

## PERANCANGAN SISTEM MONITORING PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PIKOHIDRO DAN PLTS BERBASIS SCADA DI PENDOPO LATAR SENI WINARTO EKRAM NGGOPET KOTA BATU

<sup>1</sup>I Nengah Dwiangga Dharmawan, <sup>2</sup>Widodo Pudji Muljanto, <sup>3</sup>Eko Nurcahyo  
Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang Indonesia

[1dharmawanangga07@gmail.com](mailto:dharmawanangga07@gmail.com), [2widodo\\_pm@lecturer.itn.ac.id](mailto:widodo_pm@lecturer.itn.ac.id), [3ekonur@lecturer.itn.ac.id](mailto:ekonur@lecturer.itn.ac.id)

**Abstrak**— Renewable Energy atau Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang berasal dari alam, diantaranya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTA merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial air yang bertujuan untuk merubah menjadi energi kinetik kemudian dikonversi menjadi energi listrik dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik. Pada penelitian ini akan merancang sistem monitoring berbasis SCADA pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro dan PLTS di Latar Seni Winarto Ekram Nggopet, Desa Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu. Perancangan konfigurasi sistem monitoring berbasis SCADA ini disesuaikan untuk mengumpulkan informasi parameter – parameter yang akan diketahui secara jarak jauh seperti parameter tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan putaran generator (RPM). Pada penelitian ini melakukan rancangan software SCADA Haiwell dengan sistem SCADA monitoring secara online menggunakan protokol Modbus TCP/IP dengan Serial RS485 dan rancangan hardware berupa sensor Modul PZEM 017 (DC), Thera TEM025D (AC), PLC Outseal – sensor proximity serta Cbox Haiwell. Dengan adanya penelitian ini atau rancang bangun untuk monitoring secara berkala dan sangat diperlukan untuk mengetahui produksi dari Pikohidro, PLTS, Baterai, serta Inverter dari waktu ke waktu dengan memberikan informasi secara real – time (24 jam), akurat, jarak jauh dan spesifik. Adapun metode pengambilan data dengan skala pedetik, permenit, dan perjam. Sistem monitoring berbasis SCADA ini memudahkan peneliti memantau produksi dari Sistem Pembangkit Listrik Tenaga hybrid Pikohidro – PLTS secara real – time dan remote jarak jauh.

**Kata Kunci:** Scada Haiwell, Cbox Haiwell, PLC Outseal, Sensor Proximity, PZEM 017, Thera TEM025D, sistem monitoring

### I. PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Judul penelitian ini diturunkan dari topik capstone desain “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dan PLTS secara *hybrid* untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sebuah rumah sederhana di Desa Pendem Kec. Junrejo, Kota Batu”

Saat ini, masih banyak wilayah yang mungkin dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air yang belum tersentuh salah satunya di Desa Pendem ini. Daerah ini memiliki ketinggian yang sangat rendah di bawah 2,5 m. Pemanfaatan wilayah-wilayah ini untuk menghasilkan listrik dapat membantu memenuhi meningkatnya minat terhadap energi terbarukan [1].

Seperti diketahui bersama bahwa Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang berasal dari alam, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTA merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial air yang dikonversi menjadi energi listrik dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik [2], [3]. Kapasitas PLTA dengan daya di bawah 5kW dikategorikan sebagai Pikohidro. Turbin dan generator sangat mempengaruhi efisiensi konversi energi sumber daya air menjadi sumber daya listrik dengan menggunakan pikohidro pembangkit listrik dengan model pikohidro yang saat ini mulai dikembangkan merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran skala kecil [4]. Pembangkit listrik ini menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya, seperti saluran irigasi sawah, sungai di sekitar rumah, atau air terjun alami dengan memanfaatkan ketinggian air terjun (*head*), dan besarnya debit air [5].

Namun untuk memenuhi energi yang dibutuhkan pada sebuah rumah sederhana tersebut maka dari itu digunakan sistem *hybrid* yang merupakan Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan konsep menggabungkan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada [6].

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini akan merancang sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh) yang akan di *hybrid* menggunakan PLTS dengan memanfaatkan aliran air sungai dan sinar matahari yang ada di lingkungan sekitar, yang nantinya akan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari bangunan Latar Seni Winarto Ekram Nggopet di Desa Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu.

Untuk mengetahui dan mempermudah pemantauan (monitoring) kinerja keluaran energi listrik yang dihasilkan dari kedua pembangkit secara optimal selama 24 jam (real time) dan jarak jauh baik pada musim kemarau maupun musim penghujan maka dari itu ditambahkan sistem SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Pada penelitian ini melakukan desain dan perancangan hardware maupun software sistem SCADA untuk monitoring secara real time pada kedua pembangkit, baik pada Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter dengan sistem perangkat lunak *SCADA Haiwell*. Perancangan konfigurasi sistem SCADA disesuaikan untuk mengumpulkan informasi parameter – parameter yang akan diketahui secara jarak jauh seperti parameter tegangan, arus, daya, frekuensi, dan energi (kWh), dll.

Penelitian atau pengembangan ini bertujuan untuk menyediakan sistem pemantauan yang berkelanjutan, yang sangat penting untuk memantau produksi dari Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter dari waktu ke waktu. Sistem ini memberikan informasi secara real-time, akurat, dan dapat diakses dari jarak jauh dengan detail yang spesifik. Metode pengambilan data dilakukan dalam interval detik, menit, dan jam. Dengan menggunakan sistem monitoring berbasis SCADA, peneliti dapat memantau produksi dari sistem pembangkit listrik tenaga hibrida Pikohidro-PLTS secara real-time dan dari jarak jauh.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang ditemui beberapa permasalahan dari aspek sistem kendali antara lain :

- 1) Bagaimana merancang sistem monitoring jarak jauh dan secara real time menggunakan sistem SCADA.
- 2) Bagaimana cara monitoring berbasis SCADA pada Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Hybrid Pikohidro – PLTS.
- 3) Bagaimana menentukan sensor – sensor yang diperlukan untuk sistem monitoring SCADA.

### C. Tujuan

Dari penjelasan rumusan masalah sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

- 1) Merealisasikan sistem monitoring SCADA jarak jauh selama 24 jam (real time) pada pembangkit hybrid Pikohidro – PLTS.
- 2) Dapat dilakukan monitoring atau pemantauan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro – PLTS selama 24 jam (real time) dan jarak jauh dengan metode yang berbeda.
- 3) Merancang sistem monitoring SCADA dengan sensor - sensor yang compatible pada masing – masing kinerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro – PLTS.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

SCADA merupakan sistem yang dirancang untuk mengelola dan memantau proses industri secara terpusat. SCADA terdiri dari berbagai elemen, termasuk komponen perangkat keras dan perangkat lunak [7]. Perangkat keras mencakup unit kontrol yang menghubungkan perangkat fisik seperti sensor dan aktuator dengan sistem SCADA, sementara perangkat lunak SCADA menawarkan antarmuka pengguna untuk pemantauan dan pengendalian proses industri secara real-time.

Adapun komponen utama pada SCADA meliputi:

- 1) Sensor dan Aktuator:
  - Sensor mengukur parameter fisik seperti suhu, tekanan, aliran, dan level. Mereka mengumpulkan data dari proses atau sistem.
  - Aktuator adalah perangkat yang menerima sinyal dari sistem SCADA dan melakukan tindakan seperti membuka atau menutup katup, mengatur kecepatan motor, atau mengubah setelan lainnya.
- 2) RTU (Remote Terminal Unit):
  - RTU adalah perangkat yang mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkan data tersebut ke sistem SCADA pusat. RTU juga dapat menerima perintah dari sistem SCADA untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.
- 3) PLC (Programmable Logic Controller):
  - PLC adalah perangkat yang sering digunakan untuk kontrol dan otomatisasi proses industri. PLC mengumpulkan data dari input, memprosesnya berdasarkan program yang telah diprogram, dan mengendalikan output. PLC dapat terhubung ke sistem SCADA untuk memberikan data dan menerima perintah.
- 4) Komunikasi dan Jaringan:
  - Sistem SCADA membutuhkan infrastruktur komunikasi untuk mentransfer data antara berbagai komponen. Ini mencakup jaringan LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network), dan protokol komunikasi seperti

Modbus, Profibus, OPC (OLE for Process Control), atau MQTT.

