

Sistem Monitoring Panel Surya Dan Solar Irradiance Untuk Pembangkit Listrik Alat Monitoring Kualitas Air Limbah IPAL Komunal

¹Muhammad Edo Prastyo, ²Aryuanto Soedtejo, ³Alfarid Hendro Yuwono
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
muhammadedoprastyo@gmail.com

Abstrak— Energi surya merupakan sumber tenaga pengganti yang saat ini digunakan dengan memakai panel surya untuk menangkap sinar dan mengolahnya menjadi listrik yang dibutuhkan. Kemampuan panel matahari sangat dipengaruhi dengan berbagai macam kondisi lingkungan seperti temperatur, debu, perubahan cuaca suhu, dan sinar irradiance matahari. Untuk memenuhi keperluan tersebut, sistem monitoring performa panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus, tegangan, suhu dan sensor irradiasi sinar matahari dengan menggunakan panel surya yang telah dikalibrasi sebagai pengganti pyranometer untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa PLTS. Masing-masing sensor kemudian dikonfigurasi dengan mikrokontroler ESP32 supaya mampu berjalan serta sistem pengiriman data dengan menggunakan internet yang diintegrasikan ke Cloud Haiwell. Hasil pengujian diperoleh pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan dimonitoring dalam kondisi real time serta dapat memonitor performa tersebut secara jarak jauh atau melalui internet.

Kata Kunci — monitoring, panel surya, INA219, solar power meter, solar irradiasi, DS18B20, ESP32, PLTS, IPAL.

I. PENDAHULUAN

Indonesia yaitu negara yang sangat kaya dengan energi terbarukan yang potensinya melebihi 400.000 megawatt (MW) dan 200.000 megawatt (MW) atau 50% diantaranya merupakan kapasitas tenaga surya. Sedangkan untuk pemakaian tenaga surya saja hanya menyumbang 0.08% atau 150 MW daripada total 200.00 MW tersebut. Seharusnya, Indonesia dapat lebih memaksimalkan pengembangan energi surya sebagai Negara Khatulistiwa[1]. Suatu metode untuk memakai tenaga surya ialah membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya di IPAL Komunal Tlogomas. Daya yang didapat dari panel tidak dapat digunakan secara langsung ke beban, hal ini dikarenakan daya yang didapat dari panel mengikuti perubahan cahaya dari matahari[2]. Sehingga setiap perubahan intensitas cahaya akan berdampak pada perubahan keluaran energinya. Selain hal itu sebagian besar energi yang dibutuhkan tidak disaat siang hari, akan tetapi di dimanfaatkan pada saat malam hari, sebagai sumber energi sensor yang beroperasi secara bertahap. Dibutuhkan juga baterai

sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan saat siang hari.

Dalam penggunaan dari panel surya, energi keluaran panel matahari yang dipasang berfluktuasi karena kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, temperature, debu, dan pergantian iklim yang tidak dapat ditebak. Untuk mencegah kerusakan dan penurunan kinerja panel surya ke baterai, Perlunya suatu sistem yang dapat memantau kemampuan dan membagikan informasi saat kemampuan panel surya mengalami penurunan sehingga mampu dilakukan antisipasi kerusakan baterai serta penurunan kinerja panel matahari dapat dihindari..

Beberapa riset sudah mengupas beragam penerapan metode pemantauan daya listrik khususnya panel matahari. Selama perkembangannya, metode pemantauan dibuat guna monitoring secara lokal[3], sedangkan dalam riset Sutedjo, penerapan web-scada berfungsi memantau serta mengontrol metode pembangkit listrik hybrid solar-wind dari jarak jauh dengan Internet. Koneksi ke Internet melalui komputer server dan komunikasi dengan sensor, terminal jarak jauh dan komputer server masih menerapkan konektivitas kabel memakai hubungan serial dan jaringan area lokal pada riset tersebut[4], Sebaliknya konsep terbarunya adalah menggunakan internet untuk konektivitas yang selalu aktif yang dikenal dengan istilah Internet of Things[5].

Kemudian masalah lainnya yang timbul dalam kinerja sel surya adalah tingkat iradiasi sinar matahari pada area PLTS dan tingkat temperatur pada sel surya sangat mempengaruhi efisiensi karena dapat menyebabkan penurunan konversi energi dari sel surya. Sehingga dibutuhkan sensor yang mengukur tingkat irradiance matahari dan suhu untuk memonitoring kedua parameter tersebut. Sementara itu sensor irradiance matahari memiliki harga yang terbilang tidak murah yang menjadi masalah saat pembangunan PLTS. Namun masalah tersebut dapat diatasi dengan cara mengukur irradiasi matahari dengan memakai panel surya yang sudah terkalibrasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Lawrence Dunn dkk., mencoba memperbandingkan Pyranometer dan sel surya yang dikalibrasi. Hasilnya menunjukkan bahwa sel surya memiliki nilai error yang lebih sedikit dibandingkan pyranometer. Mengukur memakai panel

surya membutuhkan ketelitian +/-2.4% sebaliknya pada Pyranometer +/-5% [6]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran solar irradiance dengan sel surya terkalibrasi yang bertujuan untuk memonitoring performansi dari PLTS lebih baik dibandingkan pyranometer[7].

