

BAB III

PERANCANGAN, PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

3.1 Rancangan 1

Rancangan I ini berupa perancangan sensor pendeteksi cahaya matahari yang menggunakan sensor LDR yang disusun dengan pola konfigurasi tertentu dan perancangan catu daya *DC to DC Converter* yang terdiri dari *step up regulator* dan *step down regulator*.

3.1.1 Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari

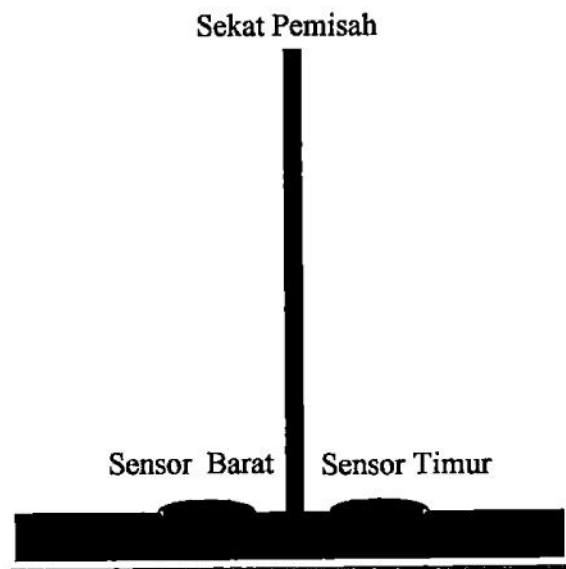
Sensor pendeteksi cahaya matahari ini di buat dari dua buah LDR yang disusun sejajar kiri dan kanan dimana diantara dua buah sensor LDR diberi satu sekat yang memisahkan dua sensor LDR. Sensor yang berada di sebelah kiri akan mendeteksi arah barat dan sensor yang berada di sebelah kanan sebagai pendeteksi arah timur.

Langkah-langkah perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Membuat tempat peletakan sensor sesuai dengan konfigurasi yang telah dijelaskan sebelumnya
- Perancangan diagram skematik sensor pendeteksi cahaya menggunakan *software* PROTEUS ISIS
- Perancangan *layout* PCB menggunakan *software* PROTEUS ARES

3.1.1.1 Konfigurasi Peletakan Sensor

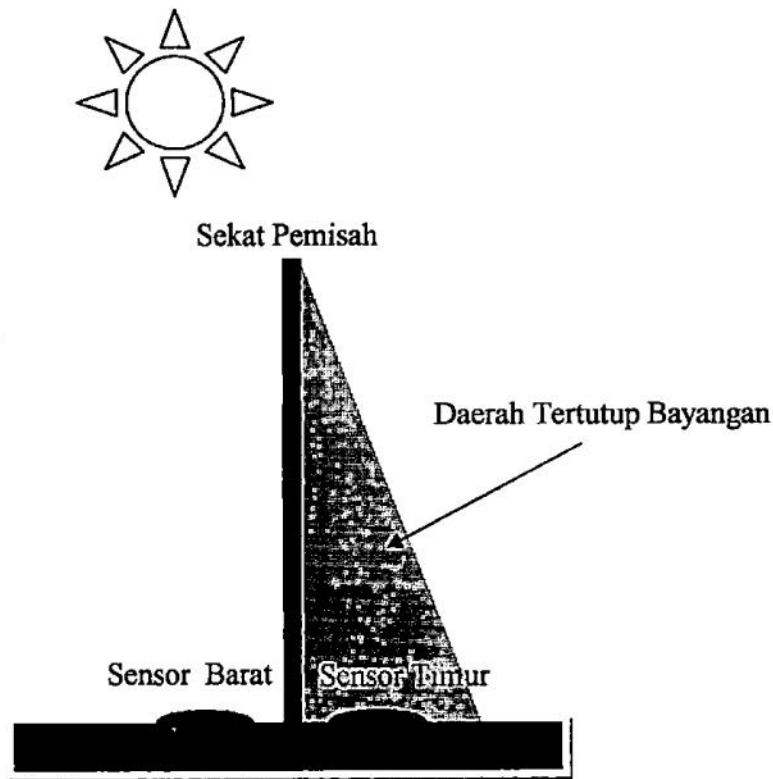
Konfigurasi peletakan sensor ini adalah pengaturan tata letak dari dua buah LDR yang digunakan sebagai sensor pendeteksi cahaya matahari. Dua buah LDR diletakkan di sebelah kiri dan kanan yang diasumsikan LDR tersebut akan mendeteksi arah timur dan barat, diantara dua LDR tersebut dipisahkan dengan satu sekat yang berguna untuk membuat salah satu LDR akan tertutupi oleh bayangan dari sekat tersebut saat cahaya matahari tidak berada tegak lurus dengan permukaan sensor.



Gambar 3.1 Konfigurasi Peletakan Sensor LDR

Sensor pendeteksi cahaya matahari tersebut akan diletakkan sejajar dengan permukaan panel surya sehingga diharapkan dengan konfigurasi ini akan mengarahkan permukaan panel surya tegak lurus dengan posisi matahari. Saat posisi matahari tegak lurus dengan panel

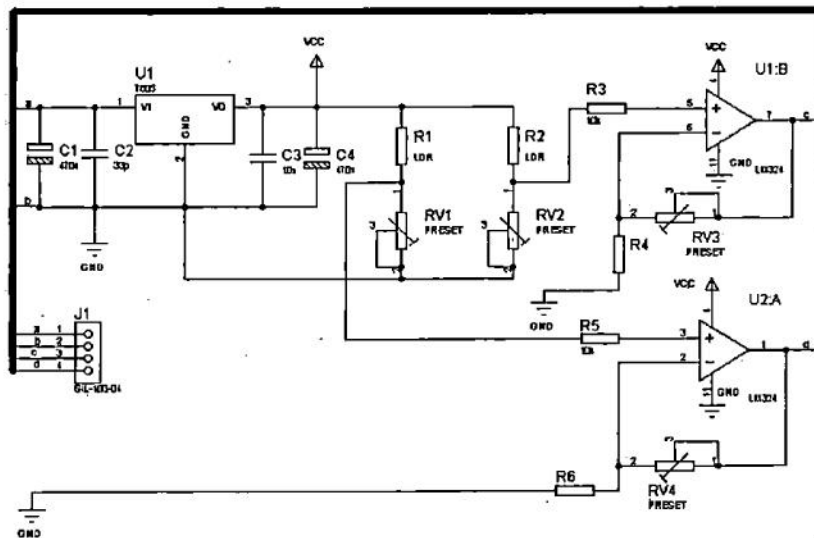
surya maka tidak ada bayangan dari sekat pemisah. Sedangkan saat posisi matahari tidak tegak lurus dengan panel surya maka akan ada salah satu LDR yang tertutupi bayangan dari sekat pemisah. Dengan demikian sistem *sun tracking* ini akan memposisikan agar tidak ada LDR yang tertutupi oleh bayangan dari sekat pemisah.



