

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, M. S. (2017). *Desain Smart Fogponic Menggunakan IoT*. Skripsi. Bandung: Universitas Telkom.
- Cristianto, W., & Hery, T. S. (2021). Sistem Akuisisi Data Suhu dan Kelembaban pada Lahan Pertanian Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan NRF24L01. *Journal Of Applied Electrical Engineering*, 5(2), 75-78.
- Dahria, M. (2011). Pengembangan Sistem Pakar dalam Membangun Suatu Aplikasi. *Saintikom*, 10(3), 199-205.
- Darmawan, Yusuf, M., & Syahrudin, I. (2015). Pengaruh Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kakao (*Theobroma cacao*. L). *J. Agrolantae*, 4(1), 13-18.
- Fathulrohman, Y. N., & Saepuloh, A. (2018). Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Arduino UNO. *Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika*, 2(1), 161-171.
- Firmansyah, F., Anngo, T. M., & Akyas, A. M. (2009). Pengaruh Umur Pindah Tanam Bibit dan Populasi Tanaman terhadap Hasil dan Kualitas Sayuran Pakcoy (*Brassica campestris* L., *Chinensis* group) yang ditanam dalam Naungan Kasa di Dataran Medium. *Agrikultura*, 20(3), 216-224.
- Friadi, R., & Junadhi. (2019). Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI. *Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS)*, 2(1), 30-37.
- Hakim, E. A. (2012). *Sistem Kontrol*. Malang: UMM Press.
- Intan, H. R., Nurimansyah, A., Adam, M. K., & Marausna, G. (2020). Rancang Bangun Automated Fog Ponc Indoor untuk Tanaman Sayuran. *Proceedings The 1st UMYGrace 2020 (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Undergraduate Conference)*, 175-180.
- Kustiawan, E. (2018). Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO). *Jurnal STT YUPPENTEK*, 9(1), 1-6.
- Maharani, D. M., Sutan, S. M., & Arimurti, P. (2018). Pengontrolan Suhu dan Kelembaban (Rh) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Cabai Merah (*Capsicum Annum* L.) Pada Plant Factory. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 6(2), 120-134.
- Najmurrokhman, A., Kusnandar, & Amrulloh. (2017). Prototipe Pengendali Suhu dan Kelembaban Untuk Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler Atmega328 dan Sensor DHT11. *Jurnal Teknologi UMJ*, 10(1), 73-82.
- Negnevitsky, M. (2005). *Artificial Intilligence*. Pearson Education: England.
- Ogata, K. (2010). *Modern Controlling Engineering 5th Ed*. Pearson: New Jearsey.

- Sarfraz, U. (2020). *Review on Aquaponics System as A Sustainable Food Production Source*. *LGU J. Life Sci*, 4(4), 330-348.
- Shrestha, R. (2019). *Study and Control of DHT11 Using Atmega328P Microcontroller*. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10(4), 518-521.
- Suarsana, M., I, P. P., & Kadek, A. G. (2019). *Pengaruh Konsentrasi Nutrisi Ab Mix Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (Brassica Rapa L.) Dengan Hidroponik Sistem Sumbu (Wick System)*. *Agro Bali (Agricultural Journal)*, 2(2), 98-105.
- Sipayung, M., Meriaty, & Alfaryzy, A. (2021). *Pengaruh Dosis Pupuk CAN dan Konsentrasi Pupuk Hayati Cair Biobost Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.)*. *Agroprimatech*, 4(2), 66-74.
- Uddin, M. R., & Suliaman, M. F. (2021). *Energy Efficient Smart Indoor Ffogponic Farming System*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 673(1), 1-18.
- Venkatesh, Ebenezer, V., Vignesh, Vishnu, & Lekha, S. (2020). *A Study On Development Of Crops By Fogponic System Using Coco Air*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(4), 6043-6047.
- Yustiningsih, M. (2019). *Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung*. *BIOEDU*, 4(2), 43-48.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Uji Fungsi Sistem *Fogponic*

Waktu (s)	H-1		H-2		Rata-rata Suhu	Rata-rata RH
	Suhu	RH	Suhu	RH		
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
10	32	82	31	85	31,5	83,5
20	32	90	32	87	32	88,5
30	32	95	31	90	31,5	92,5
40	32	95	31	95	31,5	95
50	32	95	30	95	31	95
60	32	95	30	95	31	95
10	32	95	30	95	31	95
20	31	95	30	95	30,5	95
30	31	95	30	95	30,5	95
40	31	95	30	95	30,5	95
50	31	95	30	95	30,5	95
60	31	95	30	95	30,5	95
10	31	95	30	95	30,5	95
20	31	95	30	95	30,5	95
30	31	95	30	95	30,5	95
40	31	95	30	95	30,5	95