Menurut penelitian yang telah dipaparkan, kali ini peneliti membangun sistem pemantauan panel surya dengan parameter pembacaan Arus, Tegangan, dan Daya saat pengisian energi listrik menuju baterai yang ditampilkan secara online melalui SCADA serta memakai sensor suhu dan sensor iradiasi agar dapat memantau performansi pada panel matahari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

merupakan suatu alat yang mengonversi daya matahari menjadi daya listrik. Ada dua cara untuk menghasilkan listrik, yaitu penggunaan langsung pembangkit listrik fotovoltaik dan penggunaan tidak langsung energi surya terkonsentrasi. PLTS Fotovoltaik merupakan penyuplai listrik dengan memanfaatkan perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh akibat fotolistrik agar dapat menciptakan listrik. Sel surya memakai tiga susunan yaitu susunan pelat P kepingan atas, susunan batas tengah, dan susunan pelat N kepingan bawah. Akibat fotolistrik artinya energi matahari berdampak elektron pada susunan P-sel terlepas mengakibatkan proton mengalir ke susunan N-sel paling bawah, atau perpindahan arus proton ini disebut arus listrik [8].

Sedangkan pembangkitan listrik menggunakan cara pemusatan energi surya yaitu lensa atau cermin yang dikombinasikan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

B. IPAL

IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) adalah suatu metode pengolahan kotoran cair sebelum dibuang ke sungai. Instalasi pengolahan limbah diperlukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan [9].



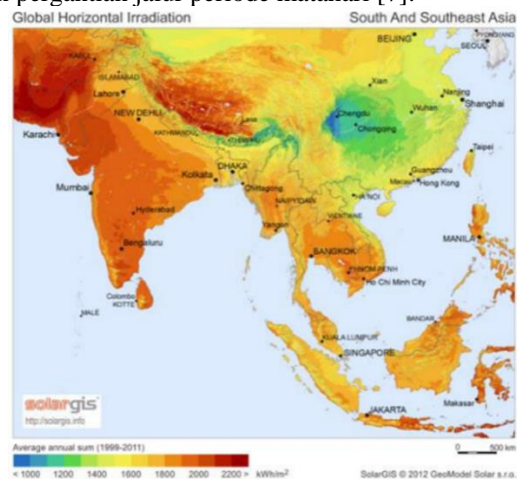
Gambar 2.1 IPAL Komunal Tirtarona

IPAL Komunal tirtarona yang berada di Tlogomas memiliki sistem dengan tangki pencernaan anaerobik, kolam fitoremediasi, dan kolam filtrasi (semiaerobik), kolam influent ini dihasilkan dari aktifitas rumah tangga yang secara terus menerus diisi dan diteruskan

ke pembuangan terakhir yaitu sungai, namun untuk mendapatkan hasil keluaran yang sesuai dengan nilai standarisasi yang telah ditetapkan nilai effluent pada IPAL ini harus dimonitoring agar dapat menunjang proses kinerja IPAL Tirtarona Tlogomas Kota Malang[10].

C. Solar Irradiance

Radiasi matahari yaitu energi dalam satuan luas yang didapat matahari saat gelombang elektromagnetik dalam satuan W/m^2 . Radiasi matahari dituji tegak lurus terhadap cahaya datang setelah penyerapan dan hamburan atmosfer. Irradiasi ini merupakan fungsi antara matahari, periode matahari, dan pergantian jalur periode matahari [7].



Gambar 2.2 Peta potensi dari Solar Irradiance di ASEAN

D. Panel Surya

Panel surya termasuk instrument semikonduktor yang memproduksi listrik dengan cara yang mengubah foton (cahaya). Perubahan ini dinamakan efek fotovoltaik, artinya efek fotovoltaik merupakan dua bahan berbeda yang membentuk energi potensial listrik ketika persimpangan bersama disinari oleh radiasi foton.



Gambar 2.3 Panel Surya

E. Mikrokontroler ESP32



Gambar 2.4 ESP32

Merupakan rangkaian instrumen system-on-chip (SoC) berbiaya rendah dan berdaya rendah dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth model ganda. ESP32 ini pembaruan dari ESP8266 yang sangat populer pada aplikasi IoT. Mikrokontroler ini mempunyai pusat CPU dan Wi-Fi yang lebih kencang serta memiliki Bluetooth Low Energy (BLE). Instrumen ini menjadi perantara dan juga menjadi mikrokontroler sensor (INA219 dan DS18B20) yang datanya akan diteruskan ke Internet. kelebihanannya adalah koneksi Wi-Fi serta Bluetooth memungkinkan terciptanya instrumen berbasis Internet of Things (IoT) yang hendak dirancang pada riset. Keistimewaan lainnya pada ESP32 yaitu mempunyai ukuran yang minimum, sangat bermanfaat bagi meminimalkan ruang pada alat pemantauan ini. Keistimewaan lain dari ESP32 yang hendak digunakan ialah formatnya yang minimalis, sangat bermanfaat agar meminimalkan ruang pada alat monitoring ini[15].