Gambar 3.2 Keadaan Saat Satu LDR Tertutupi Bayangan Sekat Pemisah

3.1.1.2 Diagram Skematik Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari

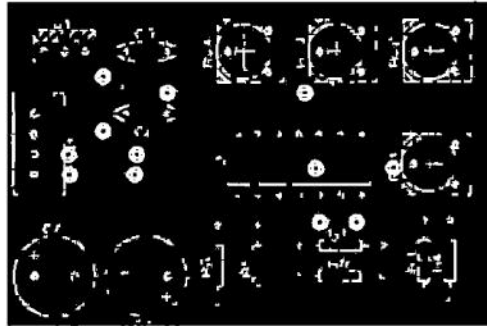
Pembuatan diagram skematik ini dilakukan dengan bantuan software Proteus ISIS



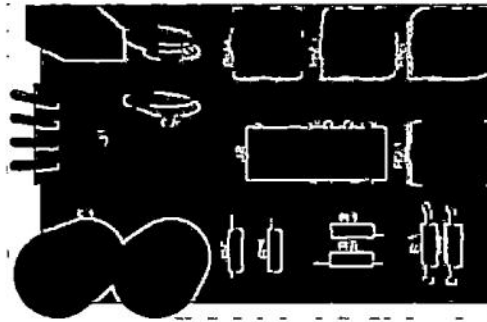
Gambar 3.3 Skematik Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari

Tegangan input untuk sensor adalah 12V yang berasal dari aki yang akan diregulasikan menjadi tegangan 5V oleh U1 yaitu IC 7805. Tegangan 5V mencatu rangkaian sensor LDR yang dirangkai dengan R3 dan R4 sehingga membentuk rangkaian pembagi tegangan. Output dari kedua LDR dimasukkan ke U2 yang merupakan IC OP-Amp LM324 untuk dikuatkan. Output yang telah dikuatkan tersebut akan dimasukkan ke ADC yang ada pada ATmega 8535 sebagai nilai ADC untuk sensor barat dan sensor timur.

3.1.1.3 *Layout PCB Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari*



Gambar 3.4 *Layout PCB Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari*



Gambar 3.5 *3D Visualization Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari*

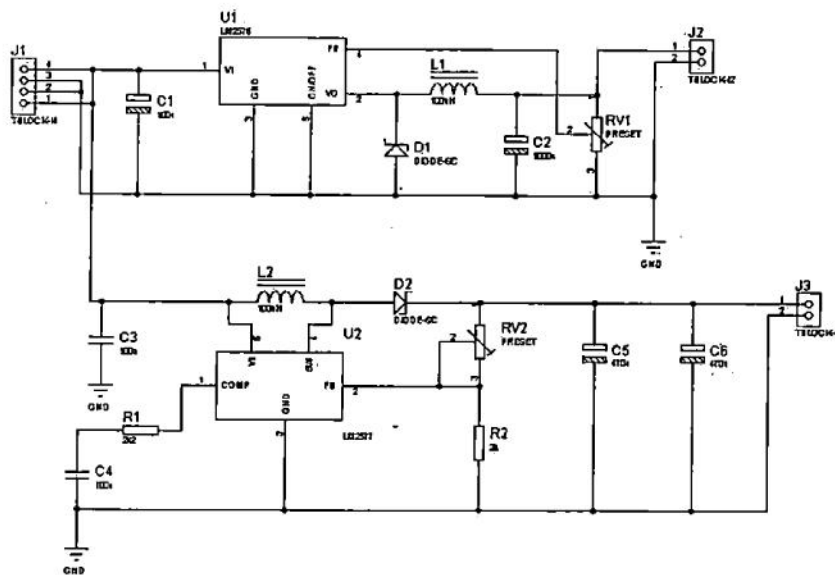
3.1.2 *Catu Daya DC to DC Converter*

Catu daya yang direncanakan berupa catu daya dengan konsep switching regulator yang terdiri dari *step up* dan *step down regulator*. Pada *step down regulator* tegangan 12V DC dari aki diregulasi menjadi 5V DC yang digunakan untuk mencatu rangkaian kontroler dan motor driver. Pada *step up regulator* tegangan 12V DC diregulasi menjadi tegangan 17V DC untuk mencatu Vs pada motor driver yang digunakan untuk menggerakkan motor DC pada aktuator.

Langkah-langkah perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Perancangan diagram skematik dengan menggunakan *software* PROTEUS ISIS
- Perancangan layout PCB menggunakan *software* PROTEUS ARES

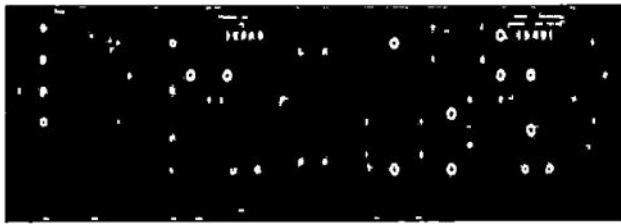
3.1.2.1 Perancangan Rangkaian Catu Daya *DC to DC Converter*



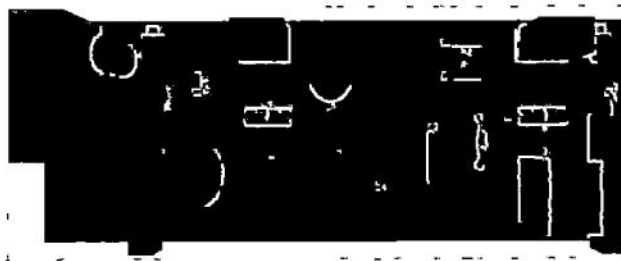
Gambar 3.6 Skematik Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya *DC to DC converter* yang dirancang menggunakan prinsip switching regulator. IC yang digunakan adalah IC LM2576 sebagai *DC to DC step down regulator* dan IC LM2577 sebagai *DC to DC step up regulator*. Ciri dari switching regulator adalah adanya kumparan yang berfungsi sebagai media terjadinya induksi. Sesuai dengan *application note* pada *datasheet* kedua IC tersebut besarnya nilai induktansi kumparan adalah $100\mu\text{H}$.

3.1.2.2 Layout PCB Rangkaian Catu Daya *DC to DC Converter*



Gambar 3.7 *Layout PCB DC to DC Converter*



Gambar 3.8 *3D Visualization DC to DC Converter*

3.2 Rancangan 2

Rancangan 2 ini meliputi perancangan rangkaian kontroler yang berbasis ATmega 8535, perancangan rangkaian motor driver yang menggunakan IC L298, dan perancangan *software*.

3.2.1 Rangkaian Kontroler

Rangkaian kontroler ini berfungsi untuk mengolah data dari rangkaian sensor pendeteksi cahaya matahari. Data tersebut diolah oleh fitur ADC yang terdapat pada mikrokontroler untuk kemudian dibandingkan nilainya. Hasil dari nilai ADC inilah yang diolah *software* pada mikrokontroler untuk memberikan perintah kepada motor driver.