Lanjutan lampiran 1

Waktu (s)	H-1		H-2		Rata-rata Suhu	Rata-rata RH
	Suhu	RH	Suhu	RH		
	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
50	30	95	30	95	30	95
60	30	95	30	95	30	95
10	30	95	30	95	30	95
20	30	95	30	95	30	95
30	32	82	31	85	31,5	83,5
40	32	90	32	87	32	88,5
50	32	95	31	90	31,5	92,5
60	32	95	31	95	31,5	95
10	32	95	30	95	31	95
20	30	95	30	95	30	95
30	30	95	30	95	30	95
40	30	95	29	95	29,5	95
50	30	95	29	95	29,5	95
60	29	95	29	95	29	95

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Uji Kinerja Sistem *Fogponic*

Interval Hari	Jam	Suhu <i>Fogponic</i>	RH <i>Fogponic</i>	Suhu Lingkungan	RH Lingkungan	Suhu Air
		(°C)	%	(°C)	%	(°C)
H-1	1	30	95	31	68	29,2
	2	31	95	31	70	29,6
	3	32	95	30	67	30,1
	4	31	95	30	66	30,7
	5	32	95	30	69	30,6
	6	33	95	29	72	30,9
H-2	1	34	95	32	61	32,4
	2	34	95	33	62	31,1
	3	32	95	33	62	31,7
	4	34	95	33	50	30,8
	5	33	95	33	51	29,5
	6	34	95	34	47	30,1
H-3	1	32	95	32	55	30,1
	2	32	95	32	54	30,3
	3	34	95	34	51	31,7
	4	34	95	34	50	30,9
	5	32	95	31	60	30,5
	6	30	95	31	51	29,6

Lanjutan lampiran 2

Interval Hari	Jam	Suhu <i>Fogponic</i>	RH <i>Fogponic</i>	Suhu Lingkungan	RH Lingkungan	Suhu Air
		(°C)	%	(°C)	%	(°C)
H-4	1	30	95	29	74	29,8
	2	30	95	29	76	29,1
	3	29	95	28	82	29,7
	4	29	95	28	82	29,3
	5	28	95	28	82	28,5
	6	28	95	28	82	28,1
H-5	1	32	95	32	57	31,1
	2	32	95	32	57	31,3
	3	31	95	31	60	30,4
	4	30	95	31	61	30,2
	5	32	95	32	60	31,8
	6	30	95	29	74	29,7
H-6	1	33	95	31	70	30,6
	2	33	95	32	68	31,5
	3	34	95	33	61	32,1
	4	32	95	32	65	31,4
	5	33	95	32	63	31,9
	6	31	95	31	66	30,1

Lanjutan lampiran 2

Interval Hari	Jam	Suhu <i>Fogponic</i>	RH <i>Fogponic</i>	Suhu Lingkungan	RH Lingkungan	Suhu Air
		(°C)	%	(°C)	%	(°C)
H-7	1	32	95	32	63	30,7
	2	30	95	29	78	30,5
	3	30	95	30	78	29,9
	4	29	95	28	81	29,5
	5	29	95	28	82	29,3
	6	29	95	28	84	29,1

**Lampiran 3. Hasil Pengukuran Daya dan Energi Listrik Pada Sistem
*Fogponic***

Jam	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)	Daya (Watt)	Energi (Wh)
1	228	0,08	7,1	3
2	226	0,08	7,1	10
3	228	0,09	7,2	17
4	227	0,09	7,1	30
5	227	0,09	7,1	31
6	228	0,10	7,1	39
7	229	0,09	7,1	45
8	230	0,09	7,1	52
9	231	0,09	7,1	59
10	228	0,09	7,0	65
11	229	0,09	7,1	71
12	227	0,09	7,1	78
13	227	0,09	7,1	85
14	229	0,09	7,1	93
15	228	0,09	7,1	100
16	227	0,09	7,1	108
17	227	0,09	7,1	115
18	228	0,09	7,1	124
19	227	0,09	7,1	131
20	229	0,09	7,2	138
21	229	0,09	7,2	145
22	230	0,09	7,1	152
23	229	0,08	7,1	159
24	231	0,08	7,1	166
Rata-rata	228.2916667	0,08875	7,108333	84

Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi Penggunaan Air *Fogponic*

Data:

Berat basah (Bb) = 131 g (hasil ukur)

Berat kering (Bk) = 8,65 g (hasil ukur)

Kebutuhan air tanaman = 9 L (hasil pengamatan)

Efisiensi Penggunaan Air (EPA):

$$EPA = \frac{Bk}{Ka} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} EPA &= \frac{8,65}{9} \times 100\% \\ &= 0,96 \times 100\% \\ &= 96\% \end{aligned}$$

Lampiran 5. Perhitungan Efisiensi Penggunaan Air Hidroponik

Data:

Berat basah (Bb) = 89,5 g (hasil ukur)

Berat kering (Bk) = 5,32 g (hasil ukur)

Kebutuhan air tanaman = 9 L (hasil pengamatan)

Efisiensi Penggunaan Air (EPA):

$$EPA = \frac{Bk}{Ka} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} EPA &= \frac{5,32}{9} \times 100\% \\ &= 0,59 \times 100\% \\ &= 59\% \end{aligned}$$

Lampiran 6. Biaya Instalasi, Energi Listrik dan Biaya Operasional Sistem *Fogponic*

1. Biaya instalasi

Tabel 1. Biaya pembuatan sistem *fogponic*

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1	Biaya Instalasi			
	<i>Netpot</i> 5 cm	27	139	3.753
	Kain flanel	1	2.500	2.500
	<i>Impraboard</i> kit	1	7.000	7.000
	Bak nutrisi (44 x 35 x 20 cm)	3	9.500	28.500
	<i>Fogger</i> tipe WT01	3	46.000	138.000
	Sistem kontrol	1	147.000	147.000
	Pemasangan instalasi	1	100.000	100.000
Sub Total				Rp. 426.753

Tabel 2. Biaya operasional sistem *fogponic*

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1	Biaya Tetap			
	Listrik untuk operasi (kWh)	5,112 kWh	1.444,70/kWh	7.381
Sub Total				Rp. 7.381

2. Energi listrik yang digunakan per musim

Data:

Daya rata-rata = 7,1 Watt (hasil ukur)

Lama sistem beroperasi = x30 hari = 720 jam (hasil pengamatan)

Harga energi = Rp.1.444,7/kWh (PLN, 2022)

Energi listrik yang digunakan per musim:

$$E_1 = 7,1 \text{ (Watt)} \times 720 \text{ (hour)} = 5.112 \text{ Wh}$$

$$5.112 \text{ Wh} : 1000 = 5,112 \text{ kWh}$$

3. Biaya operasional per musim

$$B = \text{Rp.1.444,7/kWh} \times 5,112 \text{ kWh}$$

$$= \text{Rp. 7.381}$$

Lampiran 7. Perkiraan Biaya Instalasi, Energi Listrik dan Biaya Operasional Sistem Hidroponik

1. Biaya instalasi

Tabel 1. Biaya pembuatan sistem hidroponik

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1	Biaya Instalasi			
	Netpot 7 cm	27	650	17.550
	Styrofoam	2	120.000	120.000
	Pipa tanam 3 inc	1	53.000	53.000
	Pipa air ¾ inc	1	44.000	44.000
	Pompa air 25W (unit)	1	106.900	106.900
	Selang PE 5 mm	1	63.000	63.000
	Pemasangan instalasi	1	150.000	150.000
Sub Total				Rp. 554.450

Tabel 2. Biaya operasional sistem hidroponik

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1	Biaya Tetap			
	Listrik untuk operasi (kWh)	8,496 kWh	1.444,70/kWh	12.268
	Perawatan	1	100.000	100.000
Sub Total				Rp. 112.268

2. Energi listrik yang digunakan per musim

Data:

Daya rata-rata = 11,8 Watt (hasil ukur)

Lama sistem beroperasi = x30 hari = 720 jam (hasil pengamatan)

Harga energi = Rp.1.444,7/kWh (PLN, 2022)