- 5) HMI (Human-Machine Interface):
  - HMI adalah antarmuka pengguna yang memungkinkan operator atau pengguna sistem untuk memantau status proses, melihat data real-time, dan memberikan perintah atau kontrol. HMI biasanya berupa perangkat lunak yang berjalan di komputer atau perangkat khusus.
- 6) SCADA Server:
  - SCADA server adalah pusat pengolahan data di mana data yang dikumpulkan dari RTU, PLC, dan sensor disimpan dan diproses. Server ini juga menjalankan perangkat lunak SCADA yang mengelola dan memvisualisasikan data, serta mengatur kontrol.
- 7) Basis Data Historis:
  - Komponen ini menyimpan data historis dari proses untuk analisis dan pelaporan jangka panjang. Data historis memungkinkan pengguna untuk melihat tren, melakukan analisis, dan membuat keputusan berbasis data.
- 8) Perangkat Lunak SCADA:
  - Perangkat lunak SCADA mengintegrasikan semua komponen dan memungkinkan pemantauan, kontrol, dan analisis data. Ini mencakup fungsi-fungsi seperti grafik visualisasi, pelaporan, alarm, dan logika kontrol.
- 9) Alarm dan Notifikasi:
  - Sistem SCADA dilengkapi dengan fitur alarm dan notifikasi untuk memberi tahu operator tentang kondisi abnormal atau kesalahan dalam proses. Ini membantu dalam respons cepat terhadap masalah dan menjaga proses tetap berjalan dengan lancar.
- 10) Keamanan:
  - Keamanan adalah aspek penting dalam sistem SCADA untuk melindungi data dan kontrol sistem dari akses yang tidak sah dan potensi ancaman siber. Ini melibatkan pengaturan hak akses, enkripsi data, dan audit keamanan.

## B. Haiwell SCADA

Haiwell SCADA adalah kerangka NET atau perangkat lunak yang digunakan untuk otomatisasi industri, pemantauan, dan manajemen. Dikembangkan oleh Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd., SCADA ini berfungsi sebagai sistem kendali industri berbasis komputer yang digunakan untuk memantau dan mengontrol sistem [8]. Haiwell SCADA adalah solusi perangkat lunak yang dirancang untuk pemantauan dan kontrol proses industri. Haiwell, sebagai produsen teknologi otomasi industri, menawarkan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas

operasi industri. Haiwell SCADA menawarkan solusi yang komprehensif untuk memantau, mengontrol, dan menganalisis proses industri. Dengan fitur visualisasi real-time, pengumpulan data, kontrol proses, dan analisis data, sistem ini membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional. Selain itu, integrasi yang baik dengan berbagai perangkat dan perhatian terhadap aspek keamanan membuatnya menjadi alat yang berharga dalam otomasi industri.

## C. Cloud Box Haiwell

Cloud Box adalah perangkat Internet of Things (IoT) yang juga dikenal sebagai "Haiwell Cloud HMI tanpa layar". Perangkat ini dapat dengan mudah dikelola melalui aplikasi dan situs web cloud. Cloud Box digunakan sebagai alat pemantauan dan manajemen otomasi industri yang beroperasi dengan menggunakan perangkat lunak sistem tertanam di Haiwell SCADA [9]. Cloud Box Haiwell memiliki berbagai port komunikasi, termasuk RS232, RS485, Ethernet, USB, dan port GPIO. Dengan port-port ini, Cloud Box Haiwell dapat terhubung dengan berbagai peralatan seperti sensor, pemancar, dan perangkat kontrol lainnya. Selain itu, Cloud Box Haiwell juga dilengkapi dengan fitur pemantauan jaringan, manajemen pengguna, dan keamanan data, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengelola sistem secara efisien dan aman.

## D. Protokol Modbus

Modbus adalah protokol yang sering digunakan untuk menghubungkan komputer pengawasan dengan unit terminal remote (RTU) dalam sistem pengawasan dan akuisisi data (SCADA). Protokol Modbus memiliki beberapa versi, termasuk Modbus RTU dan Modbus ASCII untuk komunikasi melalui jalur serial, serta Modbus TCP untuk komunikasi melalui Ethernet. Penggunaan Modbus secara luas sebagai protokol komunikasi memiliki beberapa alasan utama:

- 1) Open Protocol dan Bebas Royalti: Modbus diterbitkan sebagai protokol terbuka yang tidak memerlukan pembayaran royalti. Hal ini memudahkan integrasi dan penggunaan di berbagai industri.
- 2) Kemudahan Integrasi: Modbus relatif mudah digabungkan dengan jaringan industri yang ada. Ini memungkinkan perangkat dari berbagai vendor dan merek untuk berkomunikasi tanpa hambatan.
- 3) Transfer Data Tanpa Batasan: Modbus memungkinkan transfer data dalam bentuk raw bits atau words, tanpa membatasi jenis perangkat industri yang digunakan. Ini mempermudah pertukaran informasi antara perangkat yang terhubung.

Dengan Modbus, komunikasi dua arah dapat terjadi antara perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama. Misalnya, suatu sistem yang mengukur suhu dan kelembaban dapat mengirim hasil pengukuran ke komputer (HMI) melalui Modbus. Selain itu, Modbus juga sering digunakan

untuk menghubungkan komputer pengawasan dengan unit terminal remote (RTU) dalam sistem pengendalian supervisory dan akuisisi data (SCADA) [10].

#### E. Komunikasi Rs-485

Komunikasi RS485 yaitu Sistem komunikasi menggunakan RS485 memungkinkan pertukaran data antara 32 unit peralatan elektronik hanya melalui dua kabel. Selain itu, jarak komunikasi dapat mencapai 1,6 km dengan menggunakan kabel AWG-24 twisted pair.

Dalam mode transmisi RS-485, komunikasi dilakukan menggunakan metode transmisi diferensial seimbang, di mana terdapat dua sinyal, yaitu A dan B, yang memiliki tegangan yang berbeda. Ketika sinyal rendah (low), jalur A berfungsi sebagai referensi terhadap jalur B. Sebelum perangkat, seperti sensor atau kontrol, mengirimkan data, perangkat harus memeriksa apakah jalur yang akan digunakan sedang sibuk dengan lalu lintas data. Jika jalur tersebut sedang digunakan, perangkat harus menunggu sampai jalur tersebut bebas atau tidak ada aktivitas pengiriman data.

Dalam pengiriman data, proses dimulai dengan menyertakan Slave ID sebelum data itu sendiri dikirimkan. Peralatan lain akan menolak atau mengabaikan data jika Slave ID yang tertera tidak cocok dengan ID mereka. Sebaliknya, jika Slave ID yang dikirim sesuai dengan ID peralatan yang dituju, maka data tersebut akan diterima dan diproses lebih lanjut [11].

#### F. Modul PZEM 017 DC

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300VDC dan arus dengan rentang pemasangan shunt eksternal dari 50A hingga 300A. Modul ini diproduksi oleh Peacefair, merek asal China yang terkenal dengan kualitas produknya yang terjangkau. PZEM-017 memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi [12]. Semua seri PZEM Energy Meters dilengkapi dengan antarmuka komunikasi RS485 yang menggunakan protocol Modbus-RTU, mirip dengan banyak perangkat industry.

#### G. Resistor Shunt

Resistor shunt merupakan perangkat listrik yang menghasilkan jalur resistansi rendah untuk arus listrik. Shunt juga dapat disebut sebagai shunt ammeter atau resistor shunt arus, biasanya digunakan untuk pengukuran arus tinggi dengan resistansi rendah [12].

#### H. XL4015E Converter DC to DC Step Down

Modul ini menggunakan komponen switching utama XL4015, yang merupakan regulator switching dengan output yang dapat diatur. Modul ini memungkinkan pengguna untuk menurunkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih rendah. Kelebihan modul ini adalah ukuran filter yang lebih kecil dibandingkan dengan regulator switching boost yang populer. Pada tegangan input yang lebih tinggi, regulator beroperasi pada frekuensi switching 180 kHz,

sehingga memungkinkan ukuran papan keseluruhan menjadi lebih kecil dan hemat ruang [13].

#### I. PLC Outseal Mega V.2 Slim

PLC Outseal merupakan merek teknologi otomasi buatan dalam negeri. PLC Outseal dirancang dengan konsep serupa dengan Arduino dan memerlukan pemrograman awal menggunakan diagram tangga (ladder diagram). Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat ladder diagram PLC Outseal adalah Outseal Studio. Dengan modbus RTU Serial RS485, PLC Outseal Mega V.2 Slim dapat berperan sebagai master ataupun slave. Sebagai master maka PLC Outseal mega V.2 Slim dapat mengontrol perangkat lain yang berperan sebagai slave, begitupun sebaliknya jika PLC Outseal Mega V.2 Slim berperan sebagai slave maka dapat dikontrol oleh perangkat master. PLC Outseal Mega V.2 Slim yang berperan sebagai slave dapat berkomunikasi menggunakan modul bluetooth, modul wifi, dan USB [14].