F. Sensor Adafruit INA219



Gambar 2.5 Sensor Adafruit INA219

Sensor INA219 merupakan modul sensor yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan daya pada suatu rangkaian, Sehingga sensor ini tidak menggunakan kalibrasi secara matematis [17]. Sensor INA219 menggunakan antarmuka yang cocok dengan I2C atau SMBUS menampilkan 16 alamat yang mampu diprogram. Sensor INA219 mendeteksi semua shunt pada bus dan memiliki rentang 0 hingga 26 VDC.

G. Sensor DS18B20

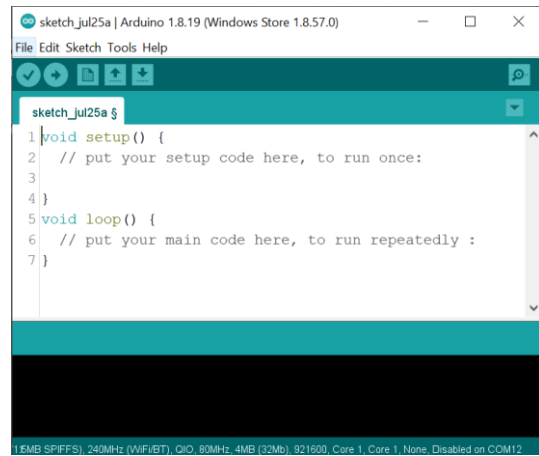


Gambar 2.6 Sensor DS18B20

merupakan sensor suhu digital yang dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan atau pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. instrument dapat juga mengukur temperature dalam kepresisian 9 hingga 12-bit, pada jarak suhu berkisar -55°C samapi 125°C dengan kepresisian $(\pm 0.5^{\circ}\text{C})$. Sensor ini mempunyai kode unik 64-bit yang ditanam pada setiap microchip, agar dapat menggunakan satu kabel untuk penggunaan sensor dalam jumlah besar (single wire data bus/1-wire protocol)[7].

H. Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak canggih yang ditulis dalam Java. Editor program, jendela yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa Pemrosesan, termasuk dalam Arduino IDE. Kompiler adalah modul yang mengubah kode program (Bahasa pemrosesan) menjadi kode biner.



Gambar 2.7 Arduino IDE

I. SCADA Haiwel

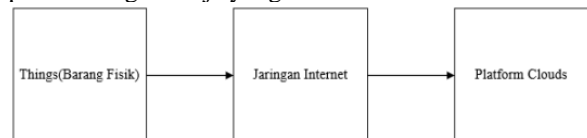


Gambar 2.8 Logo Platform Haiwel Cloud

Haiwel adalah media cloud IoT yang mendukung terminal multi-platform misalnya komputer dan Smartphone. Media ini merupakan server pengawasan atau SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Perangkat ini memberi sistem koneksi yang terlindungi, memakai metode enkripsi SSL 128-bit guna menjamin kestabilan sistem transfer data serta sudah mempersiapkan metode proteksi A-Key dan B-Key pada bagian peranti guna menjamin keamanan dan keandalan akses jarak jauh ke piranti pengguna.

J. Internet of Things (IoT)

Merupakan penyematan operasi Internet ke dalam piranti lunak, sensor, dan koneksi internet. Metode IoT akan menggabungkan informasi dan menukarkannya pada kerangka kerja yang sesuai.



Gambar 2.9 Diagram Block IoT

Metode IoT akan mengumpulkan data dan menukarkannya dengan kerangka kerja yang sesuai. Dalam metode yang direncanakan, baik sensor pemantau panel surya dan iradiasi matahari yang

Terhubung ke kerangka kerja IoT sehingga pemantauan *real-time* dapat dilakukan.

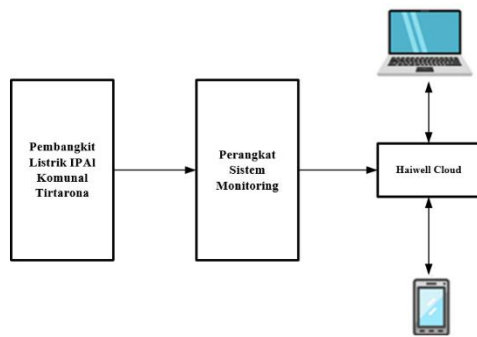
III. METODOLOGI

Dalam bab ini akan membahas mengenai perancangan dalam pembuatan alat monitoring panel surya dan solar irradiance.