Energi listrik yang digunakan per musim:

$$E_2 = 11,8 \text{ (Watt)} \times 720 \text{ (hour)} = 8.496 \text{ Wh}$$

$$8.496 \text{ Wh} : 1000 = 8,496 \text{ kWh}$$

3. Biaya operasional per musim

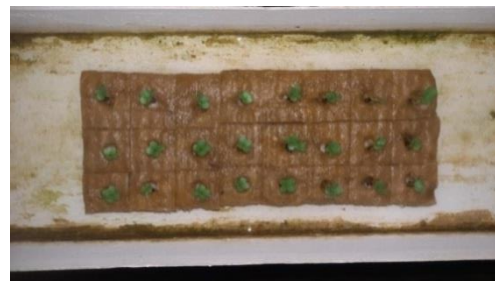
$$B = \text{Rp.1.444,7/kWh} \times 8,496 \text{ kWh}$$

$$= \text{Rp. 12.268}$$

Lampiran 8. Uji Pertumbuhan Tanaman Pakcoy Nauli F1



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 1. 2 hss (a), 3 hss (b), 4 hss (c), 5 hss (d) 6 hss (e), 7 hss (f) dan 9 hss (g)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 2. 12 hst (a), 13 hst (b), 14 hst (c), 15 hst (d), 16 hst (e), 17 hst (f) dan 18 hst (g) pada uji pertumbuhan tanaman sistem *fogponic*



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)



(g)

Gambar 3. 12 hst (a), 13 hst (b), 14 hst (c), 15 hst (d), 16 hst (e), 17 hst (f) dan 18 hst (g) pada uji pertumbuhan tanaman sistem hidroponik

Lampiran 9. Kaidah Program Untuk Kontrol RH

```
// == DHT-11 sensor with Arduino ==  
// I2C LCD1602, SDA --> A4, SCL --> A5, DHT 11 out-->D13  
  
//Libraries  
#include <DHT.h>  
#include <DHT_U.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // ini didownload di  
https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/  
#include <Wire.h>  
  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a 16  
chars and 2 line display, pls check your lcd.  
  
int army=5; // output PWM di pin 5  
  
#define DHTPIN 13 // what pin we're connected to  
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11  
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); /// Initialize DHT sensor for normal 16mhz  
Arduino  
  
//Variables  
float e,h,t; //Stores humidity value  
unsigned int detik,menit,jam;  
  
void setup () {  
  
Serial.begin(9600);  
dht.begin();  
lcd.begin(16,2); //lcd.init(); //initialize the lcd  
lcd.backlight(); //open the backlight  
pinMode(army,OUTPUT); // set pin 5 sebagai keluaran pwm  
}  
  
//===== Membuat fungsi jam dengan waktu 1 detik =====  
void waktu(){  
  
detik++;  
if (detik>=53) // hasil kalibrasi, gunakan detik>=53  
{ detik=0;menit++;}
```

```

if (menit>=60)
    {menit=0;jam++; }

    lcd.setCursor (12,1); //tuliskan kolom 1 baris 1
    lcd.print("  ");
    lcd.setCursor (8,1); //tuliskan kolom 1 baris 1
    lcd.print(jam);
    lcd.print(":"); //tuliskan kolom 1 baris 1
    lcd.print(menit);
    lcd.print(":"); //tuliskan kolom 1 baris 1
    lcd.print(detik);
    }

// ===== Ukur suhu dan RH =====

//Read data and store it to variables h (humidity) and t (temperature)
// Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!

void sensor() {

    h = dht.readHumidity();
    t = dht.readTemperature();
//tampilkan nilai T dan RH to serial monitor juga kirim data ke ESP8266
    Serial.println();
    Serial.print("RH: ");
    Serial.print(h,0);
    Serial.print("%");

    Serial.println();// untuk menulis kebawah

    Serial.print("T:");
    Serial.print(t,0);
    Serial.print("°C");

// ===== Tampilkan di LCD 16 x 2=====
    lcd.setCursor (3,0); //tuliskan kolom 1 baris 1
    lcd.print("  ");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("T:");
    lcd.print(t,0);
    lcd.print((char)223); // untuk menulis derajat
    lcd.print("C");

