

Laporan Proyek Akhir Praktikum Sistem Tertanam

Proyek Akhir

“Virtual instrumentasi dan akuisisi data dari *solar cell* secara *real-time* menggunakan Arduino dan PLX-DAQ sebagai *serial communication* ”

Nama Anggota : Sultan Fahd Muhammad B.Y
Yohana Muriana Sidabutar
Elza May Elizabeth Ginting
Nomor Kelompok : Kelompok 4
Hari Praktikum : Jumat



**Laboratorium Interface - Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
2023**

“Virtual instrumentasi dan akuisisi data dari *solar cell* secara *real-time* menggunakan Arduino dan PLX-DAQ sebagai *serial communication* ”

TUJUAN

- Memanfaatkan foton matahari dengan merancang *prototype* PLTS sederhana untuk menghemat penggunaan listrik sehari-hari.
- Membuat virtual instrumentasi untuk sistem pemantauan secara *real time* dari karakteristik panel surya seperti tegangan, arus, dan daya.
- Memvisualisasikan grafik data karakteristik panel surya secara *real time* di *spreadsheet* menggunakan macro akuisisi data PLX-DAQ.

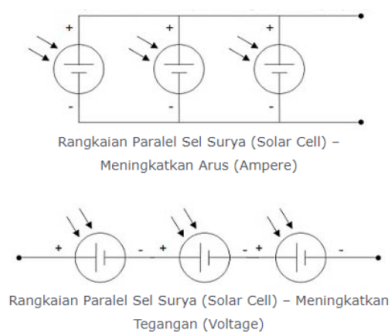
TEORI DASAR

Energi merupakan kebutuhan paling mendasar selama kehidupan umat manusia berlangsung. Salah satunya yaitu energi yang dihasilkan pada matahari. Energi matahari merupakan energi yang diperoleh dari pancaran panas sinar matahari. Sebagai salah satu sumber energi yang paling besar di bumi, sinar matahari dapat menunjang keberlangsungan hidup seluruh makhluk hidup.

Untuk mendapatkan manfaat tersebut, energi matahari harus dimanfaatkan sedemikian rupa agar dapat menjadi energi ramah lingkungan, misalnya dengan pemanfaatan teknologi panel surya (solar panel). Sel surya (solar cell) merupakan suatu komponen yang dapat mengubah energi foton matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*.

Efek *photovoltaic* merupakan suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel surya sering disebut dengan Sel Photovoltaic (PV).

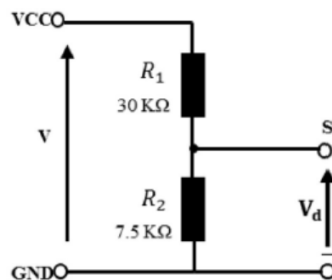
Sinar matahari terdiri dari beberapa partikel yang sangat kecil yang sering kita sebut dengan foton. Saat panel surya terkena matahari, foton yang merupakan partikel dari sinar matahari akan bertumbukan dengan atom semikonduktor silikon sel surya. Sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan positif (+).



Gambar 1.1 Jenis rangkaian *solar cell*

Sensor Tegangan

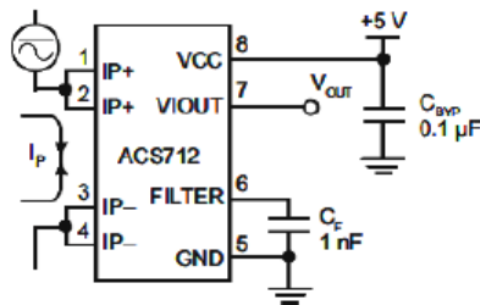
Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan input mengurangi 5 kali dari tegangan output solar panel. Sehingga sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 V. Agar dapat terukur oleh Arduino UNO, output solar panel tersebut harus menjadi tegangan lain (V_d) bernilai 0 - 5 V, hal ini dikarenakan input analog Arduino UNO terbatas pada 5 V.



Gambar 1.2 Skematik sensor tegangan

Sensor Arus

Sensor ACS712 merupakan sensor yang dapat membaca nilai arus pada beban DC dan AC. Sensor ini pada umumnya digunakan dalam pengontrolan motor, mendeteksi beban listrik, dan proteksi beban berlebih. Cara kerja sensor ini adalah dengan membaca arus yang mengalir pada kabel yang terdapat didalamnya medan magnet. Kemudian medan magnet ditangkap oleh *hall effect* dan diubah menjadi tegangan proporsional.



Gambar 1.3 Skematik Sensor Arus

Selanjutnya mikrokontroler akan menerima pembacaan data parameter panel surya dari kedua modul sensor dan diproses oleh komputer melalui komunikasi serial. Program PLX-DAQ digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan spreadsheet Excel untuk membaca dan menulis pada excel dengan cepat. Program akuisisi ini dapat membaca parameter eksperimental karakteristik pada arduino dan dapat menghasilkan output yang memadai tanpa mengkompilasi ulang seluruh kode program.

Program PLX-DAQ terdiri atas control, posisi port dari Arduino yang akan digunakan dan baud COM port serial yang digunakan Arduino. Tingkat transmisi dapat dipilih dalam rentang $1\text{m}=0.08\text{ms}$ (9600-128000 baud). Komputer yang digunakan harus sangat cepat dalam mendukung akuisisi data secara real-time. Program digunakan untuk hubungan antarmuka, maka dapat langsung memantau performansi panel surya.