#### J. Thera TEM025D kWh AC Digital

THERA TEM025D adalah alat pengukuran yang memiliki fungsi utama serupa dengan kWh meter analog. Fungsinya adalah mengukur jumlah pemakaian energi atau daya dalam satuan waktu. Namun, berbeda dengan kWh meter analog yang bekerja berdasarkan induksi, kWh meter digital menggunakan program yang dirancang pada mikroprosesor yang terdapat di dalamnya [15]. Secara prinsip, kWh meter digital mengkonversi sinyal analog tegangan dan arus yang terukur menjadi sinyal digital atau diskrit dengan mengambil sampel nilai secara periodik pada setiap periode sampling  $T_s$ .

#### K. Sensor Proximity

Sensor proximity induktif dimana sensor ini berfungsi untuk mengukur kecepatan tanpa melakukan kontak langsung dengan benda. Sensor induktif menggunakan coil (induktor) untuk menghasilkan medan magnet frekuensi tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 2. 12 jika ada benda logam di dekat medan magnet yang berubah, arus akan mengalir dalam objek [16].

Karakteristik dari sensor proximity yaitu mendeteksi objek benda pada jarak yang cukup dekat. Sensor proximity memiliki tegangan kerja berkisar antara 10 - 30 Volt DC dan pada tegangan 100 - 200 Volt AC. Pergeseran atau perubahan jarak pada benda dari sensor *proximity* maka sensor akan bekerja mengirimkan sinyal yang dihubungkan dengan berbagai sistem otomatis. Sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi atau mengetahui keberadaan suatu objek benda dan bukan untuk melakukan pengukuran atau sejenisnyanya.

Berdasarkan cara penyambung kabel, terdiri dari dua macam sensor proximity, yaitu dengan cara PNP dan dengan cara NPN. Sensor proximity mempunyai tiga koneksi keluar. Suplai DC diberikan ke sensor melalui kontak P dan N. Pada jenis PNP, kontak yang ketiga yaitu kontak P yang akan terbuka atau tertutup jika sensor mendeteksi suatu objek benda. Sedangkan pada jenis NPN, kontak yang

satunya yaitu kontak N yang akan terbuka atau tertutup jika sensor mendeteksi suatu objek benda [17].

L. Step Up Boost Converter

Step Up Boost Converter 150W adalah modul konverter DC-DC yang dapat mengubah tegangan dari 10V hingga 32V menjadi 12V hingga 35V. Modul ini digunakan untuk mengubah tegangan rendah (misalnya dari baterai atau sumber daya 12 V) menjadi tegangan yang lebih tinggi (hingga 35 V) [18].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Latar Seni Winarto Ekram Nggopet di Desa Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu dengan titik koordinat -7,9031, 112,578. Untuk perancangan dan perakitan alat yang dibuat berada di Laboratorium Konversi Energi Elektrik (KEE) Gedung Kuliah 2 Teknik Elektro S1.

B. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, digunakan berbagai alat dan bahan yang terdiri dari komponen analog, komponen digital, sistem unit utama, dan perangkat lunak. Berikut adalah beberapa alat dan bahan yang diperlukan :

Tabel 1 Alat dan Bahan

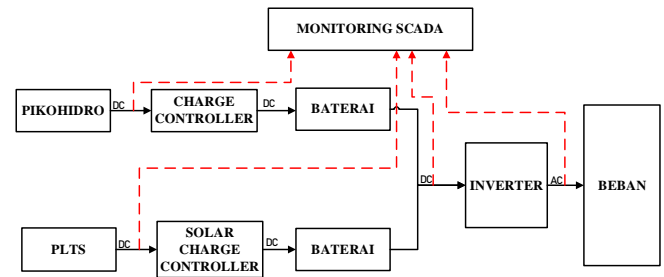
No	Nama Perangkat	Jumlah
1	C-BOX Haiwell	1
2	Sensor PZEM 017 DC	3
3	THERA TEM025-D	1
4	Sensor Proximity LJ12A3-4Z/BY PNP NO	1
5	PLC Outseal Mega V.2 Slim	1
6	XL4015E DC to DC Step Down	1
7	Resistor Shunt 50 A	2
8	Resistor Shunt 300 A	1
9	Step Up Boost Converter 10 - 35 V	1

C. Rancangan Penelitian

Penjelasan sistem pada penelitian ini yaitu membahas tentang “Perancangan sistem monitoring pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PikoHidro dan PLTS berbasis SCADA”. Dimana pada perancangan sistem SCADA ini bertujuan untuk monitoring secara jarak jauh dan secara real time 24 jam baik pada keluaran masing – masing pembangkit, baterai, dan inverter berupa variabel tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan rpm generator agar membantu pihak pemilik pendopo seni dalam memonitoring supaya tetap terjaga pada range parameter yang sesuai pada levelnya.

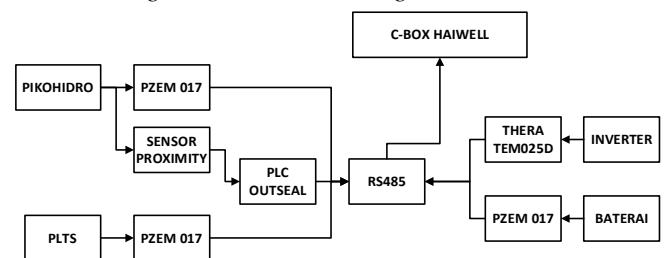
Dengan menggunakan sensor – sensor yang kompetibel serta power meter digital sebagai alat pembacaan terhadap kondisi yang terjadi di lapangan, hasil dari pembacaan sensor – sensor tersebut akan di monitoring berbasis SCADA menggunakan software SCADA Haiwell dengan hardware CBOX Haiwell yang akan ditampilkan di display SCADA Haiwell secara online atau real time.

D. Perancangan Model Sistem Keseluruhan



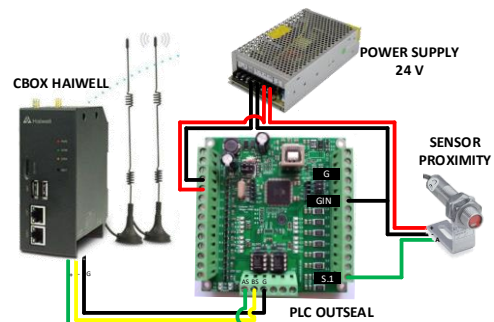
Gambar 1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

E. Blok Diagram Sistem Monitoring SCADA



Gambar 2 Blok Diagram Sistem Monitoring SCADA

F. Perancangan Perangkat Keras Sensor Proximity Dengan PLC Outseal

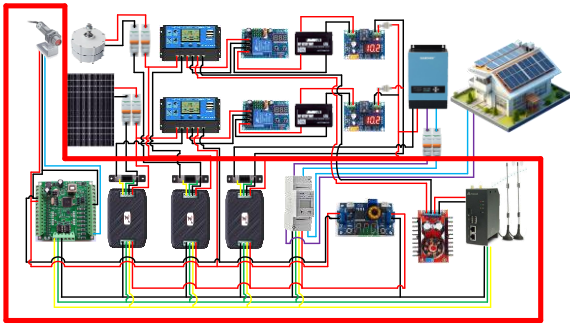


Gambar 3 Perancangan Pembacaan RPM

Perancangan perangkat keras sensor proximity LJ12A3-4Z/BY dengan tipe PNP NO dengan PLC Outseal Mega V.2 Slim yaitu untuk membaca *Revolutions Per Minute* (RPM) pada generator yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro. Prinsip kerja dari pembacaan sensor proximity yang akan dikonversi menjadi RPM yaitu pertama dengan mendapatkan jumlah masukan sinyal pulse pada *Revolutions Per Second* (RPS) Ketika sensor proximity aktif, kemudian jumlah pulse yang didapatkan pada RPS dirubah menjadi RPM dengan dikali 60. Fungsi dari PLC Outseal Mega V.2 Slim yaitu untuk mengkalibrasi input pembacaan dari sensor proximity dan agar untuk berkomunikasi secara

modbus yang akan dimonitoring dengan software SCADA Haiwell.