A. Metode

Studi ini menerapkan teknik pemantauan langsung dan perangkat yang sudah jadi hendak langsung diujicobakan di IPAL Komunal Tirtarona Tlogomas, Kota Malang dari jam 09.00 hingga 16.00. Data yang diperoleh kemudian segera dianalisis bagaimana setiap parameter mempengaruhi keluaran panel surya.

B. Perancangan Sistem



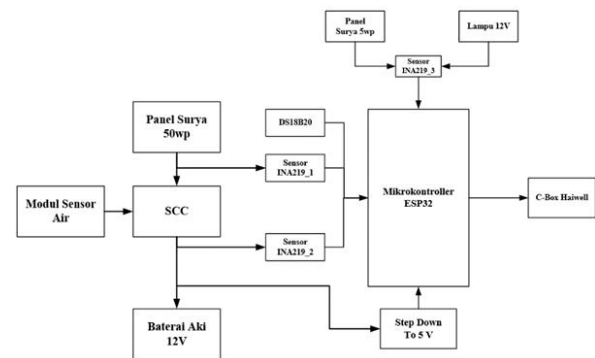
Gambar 3.1 Konsep Alat

ESP32 ialah mikrokontroler yang diterapkan dalam perangkat ini, ESP32 mempunyai wifi yang bisa terhubung ke internet. Input utama perangkat berasal pada sensor INA219 dan DS18B20 yang ditempatkan didalam box menggunakan protektor di bagian luarnya supaya sensor tidak terkena hujan ketika berada di lapangan. Sensor tersebut nantinya hendak digunakan guna mengetahui tegangan, arus, daya dan suhu berdasarkan parameter tegangan, arus, daya dan temperature pada panel surya serta sinar iradiasi matahari disekitar area PLTS di IPAL Komunal. Beberapa parameter yang dipantau dan macam-macam sensor yang diterapkan yaitu tegangan, arus, daya dan sinar iradiasi menggunakan INA219 dan untuk membaca nilai temperature menggunakan DS18B20. Tentu saja kalibrasi sensor diperlukan sebelum alat mampu digunakan dengan efektif. Setelah informasi diperoleh dan diubah ke modbus, informasi tersebut diunggah ke Haiwell Cloud, mikrokontroler ESP32 lebih dahulu sudah mendaftarkan alamat IP-nya di Haiwell C-Box.

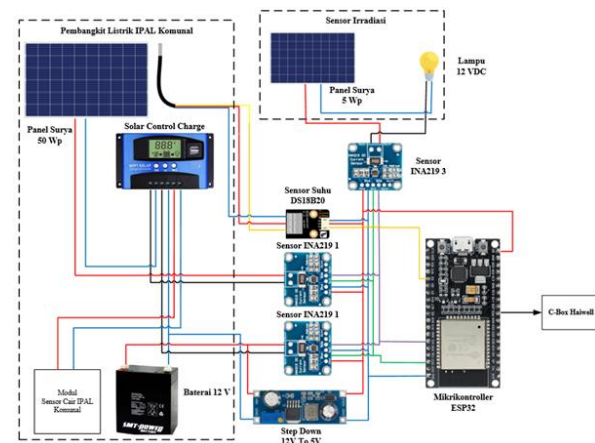
C. Blok Diagram dan Flowchart Sistem

Dalam suatu perancangan dibutuhkan blok diagram alat yang akan dibuat, hal ini dimaksudkan agar suatu perancangan memiliki tahap-tahap yang

skematis dalam pembangunannya. Maka dari itu penulis merancang blok diagram dari perancangan alat agar hasil yang diperoleh sesuai yang diharapkan. Berikut merupakan blok diagram alat yang akan dibangun.



Gambar 3.2 Perancangan Sistem Monitoring Panel Surya Dan Solar Irradiance



Gambar 3.3 Desain Perangkat Keras Sistem Monitoring Panel Surya Dan Solar Irradiance