PRINSIP KERJA

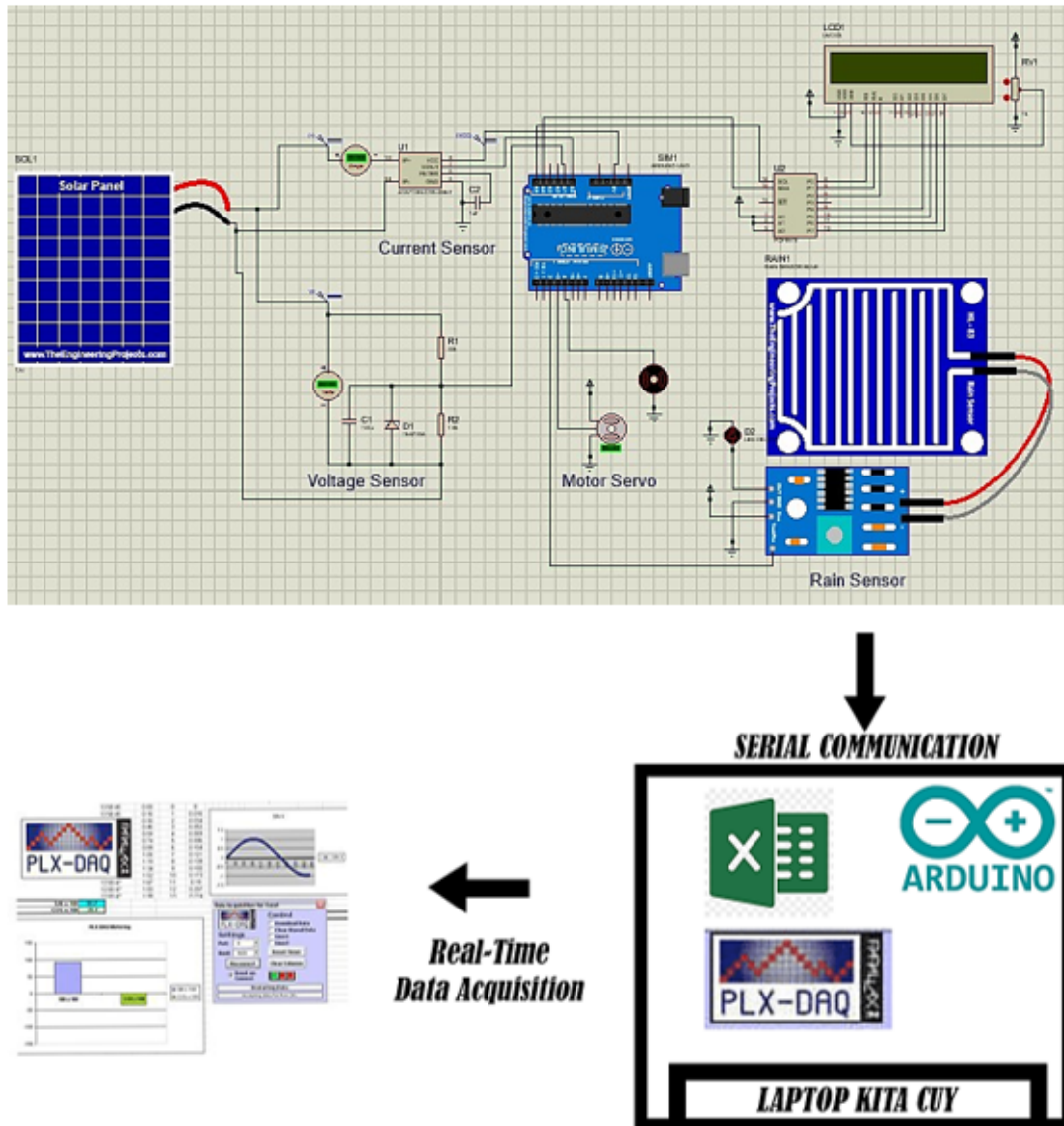
Solar panel akan menyerap cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Listrik tersebut akan memicu relay untuk mengaktifkan Motor dengan sumber

tegangan dari luar. Motor ini sebagai indikator untuk melihat solar panel dapat bekerja. kemudian energi Listrik yang dihasilkan dari solar panel yaitu berupa arus searah (DC) kemudian diteruskan ke sensor tegangan dan sensor arus.

Cara kerja sensor arus adalah dengan membaca arus yang mengalir pada kabel yang terdapat didalamnya medan magnet. Kemudian medan magnet ditangkap oleh hall effect dan diubah menjadi tegangan proporsional. kemudian, tegangan listrik terjadi dikarenakan adanya beda potensial listrik antara dua titik dalam polarisasi solar cell. Beda potensial listrik tersebut terjadi dalam kurun waktu yang cepat. Sehingga untuk mengukur tegangan tersebut menggunakan sensor tegangan ZMPT101B. Hasil pembacaan sensor arus dan tegangan panel surya dikontrol sepenuhnya oleh mikroprosesor ATmega328P. Sensor disini berfungsi untuk mengetahui besaran atau nilai yang terukur pada panel solar cell dan mengkonversinya ke ADC sehingga nilai yang terukur akan tampil pada LCD. Pada LCD juga akan ditampilkan daya listrik yang dihasilkan. Setelah itu, juga terdapat sensor hujan berfungsi sebagai pendeteksi ketika pada panel solar cell tersebut terkena air, maka akan ada atap yang menutup solar cell menggunakan motor servo. Namun, jika sensor hujan mendeteksi adanya air, maka motor servo akan bergerak menutup semua peralatan yang digunakan, dan proses penyerapan solar tidak akan berjalan sampai motor servo membuka kembali.