### G. Perancangan Keseluruhan Sistem Perangkat Keras



Gambar 4 Perancangan Keseluruhan Sistem Perangkat Keras

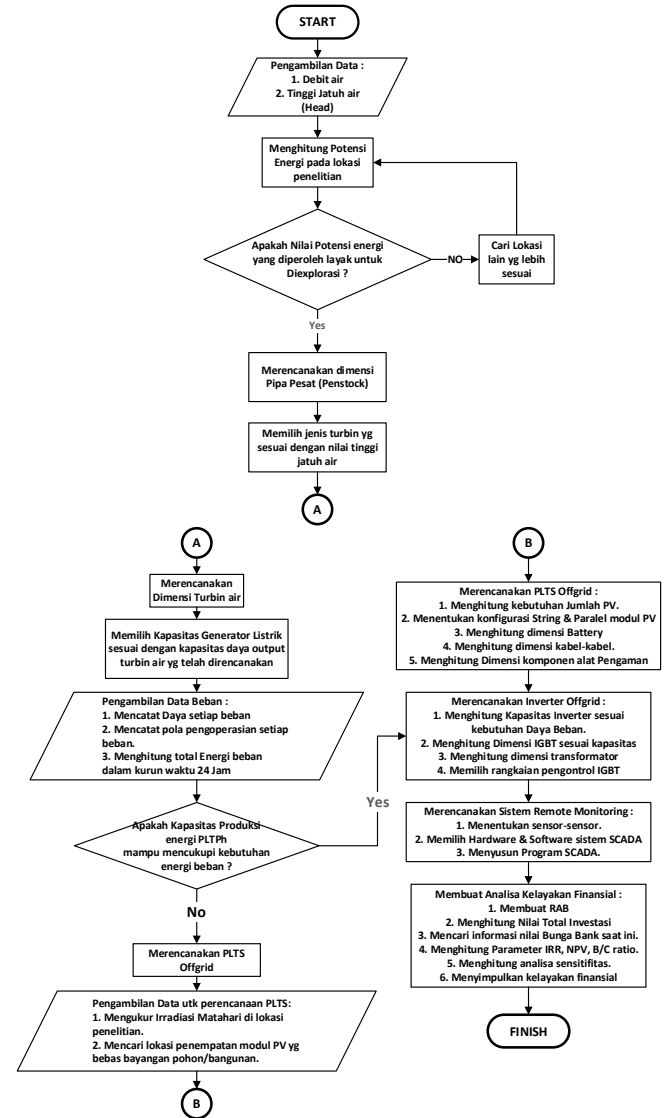
Komponen – komponen perancangan sistem monitoring SCADA menggunakan 3 buah PZEM 017 DC, 1 buah kWh meter digital AC Thera TEM025D, PLC Outseal – sensor proximity, dan CBOX Haiwell. Sensor PZEM 017 DC sebagai slave yang berfungsi untuk mengukur dan membaca variabel tegangan, arus, daya dan energi pada keluaran PLTS, generator DC pada Pikohidro, dan pada baterai. Kemudian sensor proximity – plc outseal sebagai slave yang berfungsi untuk membaca putaran RPM generator DC pada pembangkit pikohidro. kWh meter digital AC THERA TEM025D sebagai slave yang berfungsi untuk mengukur dan membaca keluaran dari inverter yaitu variabel tegangan, arus, daya, energi, dan frekuensi. Kemudian CBOX Haiwell berfungsi untuk sebagai master, yang dimana CBOX ini akan mengirimkan data ke cloud dengan parameter - parameter yang telah dibaca oleh slave atau sensor - sensor yang telah dirancang dengan menggunakan komunikasi modbus RS485 secara serial.

### H. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak untuk monitoring ini menggunakan Scada Haiwell dimana terdiri dari dua bagian yaitu Software Haiwell Cloud Scada Designer sebagai mengolah hasil data pengukuran pada setiap sensor – sensor yang digunakan serta membuat dan menampilkan sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro – PLTS baik pada keluaran Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter dengan parameter yang ditampilkan yaitu tegangan, arus, daya, total pemakaian energi (kWh), serta rpm generator. Kemudian untuk Software Haiwell Cloud HMI Manager berfungsi untuk mengirimkan hasil data pengukuran ke cloud agar dapat dimonitoring secara jarak jauh maupun local.

Alat ukur PZEM 017 DC, PLC Outseal, dan Thera TEM025D mendukung standar komunikasi Modbus RS485. Untuk komunikasi Modbus RS485 memerlukan perintah Register Address sesuai dengan data sheet masing – masing sensor sehingga memastikan pengiriman dan penerimaan data yang diterima oleh Scada Haiwell kompatibel dengan aslinya.

### I. Flowchart Sistem Keseluruhan Pembangkit Hybrid Pikohidro - PLTS

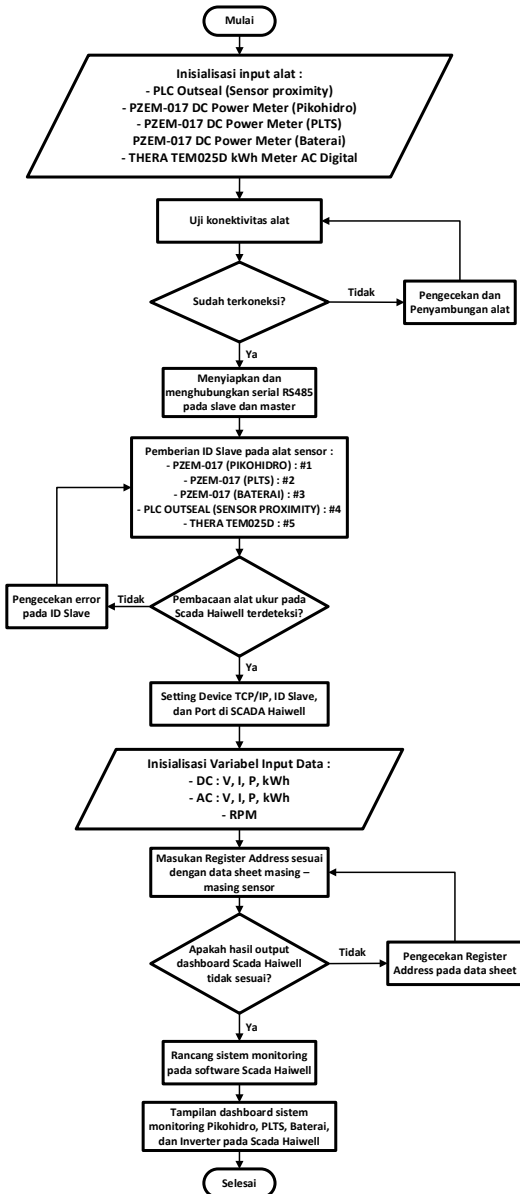


Gambar 5 Flowchart Capstone Desain

Pada Flowchart sistem keseluruhan ini, untuk topic penelitian sistem monitoring berbasis Scada ini, dimana perencanaan sistem remote monitoring tentu terdiri beberapa langkah, diantaranya :

- Menentukan sensor-sensor: Menentukan sensor-sensor yang dibutuhkan untuk memantau kinerja Pikohidro dan PLTS.
- Memilih hardware dan software untuk sistem SCADA yang akan digunakan

J. Flowchart Sistem Monitoring SCADA

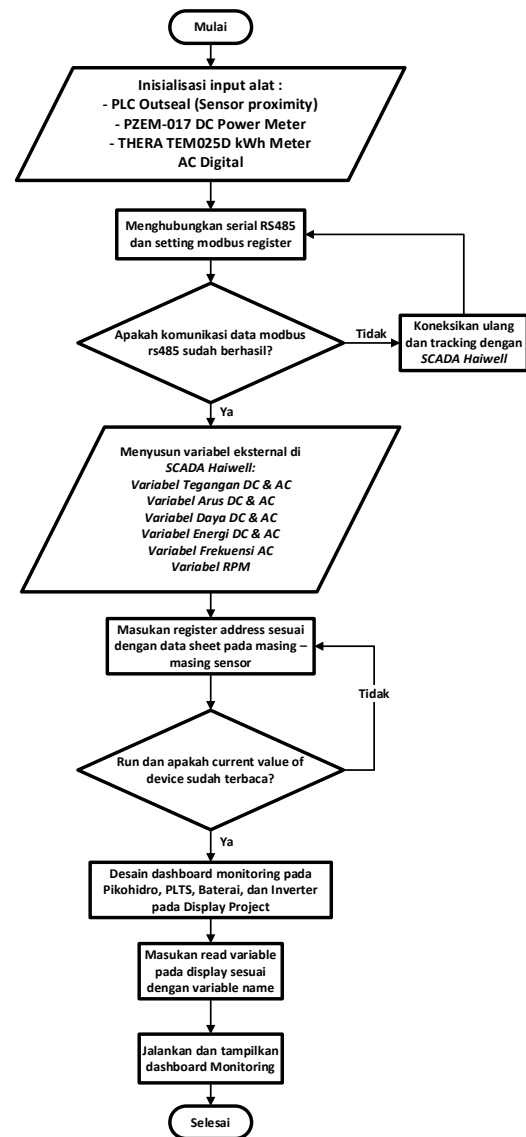


Gambar 6 Flowchart Sistem Monitoring SCADA

Diagram alur gambar diatas menggambarkan urutan sistem monitoring mulai dari menyiapkan dan inialisasi alat atau hardware (PLC Outseal - Sensor Proximity, PZEM-017, dan THERA TEM025D) dan software (Scada Haiwell). Melakukan instalasi alat dan menguji konektivitas. Jika ada kegagalan konektivitas, memeriksa apakah alat terpasang dengan benar. Setelah berhasil menguji konektivitas, menyiapkan titik akses serial RS485 untuk menghubungkan alat dengan Scada Haiwell. Kemudian Memberikan ID Slave yang berbeda pada setiap alat. Hal ini penting agar komunikasi dari alat ukur ke Scada Haiwell berjalan lancar dan tidak terjadi kesalahan saat transmisi data. Setelah itu, membuka software Scada Haiwell, hal pertama yang dilakukan yaitu men-setting Device TCP/IP, ID Slave, IP Address dan Port kemudian menyesuaikan dengan alat agar terhubung dan transmisi data bisa dilakukan. Hal yang paling