```

```

lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("RH:");
    lcd.print(h,0);
    lcd.print("%"); }

//===== program kontrol =====

void KonExp(){

    e=95-h;      // rumus hitung error=Sp-h; coba Sp=95%

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(e,0);

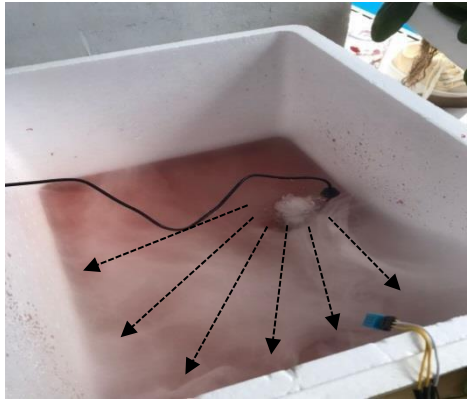
    if (e>=10) {analogWrite(army,255); // RH <=75, e=95-75=20
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("255"); }
    else if ((e>8)&&(e<=10)){analogWrite(army,200);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("200"); }
    else if ((e>6)&&(e<=8)){analogWrite(army,150);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("150"); }
    else if ((e>4)&&(e<=6)){analogWrite(army,125);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("125"); }
    else if ((e>2)&&(e<=4)){analogWrite(army,100);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("100"); }
    else if ((e>0)&&(e<=2)){analogWrite(army,75); // disini perlu dicari PWM
    stabil, asumsi stabil pada PWM=75
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("75 "); }
    else if ((e>-1)&&(e<=0)){analogWrite(army,40);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("40 "); }
    else if (e<-1) {analogWrite(army,0);
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print(" 0 "); }
    }

```

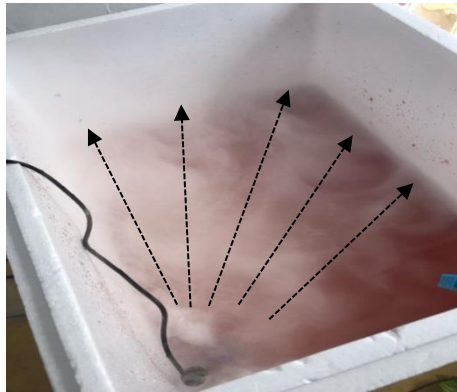
```
void loop()
{ waktu ();
  sensor ();
  KonExp();
  delay (1000); //Delay 1 dt.nilai ini jangan diganti karna jam digital
tergantung pada nilai ini
}
```