Kemudian data yang didapat akan diproses melalui excel secara real-time. Program PLX-DAQ digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan spreadsheet Excel. Program akuisisi ini dapat membaca parameter eksperimental karakteristik pada arduino dan dapat menghasilkan output yang memadai tanpa mengkompilasi ulang seluruh kode program. Sehingga akan terlihat berapa banyak listrik yang dapat dihemat.

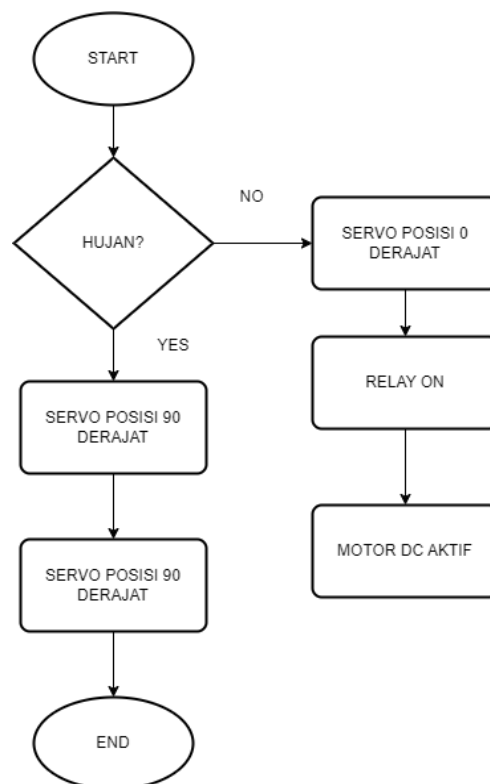
SKEMATIK RANGKAIAN



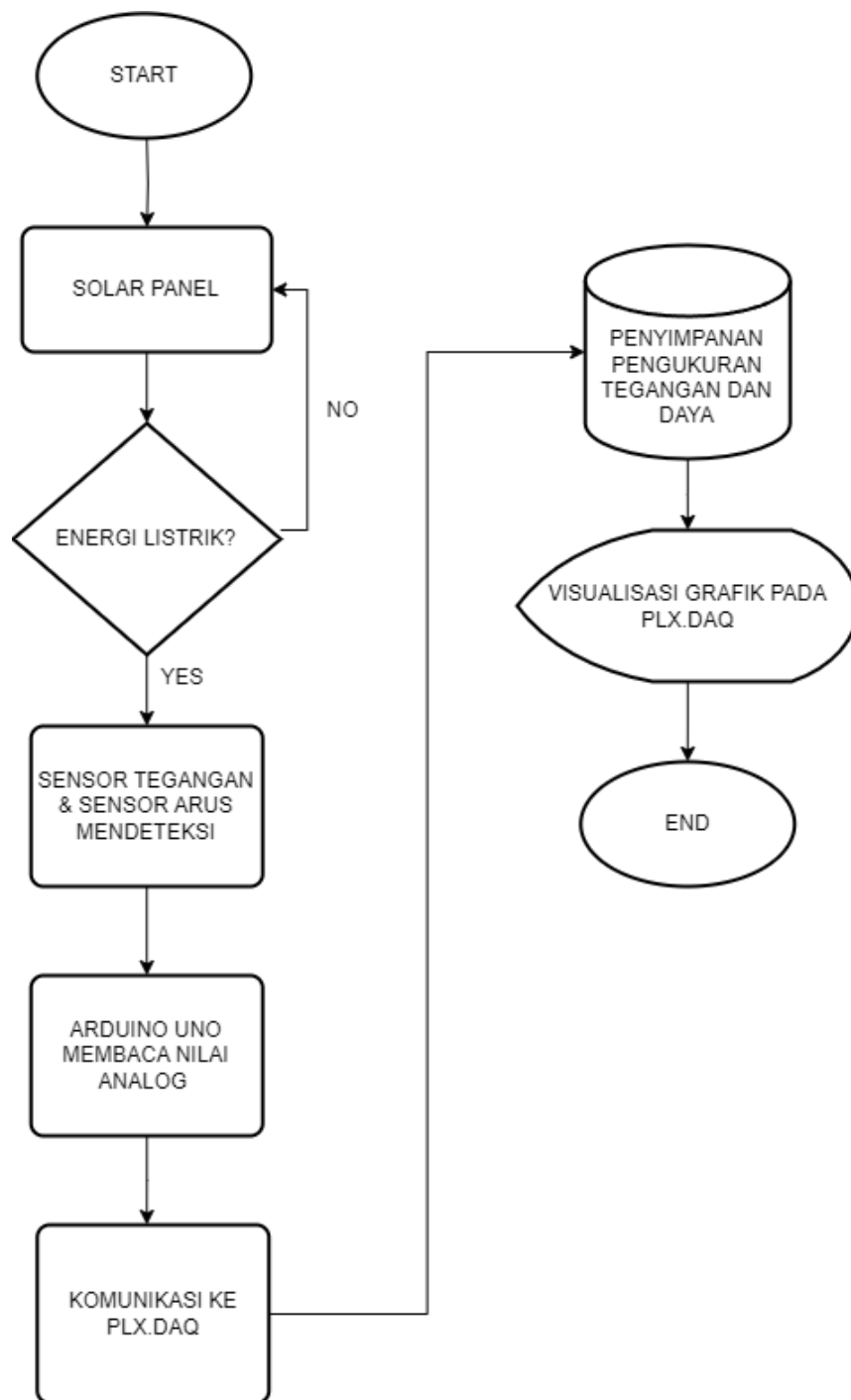
Gambar 2.1 Desain Rangkaian

FLOWCHART

Gambar 3.1 *Flowchart* secara umum



Gambar 3.2 *Flowchart* subroutine kondisi cuaca



Gambar 3.3 *Flowchart* subroutine ADC ke PLX-DAQ

Kemudian data yang didapat akan diproses melalui excel secara real-time. Program PLX-DAQ digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan spreadsheet Excel. Program akuisisi ini dapat membaca parameter eksperimental karakteristik pada arduino dan dapat menghasilkan output yang memadai tanpa mengkompilasi ulang seluruh kode program. Sehingga akan terlihat berapa banyak listrik yang dapat dihemat.

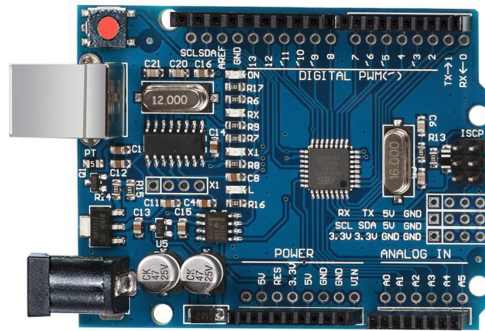
ALAT DAN BAHAN

- Arduino UNO R3 (Original)
- Sensor tegangan ZMPT101B
- Sensor arus ACS712
- Alphanumeric LCD 16x2 dengan I²C *serial interface module*
- 2 buah Solar Panel 12V 1.5Watt
- 1 buah Rain Sensor
- *Relay aktif high 5V(actuator)*
- Motor Servo 5V (*actuator*)
- Motor DC (*actuator*)
- Stopkontak
- Laptop (Arduino IDE, PLX-DAQ)

PENJELASAN ALAT BAHAN

1. Arduino UNO

Arduino merupakan mikrokontroler *single-board* yang memiliki sifat *open-source*. Untuk dapat menggunakan *hardware* Arduino maka diperlukan bahasa pemrograman *wiring-based*. Bahasa *wiring-based* ini tidak jauh berbeda dengan Bahasa C/C++ . Pada proyek ini kebutuhan menggunakan Arduino yaitu untuk membaca sinyal analog dan mengubahnya menjadi sinyal digital, atau yang dikenal sebagai ADC. Selain itu, digunakan sebagai *serial communication* untuk akuisisi data PLX-DAQ.



Gambar 4.1 Arduino UNO

2. Sensor Tegangan ZMPT101B