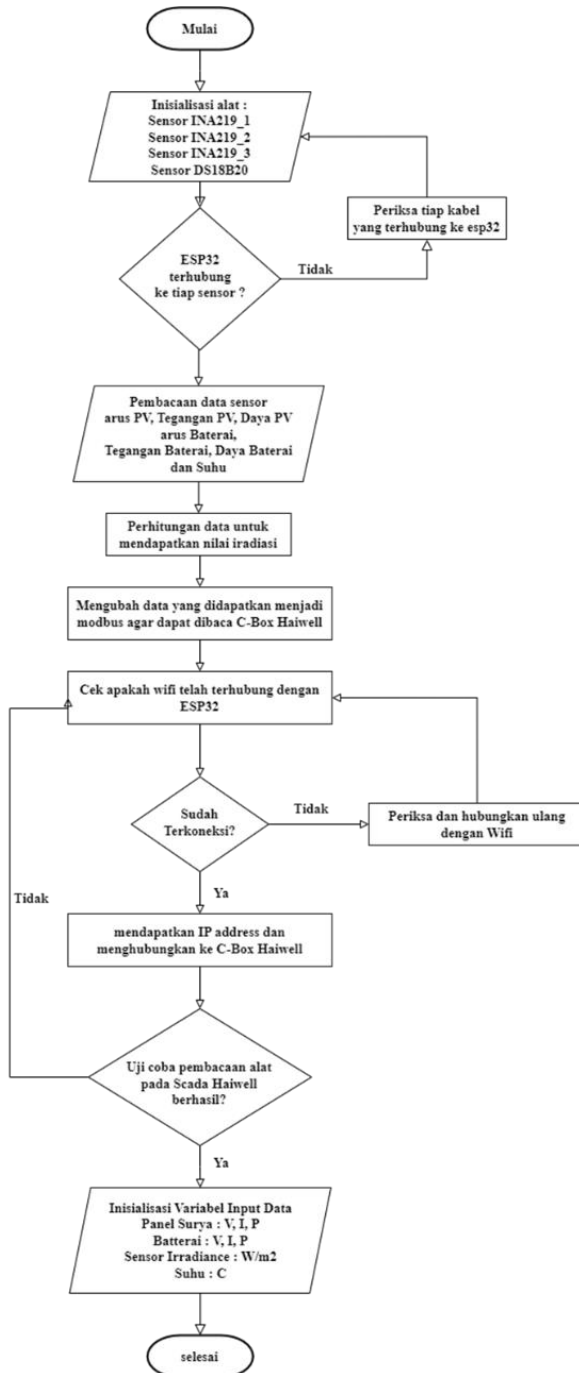
Berdasarkan pada gambar 3.3 fungsi dari tiap blok adalah sebagai berikut:

- Panel surya merupakan sumber energi listrik dan sebagai sensor irradiance.
- Baterai aki merupakan penyimpan energi listrik dari panel surya dan menyuplai daya untuk sensor dan mikrokontroler.
- Sensor INA219 berfungsi untuk mendeteksi tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya, baterai dan iradiasi matahari.
- Sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk mendeteksi suhu pada lingkungan dan permukaan panel surya.
- ESP32 berfungsi untuk mengontrol dan memprogram setiap sensor dan data yang diterima.
- Haiwell Cloud berfungsi sebagai penampil data yang di terima ESP32 dari tiap sensor.

Metode akumulasi data dilakukan dengan membuat sistem elektronik, memasang peralatan, membaca data pengujian, menyiapkan server, menguji koneksi, mengintegrasikan perangkat keras ke dalam

Scada Haiwell, mengukur dan menganalisis. Data didapat diubah ke dalam bentuk modbus sehingga dapat dibaca melalui Haiwell C-Box. Data yang diperoleh diproses melalui pemrograman dan ditampilkan di beranda Scada Haiwell, memungkinkan pemantauan data pembacaan secara real-time dari jarak jauh.

D. Perancangan Hardware



Gambar 3. 4 Flowchart Hardware

Flowchart diatas menggambarkan urutan monitoring suatu sistem yang dimulai dari persiapan dan inisialisasi alat atau perangkat keras (Sensor INA219_1, INA219_2, INA219_3 dan Sensor

DS18B20) dan *software* (Arduino IDE). Pasang alat dan melakukan uji sambungan sensor ke ESP32, jika terjadi kegagalan sambungan periksa alat untuk memastikan sudah terpasang dengan benar. Setelah alat yang diinstal berhasil menguji koneksi, setelah itu melakukan Upload data dari tiap sensor ke ESP32 dan melakukan pembacaan data pada sensor INA219 dan DS18B20. Setelah mendapat data, mengkalibrasi sensor Irradiasi agar nilai yang dihasilkan mendekati nilai dari alat ukur *solar power meter*. Kemudian mengubah data yang didapatkan menjadi modbus, dengan cara mengubah data dari float ke interger agar dapat terbaca oleh SCADA Haiwell. Setelah itu, menghubungkan ESP32 kita dengan C-Box Haiwell agar mendapatkan IP Address dari C-Box Haiwell, tujuannya untuk mengirim/membaca data ke SCADA Haiwell. Jika tidak ada alamat IP yang muncul atau transfer data gagal, kita perlu memeriksa dan menghubungkan ulang jaringan wifi dari ESP32. Hal terpenting dalam Scada Haiwell adalah inisialisasi variabel masukan data eksternal dan internal, dengan tujuan agar berhasil menerima data berdasarkan pemantauan yang dikirimkan perangkat ukur sesuai masukan data dalam diagram alir sistem. Setelah variabel berhasil diinisialisasi, maka data dari panel surya, baterai, sensor iradiasi dan suhu dapat melihat langsung pada dasbor dan tampilan grafis di Haiwell Cloud.