Langkah-langkah perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

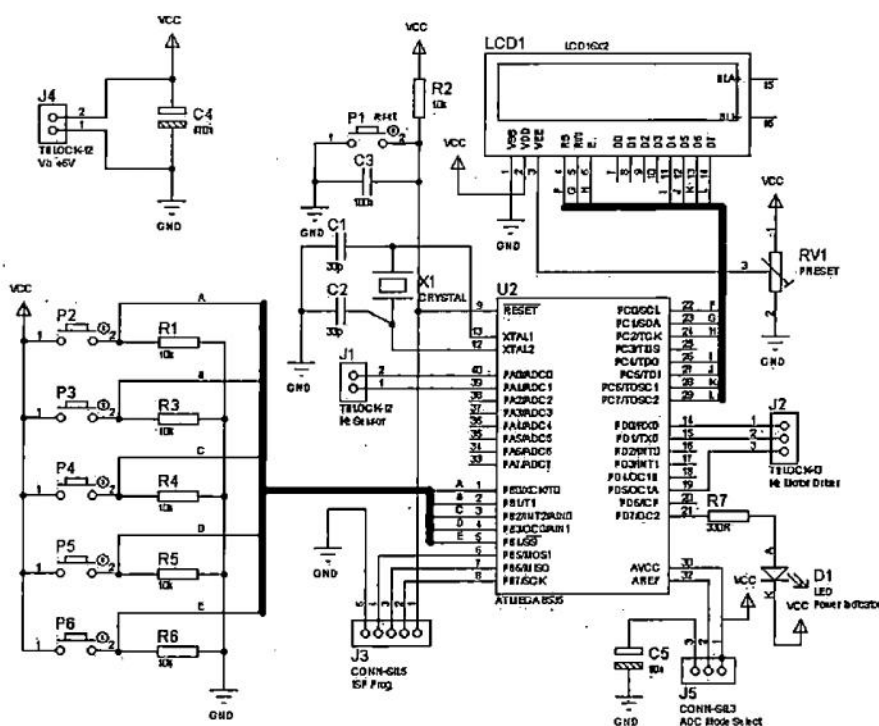
➤ Perancangan diagram skematik dengan menggunakan *software*

PROTEUS ISIS

➤ Perancangan layout PCB dengan menggunakan *software*

PROTEUS ARES

3.2.1.1 Perancangan Rangkaian Kontroler

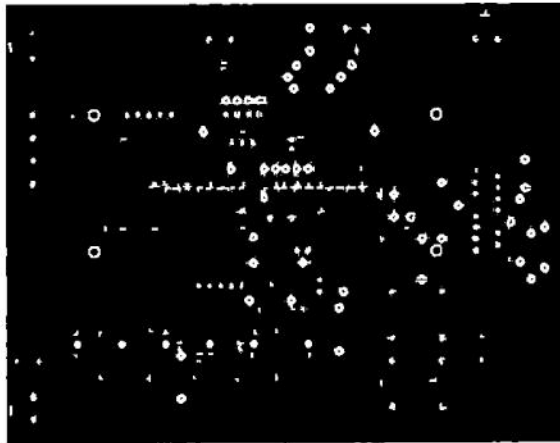


Gambar 3.9 Skematik Rangkaian Kontroler

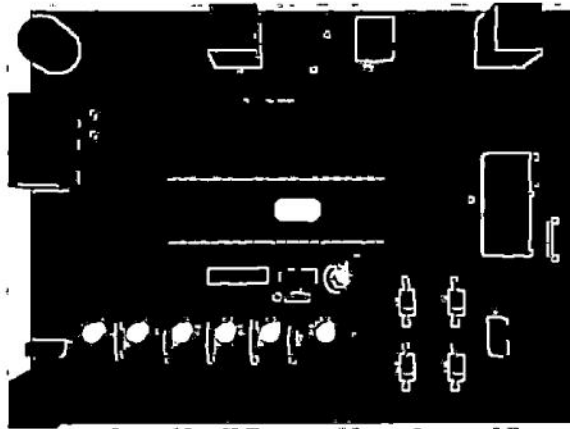
Jantung dari rangkaian kontroler di atas adalah mikrokontroler ATmega 8535 yang akan menerima data dari sensor pendeteksi cahaya matahari melalui PA.0 dan PA.1 untuk terlebih dahulu diolah oleh ADC pada mikrokontroler ATmega 8535 sendiri. J4 adalah input tegangan 5V yang berasal dari *step down regulator*. Port C digunakan sebagai

jalur data untuk penampil LCD. Xtal yang digunakan adalah xtal 11,0592 MHz agar dapat menghasilkan unit detik yang tepat. PB.0, PB.1, PB.2, PB.3, dan PB.4 masing-masing dihubungkan dengan push button yang digunakan untuk memberikan input pada mikrokontroler. Keluaran dari mikrokontroler yang akan dihubungkan dengan motor *driver* ada pada PD.0, PD.1, dan PD.5. PD.5 akan mengeluarkan sinyal PWM melalui timer 1 yang mengatur kecepatan motor. Sedangkan PD.0 dan PD.1 akan mengatur arah putaran motor. Keluaran mikrokontroler pada PD.7 dihubungkan dengan LED sebagai LED indikator.

3.2.1.2 *Layout* PCB Rangkaian Kontroler



Gambar 3.10 *Layout* PCB Rangkaian Kontroler (Sebelah Kiri)



Gambar 3.11 *3D Visualization* Rangkaian Kontroler (Sebelah Kiri)

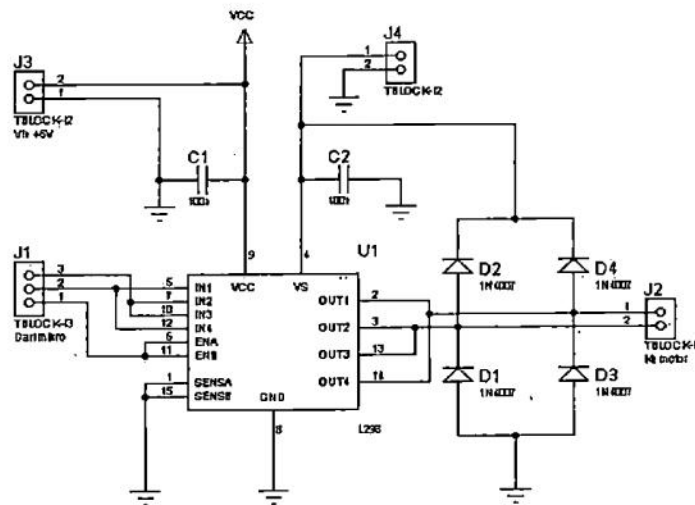
3.2.2 Rangkaian *Motor Driver*

Rangkaian *motor driver* ini berfungsi untuk mengolah data yang dikirimkan dari rangkaian kontroler untuk menggerakkan motor maupun menghentikan putaran motor. Dengan *motor driver* ini pula arah putaran motor dapat diubah menjadi searah jarum jam atau sebaliknya. Perubahan arah putaran motor tersebut ditentukan perintah dari mikrokontroler. Selain itu, *motor driver* ini juga dapat digunakan untuk mempercepat atau memperlambat putaran motor melalui teknik PWM.

Langkah-langkah perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- ✦ Perancangan diagram skematik dengan menggunakan *software* PROTEUS ISIS
- ✦ Perancangan layout PCB dengan menggunakan *software* PROTEUS ARES

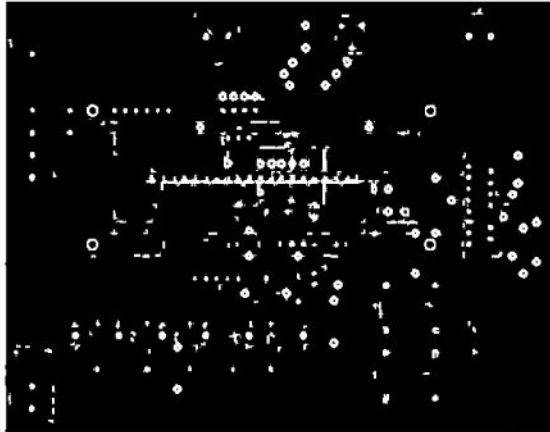
3.2.2.1 Perancangan Rangkaian Motor Driver