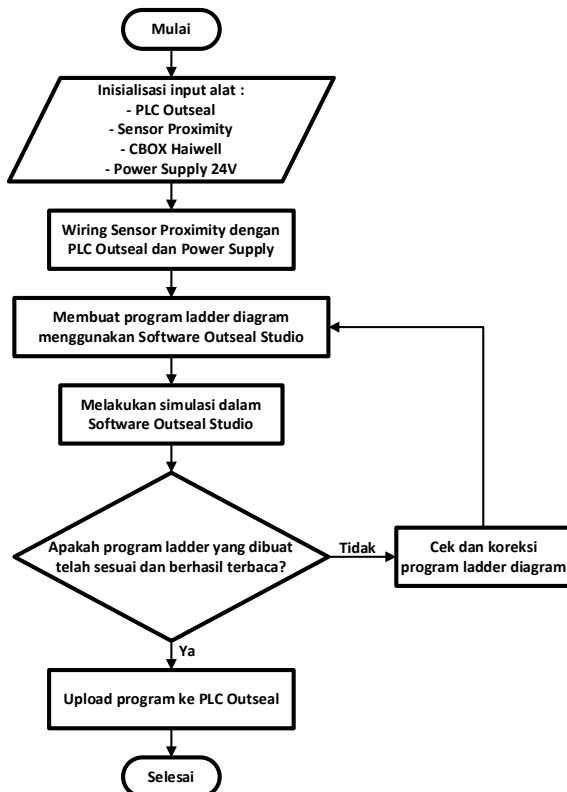
penting pada Scada Haiwell yaitu inialisasi Variable Input Data eksternal bertujuan mensukseskan penerimaan data sesuai hasil pengukuran dan pembacaan yang di kirimkan dari alat ukur dengan input data pada Gambar 3.5 flowchart sistem. Setelah inialisasi variabel berhasil, lalu perancangan sistem monitoring dan pemrograman pada software Scada Haiwell untuk menampilkan hasil pengukuran pada Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter yang dikeluarkan alat ukur PZEM-017, THERA TEM025D, dan PLC Outseal – sensor proximity untuk membaca RPM yang dilengkapi Protokol Modbus dan serial komunikasi RS-485 melalui tampilan dashboard dan grafik pada Scada Haiwell secara real time dan online.

K. Sub Flowchart Input Device sensor dengan software SCADA Haiwell



Gambar 7 Flowchart Input Device ke Haiwell SCADA

L. Flowchart Kalibrasi Sensor Proximity dengan PLC Outseal



Gambar 8 Flowchart Kalibrasi Sensor Proximity dengan PLC Outseal

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Dalam pengujian sistem yang akan dilakukan ada beberapa tahapan yang harus di lewati sebelum sistem diterapkan agar memastikan bahwa sistem monitoring yang dibuat telah sesuai dan bekerja. Berikut ini adalah tahapan – tahapan yang dilakukan, yaitu :

- Melakukan pengecekan alamat address parameter – parameter yang akan di input ke dalam sistem.
- Memasang wiring dan meletakkan komponen – komponen sistem monitoring pada panel yang digunakan dalam melakukan pemantauan.
- Mengoprasikan dan melakukan pengujian tiap komponen – komponen sensor yang sudah terhubung secara serial.
- Mengoprasikan dan melakukan pengujian keseluruhan komponen – komponen sensor secara local maupun cloud dengan software cloud haiwell.
- Melakukan pengamatan dan menyimpan hasil data yang diperoleh dari pengukuran setiap komponen – komponen sensor, lalu dilakukan analisa dan pembahasan serta menyimpulkan.

B. Instalasi Perangkat Sistem

Pada instalasi perangkat sistem ini, terdapat dua box panel yang dimana box panel pertama pada Gambar 9 berisi 3 sensor PZEM 017 DC yang berfungsi untuk membaca nilai data keluaran pada Pikohidro, PLTS, dan Baterai. Kemudian pada box panel kedua pada Gambar 20 berisi PLC Outseal berfungsi sebagai program dari sensor proximity untuk membaca RPM, Thera TEM025D berfungsi sebagai membaca nilai data keluaran pada Inverter, dan CBOX Haiwell berfungsi sebagai berfungsi sebagai gateway untuk menghubungkan perangkat sensor - sensor ke cloud yang dimana hal Ini memungkinkan pengumpulan data dari berbagai perangkat sensor di lapangan. Seluruh komponen – komponen tersebut sudah memiliki komunikasi modbus RS485, maka seluruh perangkat komponen sensor tersebut akan membaca dan mengirimkan data keluaran yang telah diukur melalui komunikasi Modbus Serial RS485. Kemudian komunikasi Serial Modbus RS485 ditransmisikan dan akan diterima, ditampilkan, dan disimpan ke cloud melalui komponen CBOX Haiwell dan perangkat lunak SCADA Haiwell.



Gambar 9 Panel Box Satu

Pada Gambar 9 merupakan panel box satu dimana terdapat komponen penunjang sistem monitoring berbasis scada, komponennya berupa 3 unit modul sensor PZEM 017 beserta Resistor Shunt 50 A dan XL4015E DC to DC step down dimana modul PZEM 017 tersebut untuk mengukur keluaran dari Pikohidro, PLTS, dan Baterai. Kemudian XL4015E untuk supply 5V yang akan disalurkan ke sinyal modbus pada modul PZEM 017.



Gambar 10 Panel Box Dua



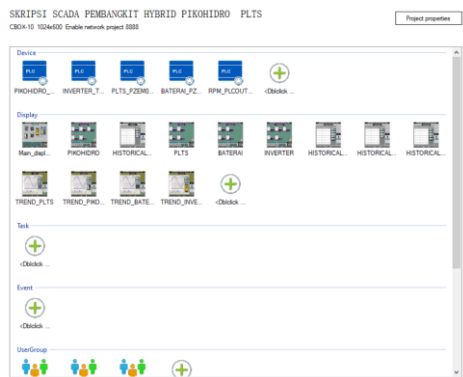
Pada panel box dua terdapat 3 komponen penunjang sistem monitoring berbasis scada yaitu Cbox Haiwell, PLC Outseal, dan Thera TEM025D. Dari *Gambar 9* dan *Gambar 10* merupakan hasil realisasi perangkat sistem pada “Perancangan Sistem Monitoring Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro dan PLTS Berbasis SCADA di Pempopo Latar Seni Winarto Ekram Nggopet Kota Batu”.

**C. Pemrograman PLC Outseal dengan Sensor Proximity**

Untuk membuat program ladder diagram pada PLC Outseal menggunakan software *Outseal Studio*. Dimana menginputkan SPWM untuk menghitung dalam 1 detik berapa kali sinyal hasil deteksi sensor proximity aktif, kemudian membuat timer 1 detik untuk mendapatkan jumlah sinyal aktifnya sensor proximity, selanjutnya jumlah sinyal yang didapat dibagi oleh jumlah counter dalam 1 detik maka didapatkan *Revolution Per Second (RPS)*. Kemudian hasil dari RPS dikalikan dengan 60 maka akan menjadi *Revolution Per Minute (RPM)*.

**D. Input Device**

Pada penginputan device merupakan langkah pertama ketika ingin memasukan suatu device atau modbus ke dalam software *Haiwell Cloud Scada Designer*. Dalam penelitian ini untuk device interface menggunakan komunikasi secara serial.



Gambar 11 Project Profile software Scada Haiwell

Untuk device interface total terdapat 5 device antara lain 3 unit menggunakan modul PZEM 017 DC, 1 unit menggunakan PLC Outseal, dan 1 unit menggunakan THERA TEM025D seperti pada *Gambar 11*.