Tegangan listrik terjadi dikarenakan adanya beda potensi listrik antara dua titik dalam sebuah rangkaian listrik. Beda potensi listrik tersebut terjadi dalam kurun waktu yang cepat dan dalam waktu yang berulang-ulang dikarenakan beban yang tidak linear. Sehingga untuk mengukur tegangan tersebut menggunakan sensor ZMPT101B. Sensor ZMPT101B dapat mengukur hingga 250 Volt, sehingga dalam kondisi beban yang tidak linear maka sensor ini sangat cocok dalam pengukuran tegangan.



Gambar 4.2 Sensor Tegangan ZMPT101B

3. Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 merupakan sensor yang dapat membaca nilai arus pada beban DC dan AC. Sensor ini pada umumnya digunakan dalam pengontrolan motor, mendeteksi beban listrik, dan proteksi beban berlebih. Cara kerja sensor ini adalah dengan membaca

arus yang mengalir pada kabel yang terdapat didalamnya medan magnet. Kemudian medan magnet ditangkap oleh *hall effect* dan diubah menjadi tegangan proporsional.



Gambar 4.3 Sensor Arus ACS712

4. Liquid Crystal Display (LCD) dengan modul

LCD berfungsi untuk menampilkan suatu keluaran dari pembacaan sebuah sensor yang ditampilkan menjadi sebuah nilai, teks, dan menu pada mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah ukuran 2x16 yang mana modul LCD ini tersedia dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dapat dibentuk oleh pixel. Dengan adanya modul sebagai part tambahannya, membuat LCD ini menghemat wiring pada Arduino. Sehingga, penggunaan LCD tidak terlalu kompleks.

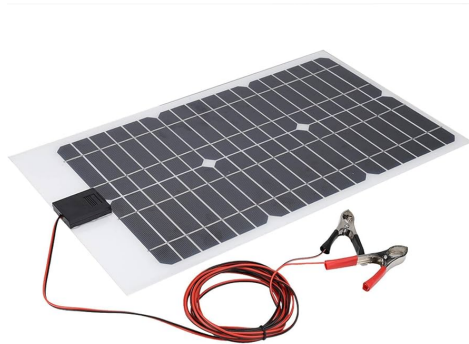


Gambar 4.4 LCD dengan interface modul

5. Solar panel

Solar panel atau panel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat secara langsung mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Pada dasarnya panel surya

terdiri dari sambungan p-n yang memiliki fungsi yang sama dengan dioda. Ketika sinar matahari mengenai permukaan solar panel, energi yang dipancarkan oleh sinar matahari ini kemudian diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian diode p ke n dan setelah itu mengalir ke luar melalui kabel yang sudah terpasang pada panel.



