menghasilkan osilasi pada kondisi *steady state* dan masalah pada kecepatan respon (*response time*), ketika gangguan (*pertubation*) semakin besar. Oleh karena itu Kamran, dkk mengusulkan metode optimisasi (*improvement*) untuk mereduksi masalah tersebut. Dengan cara, menambahkan dua buah sensor tambahan pada *photovoltaic* (PV) berupa *Light Dependent Resistor* (LDR) pada sisi timur (*east*) dan barat (*west*). Cara kerja sistem tersebut yaitu, ketika radiasi cahaya pada kedua sensor sama. Maka, resistansi juga akan sama (RE *=* RW) maka panel surya akan tetap berada pada posisinya. Sedangkan, jika intensitas LDRE lebih besar dibandingkan LDRW maka, menghasilkan VE > VW; *photovoltaic* (PV) akan bergerak ke timur. Hasilnya

Pada tahun 2022 Salah, dkk, melakukan implementasi algoritma *Incremental Conductance* (INC), *Perturb & Observe* (P&O), dan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) pada penelitian mereka yang berjudul “*Hardware Implementation of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Systems: A Comparative Study*”. Pada penelitian ini Zahra, dkk, melakukan percobaan dengan merancang desain dan implementasi ketiga algoritma tersebut pada perangkat keras *Field Programmable Gate Array* (FPGA) *Zed-Board Zynq-7000*. Setelah dilakukan uji coba. Hasilnya, algoritma *Incremental Conductance* (INC) *fixed step* memiliki efisiensi *tracking* sebesar 99,18% dan *Fuzzy Logic* *Controller* (FLC)sebesar 99,89%. Jika dilihat dari sisi efisiensi memang lebih unggul. Namun, *Fuzzy Logic Controller* (FLC) memiliki kelemahan dengan pemanfaatan sumber daya (*resource*) yang cukup banyak sebesar 10% LUT (*Lookup Table*), 5.94% FF (*Flip Flop*), dan 21.36% DSP (*Digital Signal Processor*). Sedangkan jika dibandingkan dengan *Incremental Conductance* (INC) pemanfaatan sumber daya (*resource*) sebesar 2.14% LUT (*Lookup Table*), 2.25% FF (*Flip Flop*), dan 0.91% DSP (*Digital Signal Processor*) (Salah *et al.*, 2022).

1. Dasar Teori

### Tissue Processing

Alat Automatic Tissue Processor digunakan untuk mengolah jaringan dalam kegiatan Histoteknik (proses pembuatan sajian histologi) yang sudah dipotong dan melewati beberapa tahap proses kimia, yaitu proses Fiksasi (Fixation), Pemeriksaan Kotor (Gross Examination), dan Pengolahan Jaringan (Tissue Processing). Tujuan dari pengolahan jaringan atau Tissue Processor adalah untuk mengolah jaringan agar proses mikrotom dapat dilakukan dengan sempurna. Tissue Processor terdiri dari beberapa tahap, yaitu Dehidrasi, Clearing, dan Infiltrasi Paraffin. (histoteknik dasar.2009)

Tahap pertama dari pengolahan jaringan adalah tahap dehidrasi yang bertujuan untuk menghilangkan atau menarik air dari jaringan dengan merendamnya dalam alkohol dari konsentrasi terendah hingga konsentrasi tertinggi. Karena alkohol tidak bisa berikatan dengan paraffin, maka dilakukan tahap Clearing untuk menarik keluar kadar alkohol yang masih berada dalam jaringan menggunakan cairan xylol. Tahap terakhir dari pengolahan jaringan adalah Infiltrasi paraffin yang merupakan tahap untuk mengisi pori-pori atau rongga pada jaringan dengan cairan paraffin. (Rica Vera BR Tarigan. 2012)