Kemudian untuk penginputan device menggunakan pilihan “Common” kemudian dengan jenis “Modbus Master (RTU/ASCII)” lalu pada penginputan device properties tentu saja harus sesuai dengan data sheet pada masing - masing modul sensor atau device yang tertera.

**E. Input Variabel Eksternal**

Penginputan register address ini bertujuan untuk interkoneksi antara alat ukur dengan *Scada Haiwell* agar dapat melakukan pertukaran data dengan menginput *variable name*, *register type*, *register address*, *data type*, dan *the mode of reading and writing* pada setiap modbus atau device Pikohidro, PLTS, Baterai, PLC Outseal, dan Inverter yang dapat dilihat pada *Tabel 2, 3, 4, 5, dan 6*.

Tabel 2 Variabel Eksternal Pikohidro

Variable Eksternal Pikohidro							
No	Variabel name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing
1	TeganganDC_PIKOHIDRO	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	0	1	Integer	Read only
2	ArusDC_PIKOHIDRO	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	1	1	Integer	Read only
3	DayaDC_PIKOHIDRO	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	2	2	Long	Read only
4	EnergiDC_PIKOHIDRO	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	4	2	Long	Read only

Tabel 3 Variabel Eksternal PLTS

Variable Eksternal PLTS							
No	Variabel name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing
1	TeganganDC_PLTS	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	0	1	Integer	Read only
2	ArusDC_PLTS	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	1	1	Integer	Read only
3	DayaDC_PLTS	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	2	2	Long	Read only
4	EnergiDC_PLTS	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	4	2	Long	Read only

Tabel 4 Variabel Eksternal Baterai

Variable Eksternal Baterai							
No	Variabel name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing
1	TeganganDC_BATERAI	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	0	1	Integer	Read only
2	ArusDC_BATERAI	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	1	1	Integer	Read only
3	DayaDC_BATERAI	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	2	2	Long	Read only
4	EnergiDC_BATERAI	3X(Analog input, Function code 04)	Decimal	4	2	Long	Read only

Tabel 5 Variabel Eksternal PLC Outseal

Variable Eksternal PLC Outseal							
No	Variabel name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing
1	RPM_GENERATOR	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	0	1	Integer	Read only

Tabel 6 Variabel Eksternal Inverter

Variable Eksternal Inverter							
No	Variabel name	Register type	Address format	Register address	Address length	Data type	The mode of reading and writing
1	TeganganAC_INVERTER	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	2	1	Integer	Read and write
2	ArusAC_INVERTER	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	3	1	Integer	Read and write
3	DayaAC_INVERTER	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	5	1	Integer	Read and write
4	EnergiAC_INVERTER	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	15	1	Integer	Read and write
5	FrekuensiAC_INVERTER	4X(Analog output, Function code 03 04)	Decimal	11	1	Integer	Read and write

**F. Desain Display Monitoring**

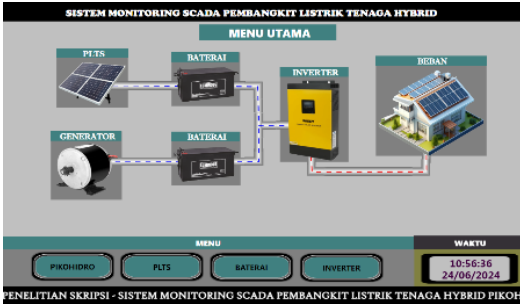
Dalam mendesain display monitoring pada perancangan sistem monitoring pembangkit hybrid ini, terdapat parameter – parameter yang akan ditampilkan diantaranya parameter pada Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter berupa parameter tegangan, arus, daya, energi, RPM, dan frekuensi pada dashboard Scada Haiwell Runtime. Display monitoring ini sendiri sebagai multitasking atau sebagai tampilan menu. Dalam mendesain display monitoring yaitu dengan masuk ke bagian display kemudian menentukan graphics library, pada menentukan graphcis library tentu menyesuaikan dengan kreasi sendiri, dimana menentukan ikon atau symbol yang akan dibuat termasuk ikon untuk menampilkan parameter.

**G. Input Data Grup**

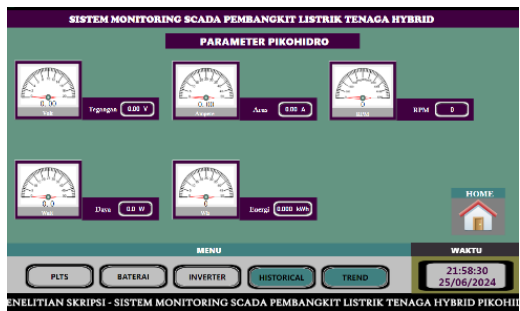
Penginputan data grup pada software Scada Haiwell bertujuan untuk menampilkan data yang telah diukur untuk ditampilkan di display berupa *Historical Trend* maupun *Real – Time Trend*. Dalam penginputan data grup tentu harus menentukan local storage dan setting record menggunakan interval mode dengan interval 10 menit serta menyesuaikan pada penginputan channel variable list yang akan ditampilkan nantinya di dashboard pada historical trend maupun real time trend.

H. Hasil Display Monitoring

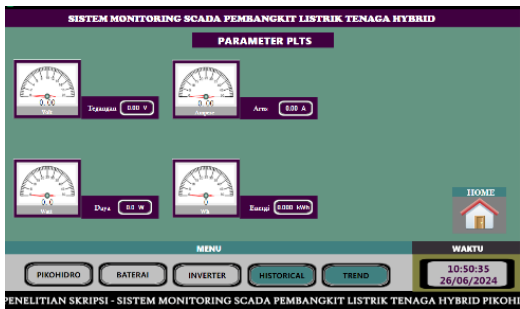
Dalam tampilan dashboard display monitoring penelitian ini terbagi menjadi 13 slide diantaranya terdiri dari bagian menu utama skema Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro -PLTS, menu parameter Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter beserta menu historical dan real time trend.



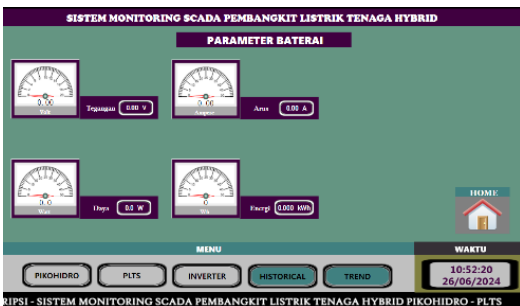
Gambar 12 Tampilan Dashboard Utama



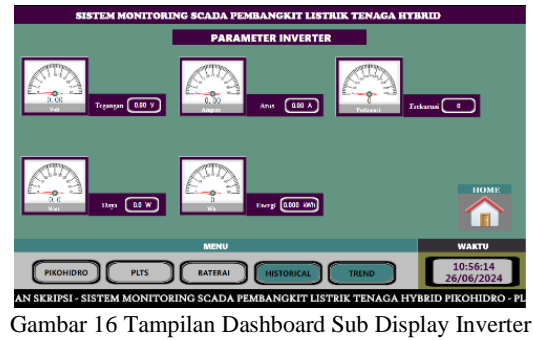
Gambar 13 Tampilan Dashboard Sub Display Pikohidro



Gambar 14 Tampilan Dashboard Sub Display PLTS



Gambar 15 Tampilan Dashboard Sub Display Baterai



Gambar 16 Tampilan Dashboard Sub Display Inverter



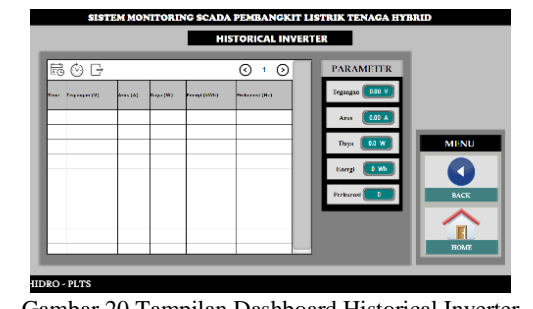
Gambar 17 Tampilan Dashboard Historical Pikohidro



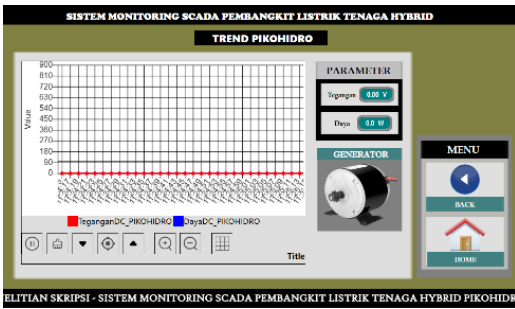
Gambar 18 Tampilan Dashboard Historical PLTS