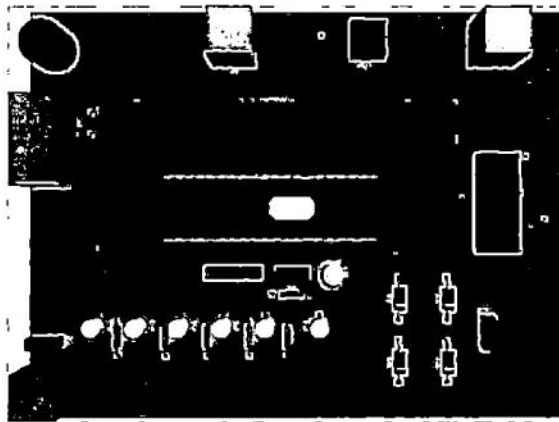
Gambar 3.12 Rangkaian Motor Driver

Rangkaian di atas didesain berdasarkan *application note* pada *datasheet* L298. J1 adalah input yang berasal dari rangkaian kontroler. Sumber tegangan pada rangkaian ini ada dua, pertama tegangan VCC 5V dari rangkaian *step down regulator* dan kedua tegangan Vs berasal dari *step up regulator*. D1-D4 sesuai *datasheet* digunakan sebagai pelindung terhadap arus balik akibat induksi putaran motor. Sesuai dengan *datasheet* penggabungan pada OUT1-OUT4 dan OUT2 dan OUT3 untuk memperbesar arus yang digunakan untuk memutar motor.

3.2.2.2 *Layout PCB Rangkaian Motor Driver*



Gambar 3.13 *Layout PCB Rangkaian Motor Driver (Sebelah Kanan)*

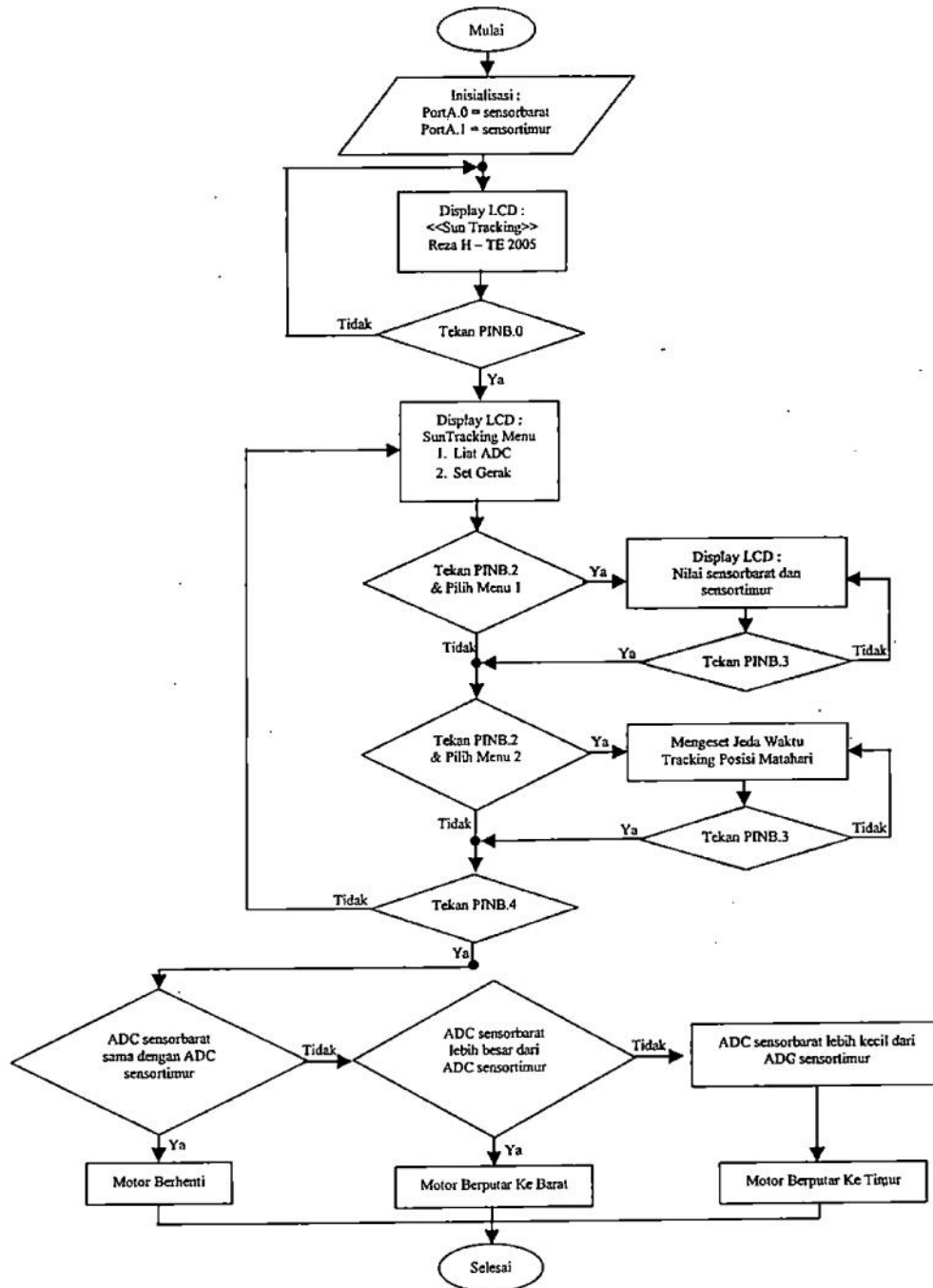


Gambar 3.14 *3D Visualization Rangkaian Motor Driver*
(Sebelah Kanan)

3.2.3 Perancangan *Software*

Perancangan *software* untuk sistem *sun tracking* ini dibuat di dalam *software* pemrograman CODEVISION menggunakan bahasa C. *Software* ini akan dimasukkan ke dalam memori mikrokontroler yang terdapat pada rangkaian kontroler.

Perancangan *software* ini digunakan untuk mengolah data yang dikirimkan oleh sensor pendeteksi cahaya matahari berupa nilai ADC. Hasil dari pengolahan data tersebut adalah perintah pengendalian motor ke *motor driver* berupa arah putarann motor dan penghentian laju motor. *Software* juga digunakan untuk menampilkan nilai ADC dari sensor barat dan sensor timur pada sebuah penampil LCD. Selain itu dengan *software* ini dapat diatur jeda waktu untuk *tracking* posisi matahari. Berikut adalah garis besar diagram alir dari *software* :



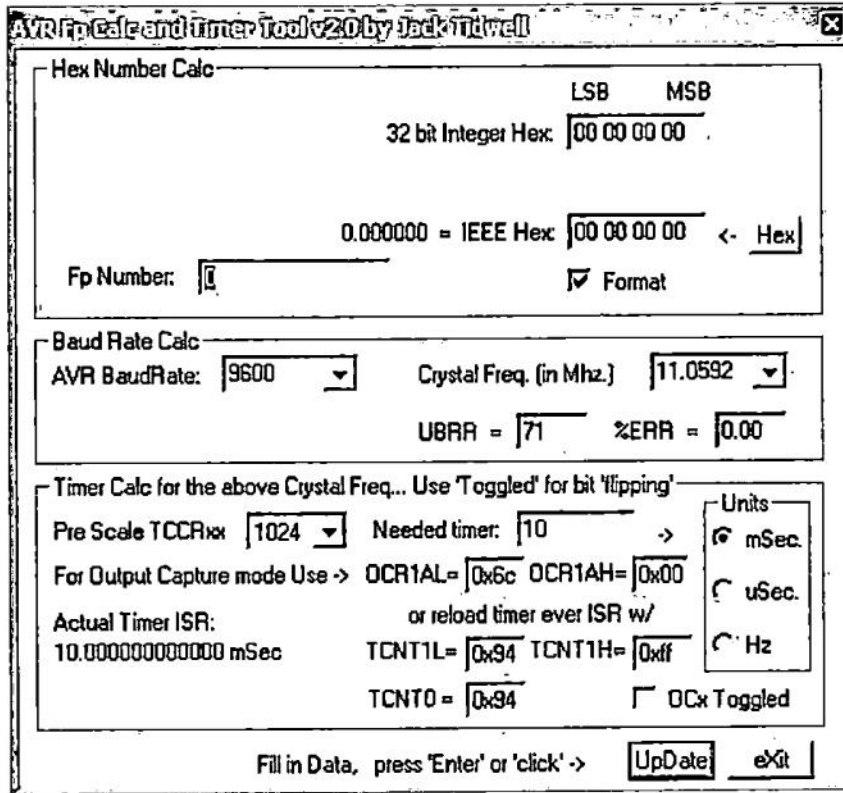
Gambar 3.15 Diagram Alir Software Sun Tracking