Gambar 4.5 Solar Panel

6. Relay

Relay sering digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian secara terkontrol. *Relay* adalah saklar elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet. Komponen ini terdiri dari lilitan dan lempengan yang berfungsi sebagai saklar. Saat lilitan dialiri arus listrik maka akan timbul medan magnet dan menarik lempengan.

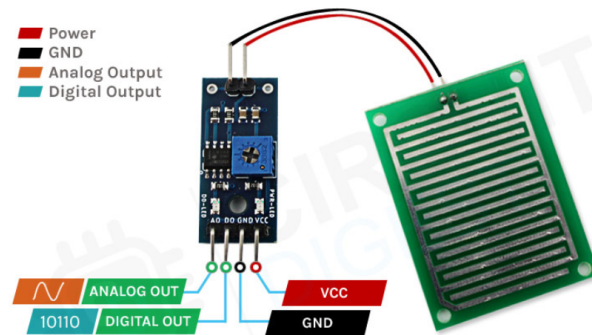


Gambar 4.6 Relay

7. Rain Sensor

Prinsip kerja Sensor Pendeteksi Hujan cukup sederhana. PCB terbuat dari beberapa pelat konduktif log terbuka yang disusun dalam format kotak. Ketika hujan turun di atas

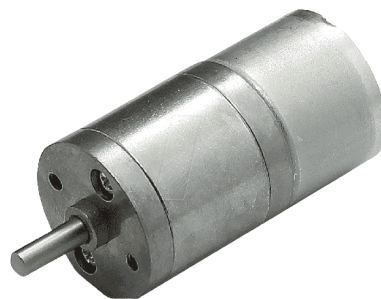
sensor, resistivitas pelat konduktif berubah, dan dengan mengukur perubahan resistansi, kita dapat menentukan intensitas curah hujan. Semakin deras curah hujan semakin rendah resistensinya.



Gambar 4.7 Rain Sensor

8. Motor DC

Motor DC dapat bekerja ketika dialiri arus listrik searah (DC). Motor DC berfungsi sebagai aktuator yang menggerakkan panel surya. Motor DC terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang tidak berputar disebut kumparan medan (stator) dan bagian yang berputar disebut kumparan jangkar (rotor). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluks magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluks magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.



Gambar 4.8 Motor DC

9. Motor Servo

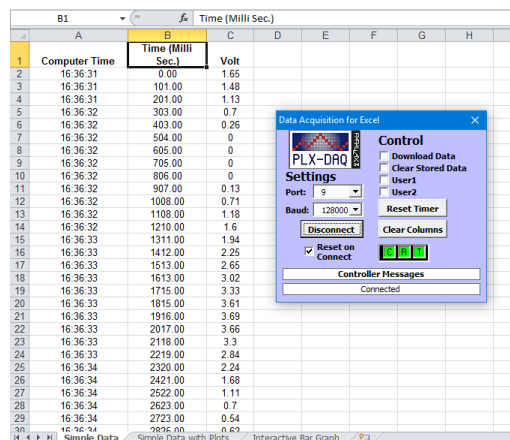
Motor servo merupakan perangkat elektromekanis yang dirancang menggunakan sistem kontrol jenis loop tertutup (servo) sebagai penggerak dalam sebuah rangkaian yang menghasilkan torsi dan kecepatan yang berdasarkan arus listrik dan tegangan yang ada. Sederhananya motor servo ini perangkat listrik mandiri yang dapat mendorong, memutar objek dengan presisi tinggi. Jika ingin memutar suatu objek pada beberapa sudut atau jarak tertentu, maka bisa menggunakan motor servo.



Gambar 4.9 Motor Servo

10. Software PLX-DAQ

Add-in perangkat lunak Parallax Data Acquisition tool (PLX-DAQ) untuk Microsoft Excel memperoleh hingga 26 saluran data dari mikrokontroler Parallax mana pun dan memasukkan angka-angka tersebut ke dalam kolom saat saluran tersebut tiba. PLX-DAQ menyediakan analisis spreadsheet yang mudah atas data yang dikumpulkan di lapangan, analisis laboratorium terhadap sensor, dan pemantauan peralatan secara real-time.



Gambar 4.10 Tampilan pada PLX - DAQ

PROGRAM

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
Servo servo;

const int sensorPin = 2;
const int servo_pin = 3;
const int relay_pin = 4;
const int analogPinTegangan = A1;
const int analogPinArus = A2;

float R1 = 30000.0; //30k
float R2 = 7500.0; //7500 ohm resistor,
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
float teganganRaw;
float tegangan = 0;
float arus = 0;
float daya = 0;

int dataHujan;

String kondisiCuaca;

void setup()
{
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    pinMode(sensorPin, INPUT);
    servo.attach(servo_pin);
    pinMode(analogPinTegangan, INPUT);
    pinMode(relay_pin, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("CLEARDATA");
    Serial.println("LABEL,Waktu,Voltage,Power");
}

void sensorArus() {
    arus = analogRead(analogPinArus)*0.125 / 1023.0;
}

void sensorTegangan() {
    teganganRaw = analogRead(analogPinTegangan)*5.0 / 1023.0;
    tegangan = teganganRaw / (R2/(R1+R2));
}

void sensorHujan() {
    dataHujan = digitalRead(sensorPin);
    if(dataHujan == 0){
        digitalWrite(relay_pin, HIGH);
    }
}
```

```

    servo.write(90);
    kondisiCuaca = "CUACA HUJAN";
}

else{
    digitalWrite(relay_pin, LOW);
    servo.write(0);
    kondisiCuaca = "CUACA CERAH";
}
}

void loop(){
    sensorArus();
    sensorTegangan();
    sensorHujan();

    daya = tegangan*arus;

    Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print(tegangan,2);
    Serial.print(",");
    Serial.println(daya,2); //send the power to serial port

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("V:" + String(tegangan,2) + "V");
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("P:" + String(daya,2) + "W");
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(kondisiCuaca);

    delay(1000);
}

```

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek yang berjudul “Virtual instrumentasi dan akuisisi data dari solar cell secara real-time menggunakan Arduino dan PLX-DAQ sebagai serial communication” ini memungkinkan pemantauan langsung kinerja sel surya dalam waktu nyata. Hal ini penting untuk mengetahui respons sel surya terhadap perubahan kondisi lingkungan atau variabel lainnya, seperti intensitas cahaya matahari.

Penggunaan konsep virtual instrumentation memungkinkan praktikan untuk memvisualisasikan data dengan software PLX-DAQ yang memfasilitasi transfer data

yang efisien ke aplikasi Microsoft Excel untuk datanya kemudian akan dianalisis lebih lanjut.

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
Servo servo;
```

Program diawali dengan inisialisasi *library* yang dibutuhkan, diantaranya *library* Servo yang digunakan untuk mengontrol servo motor, *library* Wire yang digunakan untuk komunikasi I2C antar perangkat dan *library* LiquidCrystal_I2C untuk mengontrol modul LCD berbasis I2C. Selain itu, terdapat inisialisasi servo yang akan digunakan.

```
const int sensorPin = 2;
const int servo_pin = 3;
const int relay_pin = 4;
const int analogPinTegangan = A1;
const int analogPinArus = A2;
```

Karena menggunakan banyak komponen, maka perlu dilakukan deklarasi pin. Pin 2 pada arduino terhubung ke sensor hujan, pin 3 terhubung pada servo, pin 4 terhubung pada relay, pin A1 terhubung dengan sensor tegangan dan pin A2 terhubung dengan sensor arus.

```
float R1 = 30000.0; //30k
float R2 = 7500.0; //7500 ohm resistor,
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
float teganganRaw;
float tegangan = 0;
float arus = 0;
float daya = 0;
int dataHujan;
String kondisiCuaca;
```

Bagian ini mendeskripsikan tipe data pada variabel yang digunakan. Tipe data *float* digunakan untuk memberikan nilai berupa bilangan pecahan. Selanjutnya mendefinisikan nilai hambatan yang berada pada sensor tegangan. Pada hambatan R1, nilai resistornya sebesar 30k ohm dan nilai R2 sebesar 7.5k ohm. Kemudian inisialisasi LCD I2C yang digunakan. Untuk tegangan, arus dan daya awal diatur pada nilai awal 0. DataHujan

menggunakan tipe data integer yang menghasilkan bilangan bulat dan kondisiCuaca dideklarasikan sebagai objek string.

```
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  servo.attach(servo_pin);
  pinMode(analogPinTegangan, INPUT);
  pinMode(relay_pin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Waktu,Voltage,Power");
}
```

Selanjutnya merupakan bagian untuk menjalankan program Arduino. Diantaranya melakukan inisialisasi LCD termasuk *backlight* yang terdapat pada LCD. Sensor hujan dideklarasikan sebagai input. Pin tegangan analog dideklarasikan sebagai input dan relay sebagai output. Kode serial.begin menandakan dimulainya komunikasi serial dengan *baud rate* 9600. Serial ini digunakan untuk menampilkan data dari PLX-DAQ berupa label waktu, *voltage* dan *power*.

```
void sensorArus() {
  arus = analogRead(analogPinArus)*0.125/1023.0;
}

void sensorTegangan() {
  teganganRaw = analogRead(analogPinTegangan)*5.0/1023.0;
  tegangan = teganganRaw / (R2/(R1+R2));
}

void sensorHujan() {
  dataHujan = digitalRead(sensorPin);
  if(dataHujan == 0){
    digitalWrite(relay_pin, HIGH);
    servo.write(90);
    kondisiCuaca = "CUACA HUJAN";
  }

  else{
    digitalWrite(relay_pin, LOW);
    servo.write(0);
    kondisiCuaca = "CUACA CERAH";
  }
}
```

```
}
```

Bagian selanjutnya bertujuan untuk mengatur masing masing fungsi sensor, yaitu sensor arus, sensor tegangan dan sensor hujan. Pada fungsi sensor arus, nilai dikalikan dengan faktor skala (0.125) dan dibagi dengan 1023, dimana nilai ini merupakan nilai maksimum dari fungsi ‘analogRead()’ dan hasilnya akan disimpan dalam variabel “arus”. Hal yang serupa juga terjadi pada tegangan arus, yang membedakan adalah besar skalanya yaitu 5 dan disimpan dalam variabel “tegangan”. Untuk sensor hujan, terdapat dua jenis kondisi sehingga menggunakan *statement* if-else. Jika data yang dibaca dari sensor pin bernilai 0 menandakan cuaca hujan, maka relay akan mati, servo tetap pada posisi 90 dan LCD akan menampilkan tulisan Cuaca Hujan. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi, menandakan data yang terbaca dari sensor adalah 1 dan cuaca cerah, sehingga servo akan bergerak dan LCD menampilkan tulisan Cuaca Cerah.