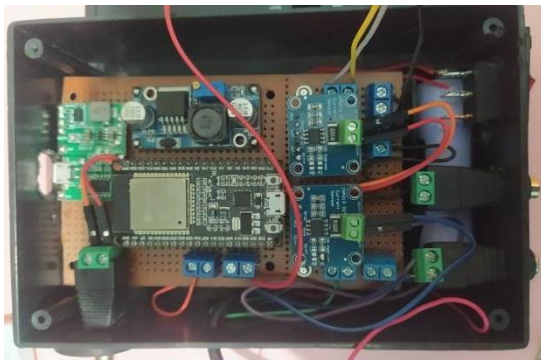
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji coba alat yang dilakukan terdiri dari serangkaian bagian perangkat keras yang dirakit sedemikian macam sehingga beroperasi sesuai desain dan menurut keadaan di lingkungan IPAL komunal sehingga mampu digunakan oleh periset IPAL guna memantau PLTS dan sinar iradiasi di area IPAL. Alat ini terdiri dari panel matahari berkapasitas 50WP sebagai pemberi daya dan baterai sebagai sarana pencadangan untuk sumber tenaga rangkaian alat ini, memakai sensor INA219 untuk membaca nilai tegangan, arus, daya dan untuk membaca nilai temperature menggunakan sensor DS18B20. Perangkat tersebut akan mengeluarkan keluaran berbentuk data sensor serta dikirimkan ke Haiwell C-Box dan menampilkan parameter di Haiwell Cloud sehingga dapat dipantau dari jarak jauh.

A. Hasil Perancangan Hardware



Gambar 4. 1 Realisasi Perangkat Sensor Irradiance



Gambar 4. 1 Rangkaian Alat

Gambar diatas merupakan hasil rangkaian alat yang telah dirangkai, dimana diletakan pada PCB box dan digabung dengan komponen lainnya yang ada di panel box. Rangkaian tersebut digunakan untuk memudahkan proses pengambilan data nilai referensi tegangan, arus, temperature dan sinar iradiasi matahari.

B. Pengujian Pembacaan Sensor INA219

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran setiap parameter yang dikeluarkan oleh PLTS IPAL Komunal dan melakukan 5 kali percobaan yang bertujuan untuk dibandingkan ke akuratanya dengan sensor INA219.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor INA219

Beban	Tegangan (V)			Arus (mA)		
	Multimeter	Sensor	% Error	Multimeter	Sensor	% Error
12 VDC 0,13 A	12,52	12,29	0,019	147,6	159,2	0,07
	12,46	12,3	0,013	153,1	158,2	0,03
	12,6	12,55	0,004	77,69	73,5	0,06
	12,57	12,5	0,006	87,8	75,5	0,16
	12,5	12,49	0,001	91,4	83,5	0,09
Rata -Rata Error			0,008			0,08

Pada Tabel 4. 1 memperlihatkan keakuratan sensor INA219, dengan rata-rata nilai error sekitar 0,008% untuk nilai tegangan dan sekitar 0,8% untuk nilai arus.

C. Pegujian Monitoring Panel Surya dan Baterai

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran setiap parameter yang dikeluarkan oleh PLTS IPAL Komunal dan melakukan 10 kali percobaan yang bertujuan

untuk dibandingkan ke akuratanya dengan sensor INA219.

Tabel 4. 2 Pengujian Monitoring Panel Surya dan Baterai

Pengujian	Tegangan (V)			Arus (mA)			Daya (W)		
	Sensor	Multimeter	% Error	Sensor	Multimeter	% Error	Sensor	Multimeter	% Error
Baterai	12,52	12,29	0,019	147,6	159,2	0,07	1,84	1,96	0,06
	12,46	12,3	0,013	153,1	158,2	0,03	1,9	1,95	0,02
	12,6	12,55	0,004	77,69	73,5	0,06	0,97	0,92	0,05
	12,57	12,5	0,006	87,8	75,5	0,16	1,1	0,94	0,17
	12,5	12,49	0,001	91,4	83,5	0,09	1,14	1,04	0,09
	12,63	12,58	0,004	78,19	75,7	0,03	0,98	0,95	0,03
	12,65	12,62	0,002	61,59	72,8	-0,15	0,77	0,92	0,16
	12,59	12,61	0,002	60,59	71,2	-0,15	0,76	0,90	0,15
	12,58	12,56	0,002	57,9	66,6	-0,13	0,72	0,84	0,14
	12,6	12,55	0,004	57,79	63,5	-0,09	0,72	0,80	0,10
Panel Surya	18,73	19,18	-0,023	54,09	48,7	0,11	1,01	0,93	0,08
	18,75	18,18	0,031	52,29	51,4	0,02	0,98	0,93	0,05
	18,06	17,62	0,025	63,79	62,5	0,02	1,15	1,10	0,04
	19,43	18,54	0,048	49,2	58,4	-0,16	0,95	1,08	0,12
	18,41	18,42	-0,001	53,09	51,3	0,03	0,97	0,94	0,03
	17,11	17,32	-0,012	73,09	61,4	0,19	1,25	1,06	0,18
	13,54	13,47	0,005	91	44,3	1,05	1,23	0,60	1,06
	13,46	13,59	-0,010	80,4	45,8	0,76	1,08	0,62	0,74
	13,43	13,22	0,016	77,8	57,1	0,36	1,04	0,75	0,38
	13,5	13,24	0,020	79,3	61,8	0,28	1,07	0,82	0,31
Rata - Rata Error			0,008			0,13			0,12

D. Pengujian Sensor Irradiance

Pengujian sensor irradiance dalam panel matahari diterapkan pada jam 09:00 hingga 16:00 dengan menggunakan beban lampu 12V 3Watt. Pengujian ini dilakukan di IPAL Komunal Tirtarona Tlogomas, Kota Malang.