Program di atas dimulai dengan rutin interupt timer0 yang akan melakukan pencacahan sehingga didapat waktu dalam unit detik.

Berikut adalah *source code* rutin interupt timer0 :

```
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 0 value
TCNT0=0x94;
// Place your code here
cacah++;
    if(cacah==100)
    {
        cacah=0;
        detik++;
        if(detik==3600)detik=0;
    }
}
```

Nilai inisialisasi *timer0* sebesar 0x94 ditentukan dengan menggunakan bantuan *software* AVRcalc. *Software* AVRcalc adalah *software* untuk menentukan nilai *timer* pada mikrokontroler AVR berdasarkan unit milidetik, mikrodetik dan frekuensi.



Gambar 3.16 Screenshoot Program AVRCalc

Gambar di atas adalah *screenshot* AVRcalc untuk menghitung nilai *timer* yang dibutuhkan sebesar 10msec, *Pre Scale* sebesar 1024 dan menggunakan kristal 11.0592Mhz, dengan memasukkan data ini maka akan menghasilkan nilai TCNT0 sebesar 0x94. Hasil interupt *timer0* akan menambah nilai cacah dengan nilai 1 setiap 10 milidetik, setiap nilai cacah mencapai 100 maka saat inilah waktu satu detik tercapai dan nilai cacah akan direset menjadi 0 kembali.

Setelah rutin interupt *timer0* ini *software* menginisialisasi sensorbarat, sensortimur, dan pwm. Kemudian pada LCD akan ditampilkan tulisan "<<Sun Tracking>> /n Reza H – TE 2005". Apabila PINB.0 ditekan maka pada display LCD akan muncul tampilan menu

yang dapat dipilih. Menu tersebut antara lain adalah untuk melakukan pengamatan pada nilai ADC pada sensor dan untuk melakukan penyetingan jeda waktu dalam *tracking* posisi matahari. PINB.2 digunakan untuk masuk ke dalam sub menu dari menu-menu tersebut dan PINB.3 digunakan untuk keluar dari sub menu pada menu-menu tersebut.

PINB.4 digunakan untuk keluar dari rutin menu dan menuju ke rutin untuk menggerakkan motor. Dalam rutin untuk menggerakkan motor, kecepatan motor dikendalikan dengan metode PWM yang dihasilkan oleh timer1 pada settingan *fast top PWM*. Arah putaran motor dikendalikan berdasarkan hasil perbandingan antara nilai ADC sensorbarat dengan nilai ADC sensortimur. Motor akan berputar menuju sensor yang nilai ADCnya lebih besar dan motor akan berhenti berputar saat nilai ADC kedua sensor sama.

Berikut adalah *sourcecode software* secara keseluruhan :

```
#include <mega8535.h>
#include <stdio.h>
#asm
.equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <lcd.h>
```

```
unsigned int cacah=0;
unsigned int detik=0;
```

```

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
TCNT0=0x94;
cacah++;
    if(cacah==100)
    {
        cacah=0;
        detik++;
        if(detik==3600)detik=0;
    }
}

#include <delay.h>

#define FIRST_ADC_INPUT 0
#define LAST_ADC_INPUT 1
unsigned char adc_data[LAST_ADC_INPUT-FIRST_ADC_INPUT+1];
#define ADC_VREF_TYPE 0x60

interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void)
{
register static unsigned char input_index=0;
adc_data[input_index]=ADCH;
if (++input_index > (LAST_ADC_INPUT-FIRST_ADC_INPUT))
    input_index=0;
ADMUX=(FIRST_ADC_INPUT | (ADC_VREF_TYPE &
0xff))+input_index;
delay_us(10);
ADCSRA|=0x40;
}
#define sensorbarat adc_data[0]
#define sensortimur adc_data[1]
#define pwm OCR1A

char lcd_buffer[33];

void awal()
{
unsigned char exit=1,key;

while(exit)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("<<SUN TRACKING>>");

    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Reza H - TE 2005");
}
}

```

```
    key=PINB.0;
    if(key==1)exit=0;
  }
}

void lihat_adc()
{
  unsigned char exit=1,key;
  while(exit)
  {
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Barat  Timur");
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(lcd_buffer,"%d",sensorbarat);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    lcd_gotoxy(10,1);
    sprintf(lcd_buffer,"%d",sensortimur);
    lcd_puts(lcd_buffer);

    pwm=255;
    if(PINB.0==1)
    {
      delay_ms(50);
      PORTD.0=1;PORTD.1=0;
    }

    if(PINB.1==1)
    {
      delay_ms(50);
      PORTD.0=0;PORTD.1=1;
    }
    if(PINB.2==1)
    {
      delay_ms(50);
      PORTD.0=0;PORTD.1=0;
    }

    key=PINB.3;
    if(key==1)exit=0;
  }
}

unsigned int eeprom jeda=0;
void set_gerak()
{
  unsigned char exit=1,key;
  unsigned int numb1=0;
  lcd_clear();
```

```

while(exit)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Jeda (detik)");

    if(PINB.1==1)
    {
        delay_ms(50);
        if(PINB.1==1)numb1++;
    }

    if(numb1==3) numb1=0;

    if(numb1==0) jeda=10;
    if(numb1==1) jeda=240;
    if(numb1==2) jeda=900;

    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(lcd_buffer,"%d",jeda);
    lcd_puts(lcd_buffer);

    key=PINB.3;
    if(PINB.3==1)exit=0;
}
}

```

```

void menu()
{
    unsigned char exit=1,key;
    unsigned int numb=1;

    while(exit)
    {
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("SunTracking Menu");

        if(PINB.1==1)
        {
            delay_ms(50);
            if(PINB.1==1)numb++;
        }

        if(numb==3) numb=1;

        if(numb==1)
        {
            lcd_gotoxy(0,1);