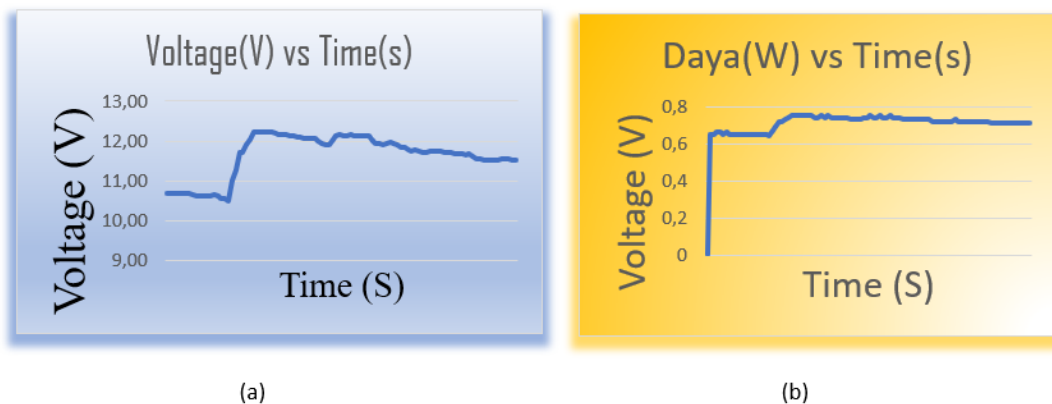
```
void loop() {
    sensorArus();
    sensorTegangan();
    sensorHujan();
    daya = tegangan*arus;

    Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print(tegangan,2);
    Serial.print(",");
    Serial.println(daya,2); //send the power to serial port
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("V: " + String(tegangan,2) + "V");
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("P: " + String(daya,2) + "W");
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(kondisiCuaca);

    delay(1000);
}
```

Selanjutnya adalah bagian utama dari program. Dimana program akan berjalan terus menerus. Bagian ini dimulai dengan memanggil fungsi yang sudah dideklarasikan sebelumnya, yaitu fungsi sensor arus, sensor tegangan dan sensor hujan. Kemudian untuk menghitung daya, digunakan rumus yaitu mengalikan nilai tegangan dan arus. Hasilnya akan disimpan dalam variabel “daya”.

Kode serial print merupakan bagian dari pengaturan komunikasi serial yang dimulai dengan menampilkan judul data, yaitu data dan time. Data yang didapat akan ditampilkan pada PLX-DAQ dalam bentuk tegangan, daya dengan dua angka dibelakang koma. Kemudian nilai tegangan, daya dan tulisan cuaca akan ditampilkan pada LCD dengan jeda 1 detik. Fungsi ini menciptakan siklus terus-menerus yang membaca data dari sensor, menghitung daya, dan menampilkan informasi pada PLX-DAQ dan layar LCD setiap detiknya. Tampilan yang didapat dari PLX-DAQ adalah sebagai berikut



Dari grafik dapat dilihat bahwa sel surya memiliki titik operasi tertentu di mana efisiensinya maksimal. Pada titik ini, tegangan dan arus berada pada tingkat yang optimal untuk menghasilkan daya maksimal.

Terdapat trade-off antara tegangan dan arus dalam efisiensi sel surya. Kenaikan tegangan mungkin meningkatkan efisiensi namun seiringan dengan penurunan arus. Sebaliknya, kenaikan arus mungkin meningkatkan daya namun dapat mengorbankan efisiensi.

KESIMPULAN

- Energi yang dihasilkan oleh solar sel bergantung dari nilai intensitas cahaya matahari.
- Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya memainkan peran penting dalam menentukan seberapa efisien sel surya dalam menghasilkan daya listrik

- Optimasi tegangan merupakan bagian kunci dalam mencapai efisiensi maksimal dari suatu sistem sel surya.
- Grafik data karakteristik panel surya secara real time di spreadsheet menggunakan macro akuisisi data PLX-DAQ dapat dilakukan.

REFERENSI

- [1] Ardiansyah,A. (2020). *Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)*. Diakses melalui <https://dspace.uui.ac.id/>
- [2] Fauzi, K. W., Arfianto, T., & Taryana, N. (2018). *Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno*. Telka. Diakses melalui <https://telka.ee.uinsgd.ac.id/>
- [3] Tomo, A. W. (2020). *Perancangan Penggerak Panel Surya Berbasis Mikrokontroller Atmega 32a Terhadap Perputaran Waktu / Jam*. UMSU. Diakses melalui <http://repository.umsu.ac.id/>
- [4] Wahab, D. S., & Prabowo, Y. (2018). *Monitoring Tegangan dan Arus yang Dihasilkan oleh Sel Surya Berbasis Web Secara Online*. Diakses melalui <https://jom.fti.budiluhur.ac.id/>

LAMPIRAN**Anggaran Pembelian Komponen Proyek**

Barang	Jumlah	Harga
Arduino	1 buah	Rp50.000,00
Solar Panel-12 V 1.5 W	1 buah	Rp28.000,00
Motor DC 1-6 V	1 buah	Rp5.000,00
Rain Sensor	1 buah	Rp10.000,00
LCD	1 buah	Rp23.000,00
Sensor Arus 30 A	1 buah	Rp15.500,00
Motor Servo	1 buah	Rp13.500,00
Relay 5 V	1 buah	Rp 5.000,00
Sensor Tegangan	1 buah	Rp 2.300,00
Total		Rp152.300,00