// delay ini bisa dihapus, tapi harus bikin waktu millis di fungsi waktu

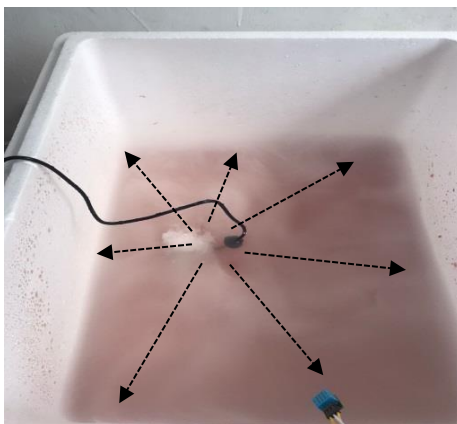
Lampiran 10. Pengujian Posisi *Fogger*



Gambar 1. Posisi *fogger* di kanan

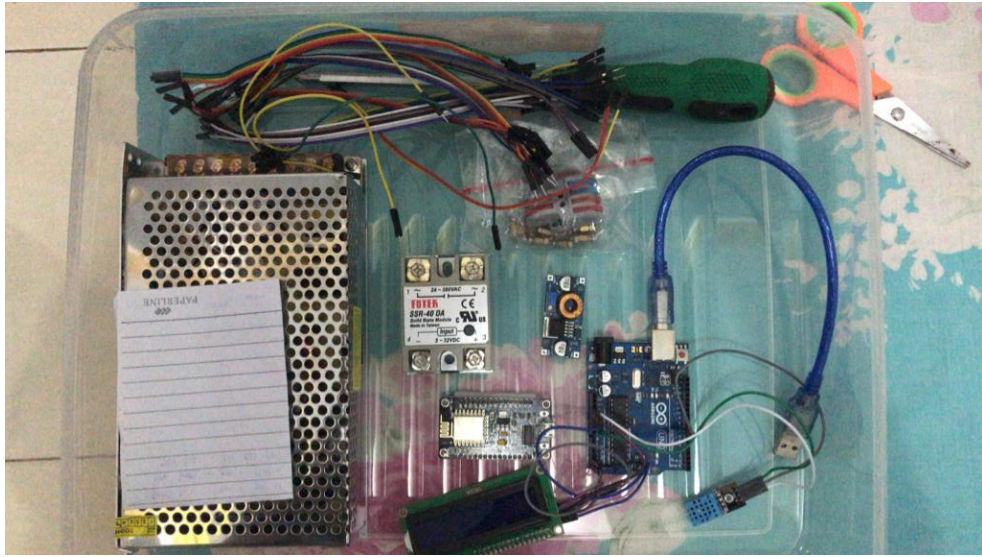


Gambar 2. Posisi *fogger* di kiri



Gambar 3. Posisi *fogger* di tengah

Lampiran 11. Rangkaian Sistem



Gambar 1. Alat dan bahan untuk pembuatan sistem kontrol

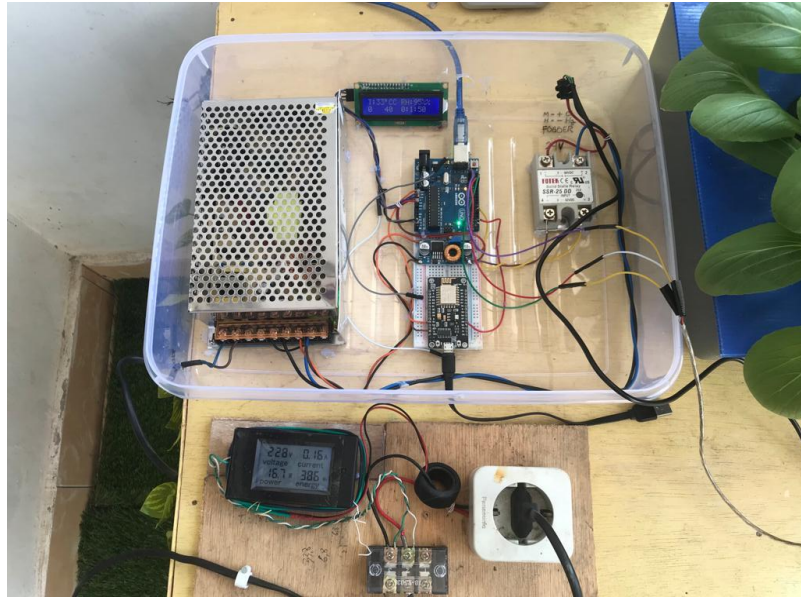


Gambar 2. Rangkaian sistem *fogponic* yang dilengkapi sistem kontrol



Gambar 3. Rangkaian alat pengontrol energi listrik

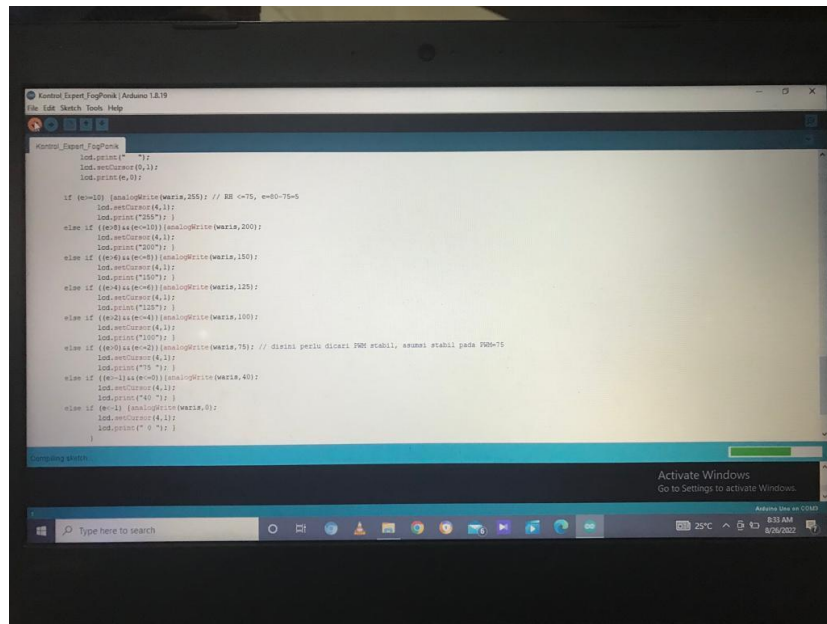
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Hasil perakitan sistem kontrol untuk sistem *fogponic*



Gambar 2. Hasil rangkaian sistem *fogponic* dilengkapi sistem kendali



Gambar 3. Membuat kaidah program



Gambar 4. Mengupload program ke *hardware*



Gambar 5. Melakukan uji fungsi pada sistem kontrol



Gambar 6. Melakukan pengamatan dan pengambilan data