```



```

        sprintf(lcd_buffer,"%d. Lihat ADC",numb);
        lcd_puts(lcd_buffer);
    }
    if(numb==2)
    {
        lcd_gotoxy(0,1);
        sprintf(lcd_buffer,"%d. Set Gerak",numb);
        lcd_puts(lcd_buffer);
    }

    if(PINB.2==1)
    {
        delay_ms(50);
        if(PINB.2==1&&numb==1)lihat_adc();
    }

    if(PINB.2==1)
    {
        delay_ms(50);
        if(PINB.2==1&&numb==2)set_gerak();
    }

    key=PINB.4;
    if(PINB.4==1)exit=0;
}

void gerak()
{
    if(detik==jeda)
    {
        if(sensorbarat==sensortimur){PORTD.0=0;PORTD.1=0;detik=0;}
        else if(sensorbarat>sensortimur){PORTD.0=1;PORTD.1=0;}
        else if(sensorbarat<sensortimur){PORTD.0=0;PORTD.1=1;}
        else;
    }
}

void main(void)
{
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;
    PORTB=0x00;
    DDRB=0x00;
    PORTC=0x00;
    DDRC=0x00;
    PORTD=0x00;
    DDRD=0xA3;
    TCCR0=0x05;
}

```

```
TCNT0=0x94;
OCR0=0x00;
TCCR1A=0x81;
TCCR1B=0x0C;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
TIMSK=0x01;
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
ADMUX=FIRST_ADC_INPUT | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
ADCSRA=0xCC;
SFIOR&=0xEF;

lcd_init(16);

#asm("sei")

awal();
menu();
detik=0;

while (1)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Barat Timur");
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(lcd_buffer,"%d",sensorbarat);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    lcd_gotoxy(10,1);
    sprintf(lcd_buffer,"%d",sensortimur);
    lcd_puts(lcd_buffer);

    gerak();
};
}
```

3.3 Pembuatan

Pembuatan ini meliputi realisasi rancangan seluruh rangkaian di atas. Dimulai dari pengadaan bahan, persiapan alat, pengerjaan, dan pengujian.

3.3.1 Pengadaan Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada tahap pembuatan ini adalah sebagai berikut :

- ✦ Box tempat sensor
- ✦ 2 lembar PCB polos
- ✦ 1 lembar PCB berlubang
- ✦ Pelarut tembaga FeCl_3
- ✦ *Fotocopy* transparansi *layout* PCB
- ✦ Amplas halus
- ✦ Spacer PCB
- ✦ Heatsink
- ✦ Terminal blok
- ✦ Toroid
- ✦ Kawat kumparan
- ✦ Pin header
- ✦ Push button
- ✦ Komponen elektronika berupa :
 - Mikrokontroler ATmega 8535
 - LCD 2x16 character
 - Xtal 11,0592 MHz

- IC 7805
- LDR (2 buah)
- IC LM324
- IC L298
- Multiturn
- Beberapa komponen pendukung lainnya seperti resistor, kapasitor, diode, LED, dan lain-lain.

~ Kabel

3.3.2 Persiapan Alat

Alat-alat yang dipersiapkan pada tahap pembuatan ini antara lain sebagai berikut :

~ Solder dan timah

~ *Notebook* (software PROTEUS, CODEVISION, dan AVRCalc)

~ *USB Downloader AVR910*

~ Setrika listrik

~ *Cutter*

~ *Toolset* (obeng, tang lancip, tang potong, dan lain-lain)

~ *Desoldering attractor*

~ Laboratory power supply

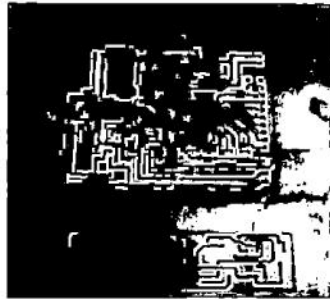
~ LCR meter

~ Multimeter

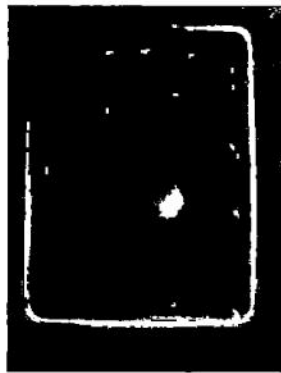
~ Penggaris dan jangka sorong

3.3.3 Pengerjaan

Tahap pengerjaan ini diawali dengan membuat PCB seluruh rangkaian yang telah dirancang sebelumnya. Pada pembuatan PCB digunakan teknik *transfer paper* yaitu layout PCB yang telah di *printout* kemudian di *fotocopy* pada transparansi. Teknik ini dipilih karena cukup murah dan mudah untuk dilakukan. Hasil dari transparansi tersebut dipanaskan dan ditekan pada permukaan PCB menggunakan setrika listrik. Setelah yakin semua tinta pada transparansi berpindah tempat ke permukaan PCB, diamkan sejenak hingga panas pada permukaan PCB berkurang. Ketika permukaan PCB telah dingin maka lapisan transparansi dapat dilepas dengan hati-hati. Untuk mencetak jalur pada PCB sesuai dengan rancangan, larutkan PCB dalam larutan FeCl_3 . Untuk mempercepat proses pelarutan, baiknya larutan FeCl_3 tersebut dalam keadaan panas dan wadah tempat pelarutan digoyang-goyang. Apabila jalur telah tercetak dengan baik maka tahap selanjutnya adalah tahap pengeboran titik-titik tempat komponen dipasang dan pembersihan jalur tembaga pada PCB. Langkah terakhir adalah memasang komponen sesuai dengan letak yang telah ditentukan pada PCB.



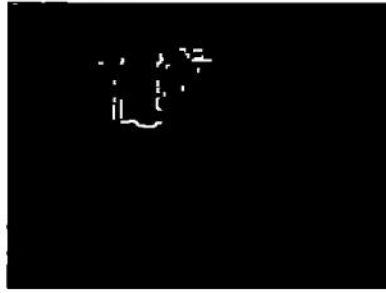
Gambar 3.17 Papan PCB dan Transparansi *Layout* PCB



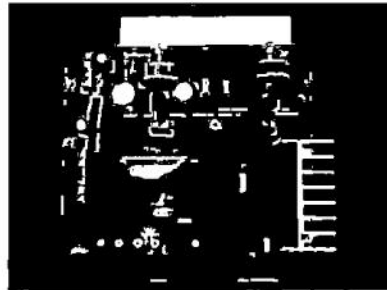
Gambar 3.18 Proses Pelarutan PCB



Gambar 3.19 Pengeboran PCB



Gambar 3.20 Contoh Hasil PCB

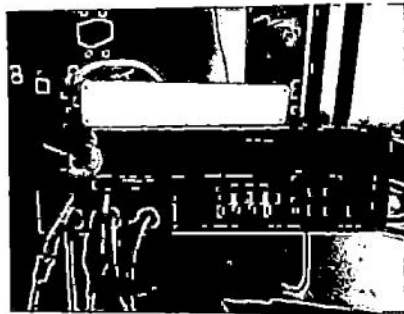


Gambar 3.21 Hasil Setelah Pemasangan Komponen

Pada pembuatan catu daya *DC to DC converter* terdapat tahap pembuatan induktor dengan cara melakukan penggulangan kawat kumparan pada toroid. Mula-mula kedua ujung kawat kumparan dikikis menggunakan *cutter* agar lapisan email pada kawat hilang. Kawat tersebut kemudian di gulung pada toroid yang berbentuk seperti cincin. Setelah itu tahap selanjutnya adalah mengukur nilai induktansi dari induktor tersebut dengan menggunakan LCR meter. Sesuai dengan perancangan, nilai induktansi yang dibuat adalah $100\mu\text{H}$.