Data yang dipat dari PLX-DAQ

Waktu	Voltage	Power	Waktu	Voltage	Power	Waktu	Voltage	Power	Waktu	Voltage	Power	Waktu	Voltage	Power
14:55:31	10,51	0,65	14:56:03	12,19	0,75	14:56:36	11,95	0,73	14:56:36	11,95	0,73	14:57:08	11,53	0,71
14:55:32	10,68	0,65	14:56:04	12,17	0,74	14:56:37	11,97	0,73	14:56:37	11,97	0,73	14:57:10	11,56	0,71
14:55:33	10,70	0,66	14:56:05	12,15	0,74	14:56:38	11,95	0,73	14:56:38	11,95	0,73	14:57:10	11,56	0,71
14:55:34	10,70	0,66	14:56:07	12,15	0,75	14:56:39	11,90	0,73	14:56:39	11,90	0,73	14:57:12	11,56	0,71
14:55:35	10,70	0,65	14:56:08	12,12	0,74	14:56:40	11,85	0,73	14:56:40	11,85	0,73	14:57:13	11,53	0,71
14:55:36	10,68	0,66	14:56:09	12,12	0,75	14:56:41	11,83	0,73	14:56:41	11,83	0,73	14:57:14	11,53	0,71
14:55:37	10,68	0,65	14:56:10	12,10	0,74	14:56:42	11,78	0,72	14:56:42	11,78	0,72	14:57:15	11,53	0,71
14:55:38	10,68	0,65	14:56:11	12,10	0,74	14:56:43	11,75	0,72	14:56:43	11,75	0,72	14:57:16	11,53	0,71
14:55:39	10,65	0,65	14:56:12	12,07	0,74	14:56:44	11,78	0,72	14:56:44	11,78	0,72	14:57:17	11,53	0,71
14:55:40	10,63	0,65	14:56:13	12,07	0,74	14:56:45	11,75	0,72	14:56:45	11,75	0,72	14:57:18	11,51	0,71
14:55:41	10,61	0,65	14:56:14	12,07	0,74	14:56:46	11,73	0,72	14:56:46	11,73	0,72	14:57:19	11,51	0,71
14:55:42	10,61	0,65	14:56:15	12,07	0,74	14:56:47	11,73	0,72	14:56:47	11,73	0,72	14:57:20	11,56	0,71
14:55:43	10,61	0,65	14:56:16	12,00	0,73	14:56:48	11,75	0,72	14:56:48	11,75	0,72	14:57:21	11,53	0,71
14:55:45	10,61	0,65	14:56:17	11,93	0,73	14:56:50	11,75	0,73	14:56:50	11,75	0,73	14:57:22	11,53	0,71
14:55:46	10,65	0,65	14:56:18	11,90	0,73	14:56:51	11,75	0,72	14:56:51	11,75	0,72	14:57:23	11,53	0,71
14:55:47	10,61	0,65	14:56:19	11,90	0,73	14:56:52	11,75	0,72	14:56:52	11,75	0,72	14:57:24	11,53	0,71
14:55:48	10,56	0,65	14:56:20	12,05	0,74	14:56:53	11,73	0,72	14:56:53	11,73	0,72	14:57:25	11,53	0,71
14:55:49	10,56	0,65	14:56:21	12,12	0,74	14:56:54	11,73	0,72	14:56:54	11,73	0,72	14:57:26	11,53	0,71
14:55:50	10,48	0,64	14:56:22	12,15	0,75	14:56:55	11,71	0,72	14:56:55	11,71	0,72	14:57:27	11,51	0,7
14:55:51	11,00	0,67	14:56:23	12,12	0,74	14:56:56	11,68	0,72	14:56:56	11,68	0,72	14:57:28	11,51	0,71
14:55:52	11,27	0,69	14:56:24	12,12	0,74	14:56:57	11,68	0,72	14:56:57	11,68	0,72	14:57:29	11,49	0,7
14:55:53	11,73	0,72	14:56:25	12,15	0,75	14:56:58	11,68	0,72	14:56:58	11,68	0,72	14:57:30	11,49	0,7
14:55:54	11,73	0,72	14:56:26	12,12	0,74	14:56:59	11,66	0,72	14:56:59	11,66	0,72	14:57:31	11,49	0,71
14:55:55	11,90	0,73	14:56:27	12,12	0,74	14:57:00	11,68	0,72	14:57:00	11,68	0,72	14:57:32	11,51	0,7
14:55:56	12,05	0,74	14:56:29	12,12	0,75	14:57:01	11,63	0,71	14:57:01	11,63	0,71	14:57:34	11,51	0,71
14:55:57	12,22	0,75	14:56:30	12,12	0,74	14:57:02	11,56	0,71	14:57:02	11,56	0,71	14:57:35	11,51	0,71
14:55:58	12,22	0,75	14:56:31	12,12	0,74	14:57:03	11,56	0,71	14:57:03	11,56	0,71	14:57:36	11,51	0,71
14:55:59	12,24	0,75	14:56:32	12,00	0,74	14:57:04	11,53	0,71	14:57:04	11,53	0,71	14:57:37	11,49	0,7
14:56:00	12,22	0,75	14:56:33	11,93	0,73	14:57:05	11,53	0,71	14:57:05	11,53	0,71	14:57:38	11,49	0,7
14:56:01	12,22	0,75	14:56:34	11,93	0,73	14:57:06	11,53	0,71	14:57:06	11,53	0,71	14:57:39	11,46	0,7
14:56:02	12,22	0,75	14:56:35	11,90	0,73	14:57:07	11,53	0,71	14:57:07	11,53	0,71	14:57:40	11,46	0,7