Tabel 4. 3 Pengujian Irradiance

Waktu	Solar Power Meter (W/m ²)	Sensor (W/m ²)	Error (%)	Suhu (C)
09.00	625	614	0,018	32
09.10	628	615	0,021	32
09.20	635	617,56	0,027	33
09.30	640	615,55	0,038	33
09.40	661	609,49	0,078	33
09.50	652	603,44	0,074	33
10.00	661	607,47	0,081	35
10.10	669	610,5	0,087	35
10.20	671	618,57	0,078	35
10.30	681	615,55	0,096	35
10.40	690	618,58	0,104	35
11.00	706	621,6	0,120	35
11.10	708	620,59	0,123	35
11.20	714	612,52	0,142	35
11.30	715	608,48	0,149	35
11.40	705	590,32	0,163	37
11.50	713	607,47	0,148	37
12.00	712	600,41	0,157	37
12.10	690	583,25	0,155	38

12.20	679	572,15	0,157	39
12.30	671	579,22	0,137	37
12.40	657	533,81	0,188	39
12.50	637	522,71	0,179	39
13.00	630	514,64	0,183	39
13.10	612	566,1	0,075	38
13.20	588	561,05	0,046	39
13.30	568	571,15	0,006	39
13.40	546	567,11	0,039	39
13.50	526	565,09	0,074	40
14.00	500	570,14	0,140	38
14.10	469	569,13	0,213	39
14.20	446	569,13	0,276	39
14.30	414	543,9	0,314	39
14.40	388	560,05	0,443	37
14.50	355	558,03	0,572	37
15.00	318	561,05	0,764	35
15.10	283	542,89	0,918	35
15.20	247	477,3	0,932	33
15.30	160	470,24	1,939	30
15.40	193	393,55	1,039	31
15.50	166	335,02	1,018	32
16.00	137	269,43	0,967	32

Dari gambar 4.10 dapat dilihat nilai eror tertinggi tidak melebihi dari 5% dimana error tertinggi terjadi pada jam 15:30 mencapai 1,939%. Pada saat pengambilan nilai maksimum radiasi matahari yang diperoleh hari itu adalah 618,58 W/m² yang terjadipada jam 10:40. Data yang didapat cukup baik karna pada saat pengambilan data tersebut kondisi cuaca sedang baik dan matahari tidak tertutup awan.

Grafik pada gambar 4.10 menunjukkan jam 10:00-13:10 terjadi perubahan yang signifikan dimana pada jam 10:00-11:10 mengalami kenaikan solar irradiasi lalu pada jam 11:30 terjadi penurunan solar irradiasi. Hal ini terjadi karna pada waktu tersebut matahari sempat tertutup oleh awan beberapa saat yang dimana pada jam 13:10 solar irradiasi Kembali naik. Kemudian pada jam 15:10-16:00 juga terjadi hal yang sama dimana terjadi penurunan pada solar irradiasi. Pada jam 09:00-16.00 kenaikan dan penurunan nilai pada sensor iradiasi tidak linear dengan suhu karena output pada panel surya dipengaruhi oleh solar irradiasi saja melainkan juga dari banyak factor parameter seperti kecepatan angin, fill factor dari panel surya, dll.

E. Hasil Tampilan Monitoring SCADA Haiwell

Setelah data yang diperoleh dari alat ukur diolah, dikonfigurasi, dan diprogram, maka hasil pemantauan ditampilkan pada Haiwell Cloud berupa tegangan, arus, daya, suhu, dan radiasi matahari. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4. 2 Tampilan Hasil Monitoring SCADA Haiwell

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dalam penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring Panel Surya Dan Solar Irradiance Untuk Pembangkit Listrik Alat Monitoring Kualitas Air Limbah Ipal Komunal” ini, didapatkan kesimpulan penelitian sebagai berikut:

- Alat yang telah dibangun dengan menggunakan sensor tegangan dan arus yaitu sensor INA219 dan sensor suhu menggunakan DS18B20 telah dapat membaca nilai sesuai perencanaan, adapun hasil pembacaan sensor telah mendapatkan nilai sinar iradiasi matahari sesuai dengan referensi dari alat ukur solar power meter dengan nilai eror tidak melebihi dari 5%.
- Hasil dari pembacaan sensor juga telah dapat di kirimkan ke cloud serta dapat menampilkan tegangan, arus, daya, suhu dan irradiasi matahari pada Haiwell SCADA.