Gambar 3.22 Penggulungan Kawat Kumparan Pada Toroid



Gambar 3.23 Pengukuran Nilai Induktansi

Untuk pembuatan box tempat sensor langkah yang dilakukan yaitu membuat sekat ditengah box. Bahan yang dipakai dapat apa saja, namun pada perancangan ini bahan yang dipakai adalah papan PCB. Sekat tersebut kemudian direkatkan pada box dengan menggunakan lem yang mempunyai daya tahan terhadap panas mengingat sensor ini akan ditempatkan di outdoor. Tahap terakhir adalah melakukan pengecatan pada sekat tersebut dan memasang LDR pada permukaan box sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan.



Gambar 3.24 Sekat Pemisah Pada Box Sensor

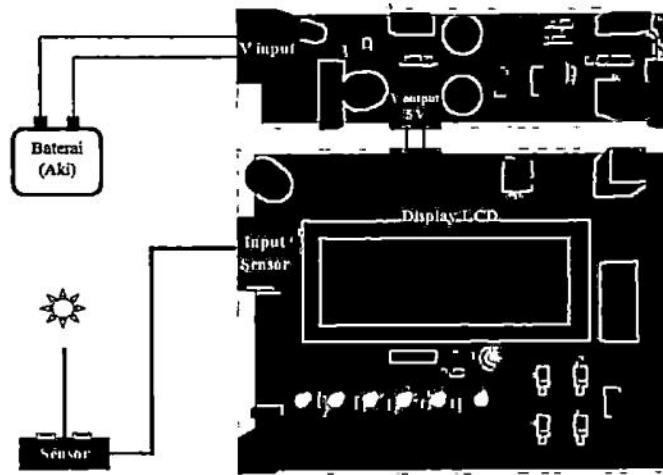


Gambar 3.25 LDR Terpasang Pada Box Sensor

3.4 Pengujian

3.4.1 Pengujian Sensor Pendeteksi Cahaya Matahari

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor saat terkena cahaya matahari, saat berada dalam bayangan dari sekat pemisah, dan saat berawan. Nilai ADC akan ditampilkan pada display LCD pada rangkaian kontroler. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan sensor langsung di bawah cahaya matahari sesuai dengan skema pengujian berikut :



Gambar 3.26 Skema Pengujian Sensor

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan cara di atas, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Sensor

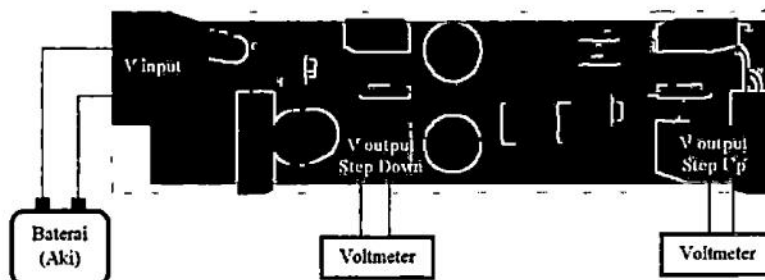
Keadaan Sensor	Nilai ADC
Terkena cahaya matahari langsung	208
Berada dalam bayangan sekat pemisah	59
Cahaya matahari tertutup awan (berawan)	124

Nilai ADC yang dituliskan pada tabel di atas adalah nilai tengah-tengah dari nilai ADC yang ditampilkan pada display LCD. Hal ini karena nilai ADC tidak tetap, yaitu nilai pada tabel ± 1 . Nilai yang tidak tetap tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan resistansi LDR yang peka terhadap perubahan intensitas cahaya yang mengenainya.

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa sensor pendeteksi cahaya matahari dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yaitu LDR akan bernilai tinggi ADCnya saat terkena cahaya (keadaan terang) dan akan bernilai rendah ADCnya saat berada dalam bayangan (keadaan gelap).

3.4.2 Pengujian Catu Daya *DC to DC Converter*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran dari catu daya *DC to DC Converter* baik pada *step down regulator* maupun *step up regulator*. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan input yang bervariasi dari baterai dan kemudian mengukur tegangan output dari catu daya menggunakan voltmeter.



Gambar 3.27 Skema Pengujian Catu Daya

Pada pengujian ini baterai yang digunakan adalah baterai yang masih dalam keadaan baik. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

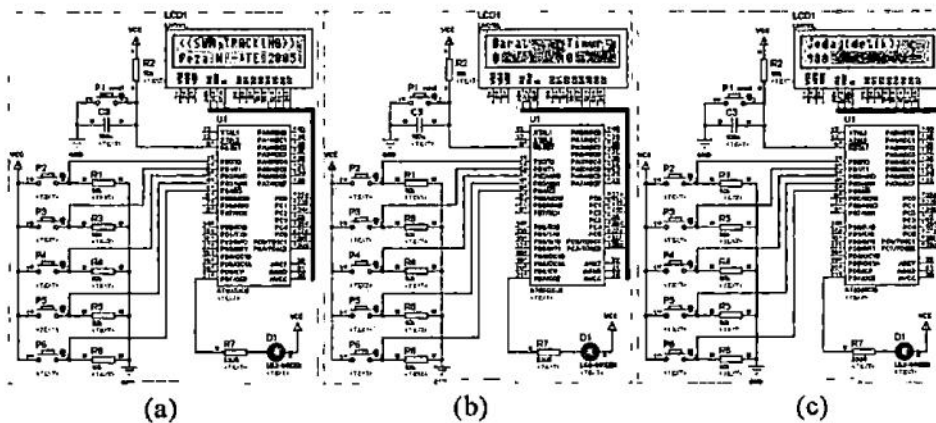
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Catu Daya

Tegangan Input (Volt)	Tegangan Output Catu Daya (Volt)	
	Step Down Regulator	Step Up Regulator
13,0	5,05	17,2
12,8	5,05	17,2
12,6	5,05	17,2
12,4	5,05	17,2
12,2	5,05	17,2
12,0	5,04	17,2
11,8	5,04	17,19
11,6	5,04	17,19
11,4	5,04	17,19

Tegangan input 13 Volt adalah tegangan saat baterai berada dalam kondisi penuh setelah discharge dan tegangan input 11,4 Volt adalah tegangan baterai saat tidak mampu lagi mensupply beban lampu pijar 15 Watt. Dengan memberikan tegangan input baterai yang bervariasi maka akan diketahui range tegangan input yang dapat diberikan pada rangkaian catu daya agar catu daya dapat bekerja dengan baik. Pada perancangan *step down regulator* diharapkan menghasilkan tegangan output 5 Volt dan *step up regulator* menghasilkan tegangan output 17 Volt. Dari data hasil pengujian terlihat bahwa apabila baterai dalam keadaan baik dan tegangan baterai minimal 11,4 Volt maka disimpulkan bahwa catu daya dapat bekerja dengan baik.

3.4.3 Pengujian Software

Pengujian *software* dilakukan pada tingkat simulasi dengan menggunakan *software* PROTEUS. Pengujian ini dilakukan untuk meyakinkan jika *software* yang dibuat telah bekerja dengan baik sebelum diaplikasikan pada rangkaian nyata. Apabila ternyata masih terdapat kesalahan dapat langsung diketahui dan segera dilakukan perbaikan pada *software*.