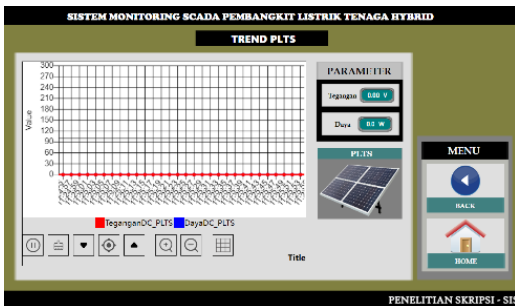
Gambar 19 Tampilan Dashboard Historical Baterai



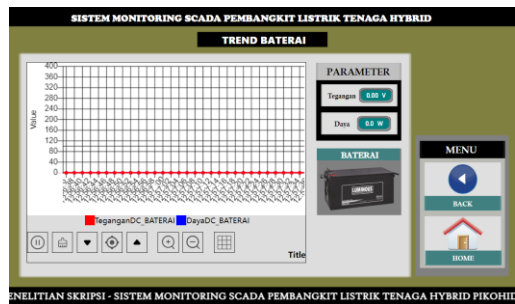
Gambar 20 Tampilan Dashboard Historical Inverter



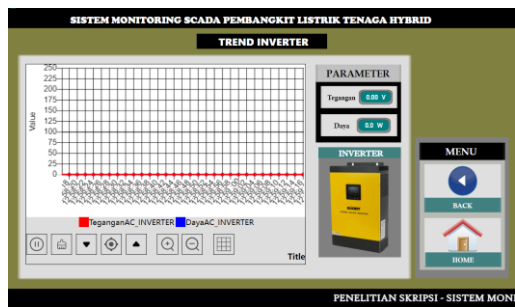
Gambar 21 Tampilan Dashboard Trend Pikohidro



Gambar 22 Tampilan Dashboard Trend PLTS



Gambar 23 Tampilan Dashboard Trend Baterai



Gambar 24 Tampilan Dashboard Trend Inverter

### I. Hasil Perbandingan Pengujian Modul PZEM 017 (Pikohidro)

Tabel 7 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan Pikohidro antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Tegangan Pada SCADA (Volt)	Tegangan Pada Avometer (Volt)
1	32,34	32,1
2	27,57	27,5
3	30,11	30
4	33,88	34
5	29,36	29,2

Tabel 8 Hasil Perbandingan Nilai Arus Pikohidro antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Arus Pada SCADA (Ampere)	Arus Pada Avometer (Ampere)
1	14,06	14
2	16,11	16
3	15,13	15
4	15,51	15,5
5	16,56	16,6

Tabel 9 Hasil Perbandingan Nilai Daya Pikohidro antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Daya Pada SCADA (Watt)	Daya Pada Avometer (Watt)
1	464,8	465
2	411,1	411
3	409,7	410
4	484,1	484
5	521,1	521

Tabel 10 Hasil Perbandingan Nilai Energi Pikohidro antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Energi Pada SCADA (kWh)	Energi Pada Avometer (kWh)
1	4,12	4,12
2	4,12	4,12
3	4,12	4,12
4	4,12	4,12
5	4,12	4,12

Berdasarkan hasil perbandingan antara hasil nilai pengukuran dari alat rancangan dan alat ukur pada kinerja Pikohidro, memiliki selisih nilai yang tidak signifikan yaitu < 1.

### J. Hasil Perbandingan Pengujian Modul PZEM 017 (PLTS)

Tabel 11 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan PLTS antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Tegangan Pada SCADA (Volt)	Tegangan Pada Avometer (Volt)
1	19,55	19,5
2	20,24	20,4
3	20,65	20,7
4	21,88	22
5	24,89	25,1

Tabel 12 Hasil Perbandingan Nilai Arus PLTS antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Arus Pada SCADA (Ampere)	Arus Pada Avometer (Ampere)
1	8,10	8,1
2	8,34	8,4
3	8,61	8,6
4	8,75	8,8
5	8,91	9

Tabel 13 Hasil Perbandingan Nilai Daya PLTS antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Daya Pada SCADA (Watt)	Daya Pada Avometer (Watt)
1	183,2	183
2	186,7	187,1
3	190,5	190,8
4	194,1	194,2
5	201,7	202

Tabel 14 Hasil Perbandingan Nilai Energi PLTS antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Energi Pada SCADA (kWh)	Energi Pada Avometer (kWh)
1	6,26	6,26
2	6,26	6,26
3	6,26	6,26
4	6,26	6,26
5	6,26	6,26

Berdasarkan hasil perbandingan antara hasil nilai pengukuran dari alat rancangan dan alat ukur pada keluaran PLTS, baik parameter tegangan, arus, daya, dan energi di dapatkan nilai rata – rata error < 1%.

#### K. Hasil Perbandingan Pengujian Modul PZEM 017 (Baterai)

Tabel 15 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan Baterai antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Tegangan Pada SCADA (Volt)	Tegangan Pada Avometer (Volt)
1	26,12	26
2	25,34	25,3
3	24,83	24,8
4	24,12	24
5	25,64	25,6

Tabel 16 Hasil Perbandingan Nilai Arus Baterai antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Arus Pada SCADA (Ampere)	Arus Pada Avometer (Ampere)
1	16,77	16,8
2	16,12	16,2
3	15,91	16
4	16	16,2
5	16,89	17

Tabel 17 Hasil Perbandingan Nilai Daya Baterai antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Daya Pada SCADA (Watt)	Daya Pada Avometer (Watt)
1	412,9	413
2	417,1	417
3	420,4	420,5
4	418,7	418,7
5	421,3	421,4

Tabel 18 Hasil Perbandingan Nilai Energi Baterai antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Energi Pada SCADA (kWh)	Energi Pada Avometer (kWh)
1	6,821	6,821
2	6,821	6,821
3	6,821	6,821
4	6,821	6,821
5	6,821	6,821

Berdasarkan hasil perbandingan antara hasil nilai pengukuran dari alat rancangan dan alat ukur pada Baterai, memiliki selisih nilai yang tidak signifikan yaitu < 1.

#### L. Hasil Perbandingan Pengujian PLC Ouseal – Sensor Proximity (RPM)

Tabel 19 Hasil Perbandingan Nilai RPM Generator Piko hidro antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	RPM Pada SCADA	RPM Pada Tachometer
1	540	543
2	520	522
3	580	584
4	550	553
5	540	544

Berdasarkan hasil perbandingan nilai energi antara alat rancangan dan alat ukur pada Baterai, memiliki selisih nilai yang tidak signifikan yaitu < 4.

#### M. Hasil Perbandingan Pengujian Thera TEM025D (Inverter)

Tabel 20 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan Inverter antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Tegangan Pada SCADA (Volt)	Tegangan Pada Avometer (Volt)
1	230,23	230,23
2	231,34	231,34
3	232,44	232,44
4	230,53	230,53
5	233,00	233,00

Tabel 21 Hasil Perbandingan Nilai Arus Inverter antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Arus Pada SCADA (Ampere)	Arus Pada Avometer (Ampere)
1	2,12	2,12
2	2,34	2,34
3	2,45	2,45
4	2,84	2,84
5	2,23	2,23

Tabel 22 Hasil Perbandingan Nilai Daya Inverter antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Daya Pada SCADA (Watt)	Daya Pada Avometer (Watt)
1	20,13	20,13
2	20,40	20,40
3	19,53	19,53
4	20,23	20,23
5	19,91	19,91

Tabel 23 Hasil Perbandingan Nilai Energi Inverter antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Energi Pada SCADA (kWh)	Energi Pada Avometer (kWh)
1	2,244	2,244
2	2,244	2,244
3	2,244	2,244
4	2,244	2,244
5	2,244	2,244

Tabel 24 Hasil Perbandingan Nilai Frekuensi Inverter antara Alat Rancangan dengan Alat Ukur

No	Frekuensi Pada SCADA (Hz)	Frekuensi Pada Avometer (Hz)
1	50,07	50,07
2	50,12	50,12
3	50,02	50,02
4	50,12	50,12
5	50,22	50,22

Berdasarkan hasil perbandingan antara hasil nilai pengukuran dari alat rancangan dan alat ukur pada keluaran Baterai, baik parameter tegangan, arus, daya, energi, dan frekuensi memiliki selisih nilai yang tidak signifikan yaitu < 1.