2. Saran

Menurut keseluruhan prosedur dan hasil metode monitoring, penulis memberikan saran guna pengembangan lebih lanjut, ialah:

- Tingkatkan keakuratan pembacaan sensor dengan menggunakan kalibrasi lain.
- Meningkatkan kualitas sensor yang digunakan sehingga nilai ketelitian pembacaan menjadi lebih tepat.
- Menambahkannya penelitian terkait pemantauan penggunaan beban sensor cairan IPAL Komunal Tirtarona.

VI. REFERENSI

- [1] K. E. dan S. D. M. R. Indonesia, "No Title," 2021. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/indonesia-kaya-energi-surya-pemanfaatan-listrik-tenaga-surya-oleh-masyarakat-tidak-boleh-ditunda>
- [2] Tanwir, S. Widiastuti, and A. Muid Fabanyo, "Penyerapan Energi Matahari Pada Solar Cell Dengan Menggunakan Sistem Tracking," *J. Tek. Mesin Univ. Sains dan Teknol. Jayapura*, vol. 8, no. 2, pp. 13–25, 2019.
- [3] P. P. Station, "LABVIEW BASED REMOTE MONITORING SYSTEM APPLIED FOR LABVIEW BASED REMOTE MONITORING SYSTEM APPLIED FOR Abstract: Key words; Biography :," no. August 2019, 2010.
- [4] A. Soetedjo, Y. I. Nakhoda, A. Lomi, and Farhan, "Web-SCADA for monitoring and controlling hybrid wind-PV power system," *Telkommika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 12, no. 2, pp. 305–314, 2014, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v12i2.1889.
- [5] A. B. Aji, "Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus 153," *Pros. SNATIF ke-4 Tahun 2017*, pp. 153–160, 2017.
- [6] L. Dunn, M. Gostein, and K. Emery, "Comparison of pyranometers vs. PV reference cells for evaluation of PV array performance," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, pp. 2899–2904, 2012, doi: 10.1109/PVSC.2012.6318193.
- [7] A. Performansi, P. Listrik, and A. S. Adi, "Tenaga Surya Melalui Rancang Bangun Serta Pengukuran Dengansensor Solar Irradiance Dan Temperatur," 2016.
- [8] N. Shankarappa, M. Ahmed, N. Shashikiran, and H. Naganagouda, "Solar Photovoltaic Systems – Applications & Configurations," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 8, pp. 1851–1855, 2017, [Online]. Available: <https://irjet.net/archives/V4/i8/IRJET-V4I8327.pdf>
- [9] Y. Sianturi, "Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi," *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, 2021, doi: 10.46824/megasains.v12i1.45.
- [10] L. S. DADAN HAMDANI, KADEK SUBAGIADA, "Analisis Kinerja Solar Photovoltaic System (Sps) Berdasarkan," no. January, p. 9, 2011.
- [11] S. Gadekar, M. Pimple, S. Thopate, and A. Nikam, "IOT Based Smart Energy Meter Using ESP 32," *SSRN Electron. J.*, 2021, doi: 10.2139/ssrn.3917892.
- [12] I. P. O. Wisnawa, I. P. W. Prasetia, and C. A. S. Lahallo, "Arsitektur Internet of Things (IoT) Berskala Industri Dengan Fitur Auto Provisioning," *TIERS Inf. Technol. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 24–30, 2021, doi: 10.38043/tiers.v2i2.3312.
- [13] S. Salam and H. Mubarak, "Monitoring Output Daya Prototype Solar Tracker Dual Axis Menggunakan Web Server Berbasis Arduino," *J. Tek. Elektro, Univ. Islam Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–6, 2019.
- [14] H. Hasan, W. Heyawan, I. Suharto, and M. Yuwono, "Aplikasi Kontrol Dan Monitoring Pada Proses Pencucian Mobil Otomatis Berbasis PLC Outseal dan HMI Haiwell Untuk Modul Peraga Praktikum Otomasi Dasar," *J. Elit*, vol. 3, no. 2, pp. 22–31, 2022, doi: 10.31573/elit.v3i2.410.
- [15] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, "Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *J. Imagine*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022, doi: 10.35886/imagine.v2i1.329.

VII. BIODATA PENULIS



Penulis lahir di kabupaten Malang tanggal 06 Desember 1999, dan mulai bersekolah di SD MI-IMAMI Kepanjen pada tahun 2006 dan lulus pada tahun 2012, kemudian lanjut SLTP di MTs Negeri 06 Kepanjen pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan SLTA di SMK Brantas Karangates Sumber Pucung pada tahun 2015 dengan memilih jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik hingga lulus pada tahun 2018. Selanjutnya melanjutkan Pendidikan di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang dengan program studi Teknik Elektro S-1 konsentrasi Energi Listrik yang berfokus dalam bidang energi terbarukan, pemantauan panel surya dan irradiasi matahari.