### *Pemanas*

### *Sensor Panas (Dallas DS1820)*

Sensor DS1820 dapat memberikan pembacaan suhu dalam bentuk sembilan bit (biner) dan dapat berkomunikasi dengan chip tunggal menggunakan protokol komunikasi DS1802. Setiap DS1802 memiliki nomor urutan yang spesifik, Beberapa DS1820 dapat bekerja pada bus yang sama tanpa khawatir kekurangan bus. Pin dari DS1820 ditunjukkan pada Gambar 3:

Diagram, schematic

Description automatically generated

Rentang pengukuran dari DSl820 adalah dari -55℃ hingga 125℃. Dua nilai suhu delapan bit disimpan. DS1820 memiliki dua mode pasokan daya: mode pasokan daya bus data dan mode pasokan daya eksternal. Mode pertama menggunakan kawat yang lebih sedikit tetapi kurang efisien. Yang terakhir menggunakan satu kawat tetapi lebih cepat. Spesifikasi antarmuka DS1820: pin satu adalah ground; pin dua menghubungkan single chip P2 untuk transmisi data; pin tiga menghubungkan VCC. DS1820 menyimpan nilai suhu sembilan bit. Bit tertinggi adalah bit simbol. Penyimpanan suhu dari DS1820 ditunjukkan di Tabel 3. Ketika suhu negatif, S=1, sedangkan ketika suhu positif, S=0. Misalnya: 00AAH menunjukkan +85℃, 0032H adalah 25℃ dan FF92H adalah -55℃.

### STM32G

### LQR

1. Hipotesis

# BAB III

METODE PROYEK AKHIR

1. Bahan
2. Peralatan
3. Tahapan Proyek Akhir
4. Rancangan Alat/Purwarupa dan Analisis Data

# BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

# BAB V

PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang telah dilaksanakan mulai dari tahapan perancangan sistem sampai dengan tahapan implementasi dan uji coba, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Xxx
2. Xxx
3. Xxx
4. Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan, masih banyak hal yang perlu diperbaiki dan dimaksimalkan pada penelitian berikutnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Xxx
2. Xxx
3. Xxx

# DAFTAR PUSTAKA (HARVARD)

Azad, M., Sadhu, P. and Das, S. (2020) ‘Comparative Study Between P&O and Incremental Conduction MPPT Techniques-A Review’, *International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)* [Preprint]. Available at: https://doi.org/978-1-7281-4097-1.

Bhattacharyya, S. *et al.* (2021) ‘Steady Output and Fast Tracking MPPT (SOFT-MPPT) for P&O and InC Algorithms’, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, pp. 293–302.

Guerrero, E.O. *et al.* (2020) ‘FPGA‐based active disturbance rejection control and maximum power point tracking for a photovoltaic system’, *Wiley Online LibrarySign in*, 30(7). Available at: https://doi.org/10.1002/2050-7038.12398.

Hebchi, M., Kouzou, A. and Choucha, A. (2021) ‘Improved Incremental conductance algorithm for MPPT in Photovoltaic System’, *2021 18th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)* [Preprint].

‘histoteknikdasar.2009’ (no date).

Jha, K. and Dahiya, R. (2020) ‘Comparative Study of Perturb & Observe (P&O) and Incremental Conductance (IC) MPPT Technique of PV System’, *Numerical Optimization in Engineering and Sciences*, pp. 191–199.

*Laporan Praktikum Tissue Processing (Pemprosesan Jaringan)* (no date).

Motahhir, S., El Hammoumi, A. and El Ghzizal, A. (2020) ‘The most used MPPT algorithms: Review and the suitable low-cost embedded board for each algorithm’, *Journal of Cleaner Production*, p. 118983.

Mustafic, D. *et al.* (2020) ‘Implementation of Incremental Conductance MPPT Algorithm in Real Time in Matlab/Simulink Environment with Humusoft MF634 Board’, *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)* [Preprint].

Salah, Z.B.H. *et al.* (2022) ‘Hardware Implementation of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Systems: A comparative study’, *2022 IEEE 9th International Conference on Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications, SETIT 2022*, (Ic), pp. 516–522. Available at: https://doi.org/10.1109/SETIT54465.2022.9875805.

# DAFTAR LAMPIRAN