Dari hasil keseluruhan pengujian, adapun alat ukur yang digunakan beserta spesifikasinya sebagai berikut :

- 1) Aneng ST182 Clamp Meter Tang Ampere Multimeter

Tabel 25 Spesifikasi Aneng ST182

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan AC	4V/40V/400V/600V ± (1.5% + 3)
Tegangan DC	400mV ± (1.5% + 5)   4V/40V/400V/600V ± (1.0% + 3)
Hambatan	400Ω/4kΩ/40kΩ/400kΩ/4MΩ ± (1.2% + 3)   40MΩ ± (1.5% + 3)
Kapasitansi	± (2.5% + 10)
Temperatur	± (2.0% + 1°C)

- 2) Tachometer Benetech GM8905

Tabel 26 Spesifikasi Tachometer Benetech GM8905

Spesifikasi	Keterangan
Rentang Pengukuran	2.5 - 99999 rpm
Resolusi	0.1 rpm (2.5 ~ 999.9 rpm)   1 rpm (1000 ~ 99999 rpm)
Akurasi Dasar	± (0.1% n + 5d) rpm (2.5 ~ 999.9 rpm)   ± (1% n + 5d) rpm (1000 ~ 99999 rpm)
Jarak Pengukuran	50 - 500 mm
Sumber Daya	2 baterai AAA 1.5V.

#### N. Pengujian Delay Monitoring

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan dua metode yaitu pengujian menggunakan *local area* dan pengujian menggunakan *cloud*. Perangkat yang digunakan untuk memonitoring menggunakan laptop (PC) dan menggunakan handphone. Pada saat pengujian menggunakan *local area* yakni menggunakan koneksi internet dari simcard yang terhubung di Cbox Haiwell, dalam pengoperasian memiliki delay yang minim antara tampilan dan perangkat.

Tabel 27 Data Hasil Pengujian Menggunakan Local Area

Kecepatan Koneksi (mb/detik)	Stopwatch (detik)
44,12	1,27
42,91	0,95
40,52	0,67
39,88	1,63
41,19	0,51

Sedangkan pada saat pengujian menggunakan *cloud* yakni dengan koneksi internet pribadi, terdapat range delay lebih dari 1 detik, seperti data pada Tabel 28 dibawah :

Tabel 28 Data Hasil Pengujian Menggunakan Jarak Jauh (online)

Kecepatan Koneksi (mb/detik)	Stopwatch (detik)
20,02	3,32
21,12	2,98
23,43	2,56
19,83	3,61
24,83	2,27

Tentu salah satu faktor hal yang mempengaruhi delay ketika sedang monitoring yaitu tingkat kecepatan koneksi internetnya. Koneksi internet sangat bergantung dengan durasi delaynya, semakin besar kecepatan koneksi internetnya maka semakin minim tingkat durasi delay pada saat monitoring baik secara local area maupun jarak jauh (online).

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

- 1) Terealisasinya sistem monitoring berbasis SCADA untuk pemantauan kinerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro dan PLTS dengan menggunakan software *Haiwell SCADA*, tentu sangat membantu untuk pemantauan secara jarak jauh (online).
- 2) Dalam sistem monitoring berbasis SCADA secara real time (24 jam) dan jarak jauh dapat dilakukan dengan metode *local area* dan *cloud* melalui media laptop (PC) dan handphone dengan history kinerja, kemudian dapat disimpan dalam bentuk data atau berbentuk file Microsoft Excel.
- 3) Dalam merancang sistem monitoring berbasis SCADA pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pikohidro – PLTS ini menggunakan alat ukur Modul PZEM 017 DC untuk pembacaan pada Pikohidro, PLTS, dan Baterai. Lalu PLC Outseal – Sensor Proximity untuk membaca RPM Generator. Kemudian Thera TEM025D pada Inverter yang keluarannya tegangan AC. Masing – masing modul sensor kemudian mengirimkan data hasil kondisi produksi atau kinerja pada Pikohidro, PLTS, Baterai, dan Inverter yang telah diukur dan dibaca tersebut melalui komunikasi modbus RS485 secara serial menuju Cbox Haiwell agar bisa dilakukan pemantauan secara jarak jauh (online).

### B. Saran

Saran yang dapat penulis berikan terkait hasil penelitian pada skripsi ini adalah jika akan dilakukan penelitian lebih lanjut, maka dapat mempertimbangkan beberapa hal berikut:

- 1) Pengembangan dengan cara pengontrolan dari masing – masing pembangkit maupun baterai dan inverter serta dapat menganalisis kinerja dari masing – masing pembangkit.

- 2) Menambahkan parameter radiasi pada PLTS dengan menambahkan sensor Iradiasi.

## VI. REFERENSI

- [1] M. Bilgili, H. Bilirgen, A. Ozbek, F. Ekinici, and T. Demirdelen, “The role of hydropower installations for sustainable energy development in Turkey and the world,” *Renew. Energy*, vol. 126, pp. 755–764, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.03.089.
- [2] E. Eswanto, H. Hasan, and Z. M. Razlan, “An Analysis on Performance of Pico-hydro with Archimedes Screw Model Viewed from Turbine Shaft Angle,” *Int. J. Eng. Trans. A Basics*, vol. 36, no. 1, pp. 10–18, 2023, doi: 10.5829/ije.2023.36.01a.02.
- [3] T. dan K. E. Direktorat Jenderal Energi Baru, “Pembangkit Listrik Tenaga Hidro,” [ebtke.esdm.go.id](http://ebtke.esdm.go.id).
- [4] E. Science, “Pico hydro turbine building design utilizing irrigation water power: CFD Simulation Pico hydro turbine building design utilizing irrigation water power: CFD Simulation,” 2021, doi: 10.1088/1755-1315/871/1/012038.
- [5] S. Bandri, A. Premadi, and R. Andari, “STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO (PLTPh) RUMAH TANGGA,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 21, no. 1, 2021.
- [6] R. Sunky and R. Mukhaiyar, “Implementasi Web SCADA Pada Sistem PLTS,” vol. 4, no. 2, pp. 792–798, 2023.
- [7] Y.-L. Cheng *et al.*, “We are IntechOpen , the world ’ s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %,” *Intech*, vol. 11, no. tourism, p. 13, 2016, [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- [8] K. Almay Diantoro, W. Pudji Muljanto, and M. Ardita, “Desain Scada Untuk Monitoring Dan Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Mikro Kampus Ii Itn Malang”.
- [9] J. E. Mikrado *et al.*, “DESAIN PERANGKAT KERAS SISTEM MONITORING PLTS OFF-GRID 4 kWp,” 2023.
- [10] S. D. Chandra, “Sistem Antrian Terintegrasi pada Pelayanan Surat Izin Mengemudi (SIM) di Kepolisian Resort,” pp. 1–62, 2016.
- [11] Fransiscus Xaverius Ariwibisono and Widodo Pudji Muljanto, “Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi Plts Berbasis Protokol Modbus Rtu Dan Modbus Tcp,” *Nuansa Inform.*, vol. 17, no. 2, pp. 109–118, 2023, doi: 10.25134/ilkom.v17i2.28.
- [12] A. Mubarak 'aafi, J. Jamaaluddin, I. Anshory, and U. M. Sidoarjo, “SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone,” *Snestik Ii*, p. 191, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/snestikdanhttps://snestik.itats.ac.id>

- [13] B. Tech, “Design of electric vehicle charging station monitoring and Control by using solar,” *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, no. 07, pp. 1005–1010, 2023, doi: 10.56726/irjmets43045.
- [14] M. Makmun, T. Khasanah, N. Sirojudin, and \* Korespondensi, “Integrasi Programmable Logic Control Outseal Mega V.2 dengan NodeMCU ESP826 dengan menerapkan Internet of Things Outseal Mega V.2 Programmable Logic Control Integration with NodeMCU ESP826 by implementing Internet of Things,” *Online) Teknol. J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 13, no. 1, p. 826, 2022.
- [15] A. Cahyani, Ir. Soeprapto, and M. T. Ir. Soemarwanto, “Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan KWh Meter Digital 1 Fasa,” *J. Mhs. Tek. Elektro Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [16] E. Susilawati, Y. Yulkifli, and Z. Kamus, “Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Putar Gear Menggunakan Spi Dan Mc Uno,” *Pillar Phys.*, vol. 10, pp. 9–13, 2017.
- [17] R. Ardianto, “System Design Automatic Bottle Cap Filling and Installation Based on Bottle Height,” 2021.
- [18] D. Sebagai, S. Satu, and J. T. Elektro, “TRANSFER DAYA PANEL SURYA BERBASIS LAB VIEW FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA,” 2011.

## VII. BIODATA PENULIS



I Nengah Dwiangga Dharmawan lahir di Serang, 17 Juli 2002. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kramatwatu Tahun 2020 dengan jurusan MIPA. Penulis melanjutkan Pendidikan Studi di perguruan tinggi swasta Institut

Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi Listrik yang berfokus pada bidang Energi Baru Terbarukan. Bidang yang dialami oleh penulis saat ini adalah cara penggunaan aplikasi seperti ETAP, hal yang berkaitan tentang SCADA, dan lain – lain.