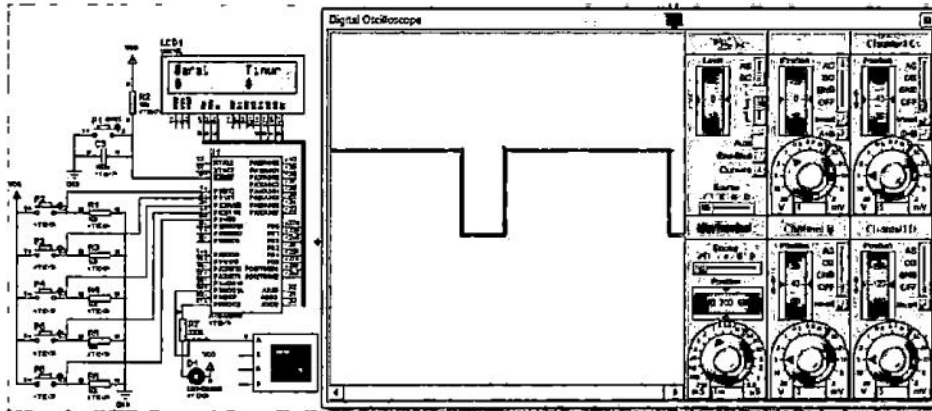
Gambar 3.28 Simulasi Display Pada LCD

Keterangan gambar :

- a. Tampilan awal
- b. Tampilan menu lihat ADC
- c. Tampilan menu Set Gerak

Gambar di atas adalah *screenshot* pada program PROTEUS saat simulasi program penampilan display LCD. Rangkaian simulasi ini dibuat minimal karena bertujuan untuk mengetes *software* saja, maka input dari sensor ke mikrokontroler dan output mikrokontroler ke motor *driver* diabaikan. Terlihat pada gambar saat simulasi karakter-karakter yang ingin

ditampilkan sesuai dengan *software* yang dibuat telah dapat dengan baik ditampilkan pada display LCD. Hal ini mengindikasikan bahwa *software* telah bekerja dengan baik.

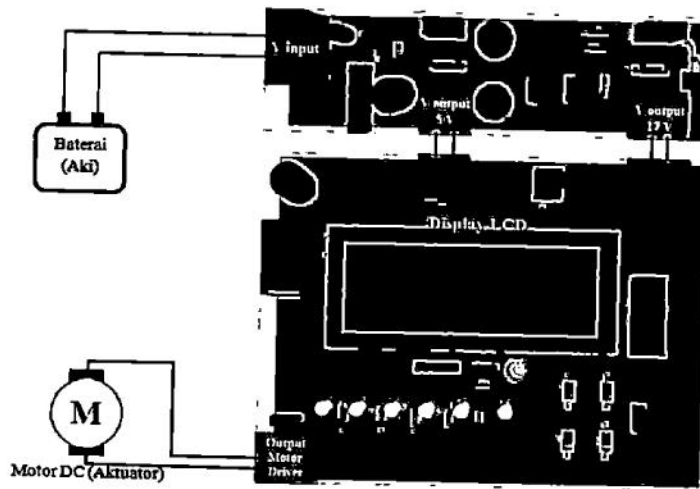


Gambar 3.29 Simulasi Keluaran PWM

Gambar di atas adalah *screenshot* pada program PROTEUS saat simulasi keluaran PWM pada PD.5 mikrokontroler. Untuk mengendalikan kecepatan motor digunakan sinyal PWM yang dihasilkan melalui timer 1. Pada simulasi di atas digunakan *Virtual Oscilloscope* yang dihubungkan ke port D.5. Saat simulasi terlihat pada *Virtual Oscilloscope* keluar sinyal PWM dari port D.5 yang berupa gelombang kotak. Hal ini mengindikasikan bahwa *software* telah bekerja dengan baik.

3.4.4 Pengujian Kontroler dan *Motor Driver*

Setelah melakukan pengujian *software* pada rangkaian kontroler pada level simulasi, pada pengujian ini dilakukan pengaplikasian *software* pada rangkaian nyata. *Software* yang telah dirancang didownload ke rangkaian kontroler menggunakan *USB Downloader AVR910*.

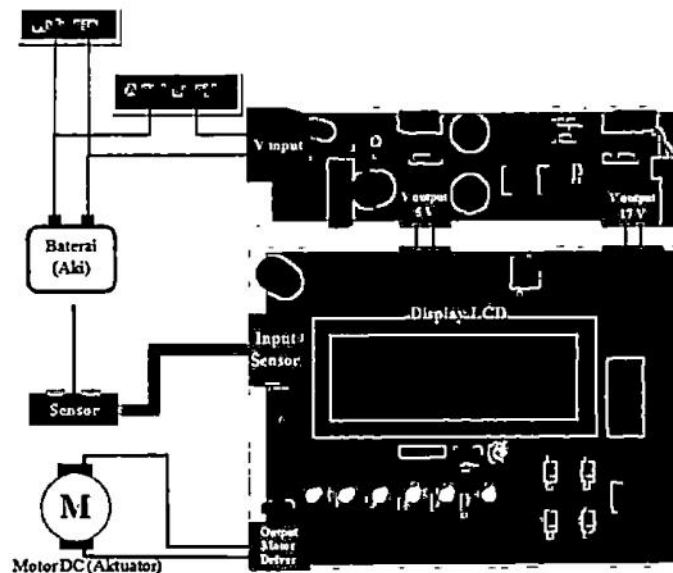


Gambar 3.30 Skema Pengujian Kontroler dan *Motor Driver*

Pada skema di atas pengujian dilakukan dengan cara melihat karakter dan data yang ditampilkan pada LCD dan mengendalikan motor DC melalui *motor driver* sesuai perintah dari kontroler. Pengujian kontroler dilakukan dengan memberikan perintah ke rangkaian kontroler untuk menampilkan menu, melakukan penyetingan pada menu, dan menampilkan data dengan input push button. Pengujian *motor driver* dilakukan dengan memberikan perintah ke rangkaian *motor driver* melalui rangkaian kontroler dengan input push button. Perintah tersebut adalah perintah berputar searah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam, serta pengaturan kecepatan putar motor dengan PWM. Hasil yang dicapai adalah rangkaian kontroler mampu menampilkan karakter atau data dengan baik dan rangkaian *motor driver* dapat melakukan perintah dari rangkaian kontroler dengan baik pula.

3.4.5 Pengujian Sistem *Sun Tracking*

Pengujian ini meliputi pengujian konsumsi daya dari sistem *sun tracking* dan pengujian validitas sistem. Pengujian konsumsi daya bertujuan untuk mengetahui konsumsi daya sistem sedangkan pengujian validitas sistem bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya yang posisinya dikendalikan dibandingkan dengan daya yang dihasilkan panel surya dalam keadaan statis atau diam. Pengujian konsumsi daya sistem dilakukan sesuai dengan skema berikut :



Gambar 3.31 Skema Pengujian Konsumsi Daya Sistem

Dalam pengujian konsumsi daya sistem ini tegangan dari baterai diasumsikan adalah tegangan nominal yang terdapat pada spesifikasi baterai yaitu 12 Volt. Data yang didapatkan dari hasil pengujian konsumsi daya sistem dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Konsumsi Daya Sistem *Sun Tracking*

Status Sistem	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Idle (tidak melakukan pengendalian)	12	0,05	0,6
Bekerja (melakukan pengendalian)	12	0,45	5,4

Konsumsi daya sistem terbagi menjadi dua yaitu konsumsi daya disaat sistem *idle* artinya sistem sedang tidak melakukan pengendalian pada panel surya dan konsumsi daya pada saat sistem bekerja artinya sistem sedang melakukan pengendalian pada panel surya (menggerakkan motor DC). Berdasarkan tabel hasil pengujian di atas dapat diketahui konsumsi daya yang diserap sistem *sun tracking* pada saat *idle* sebesar 0,6 Watt dan konsumsi daya yang diserap sistem pada saat bekerja sebesar 0,54 Watt.

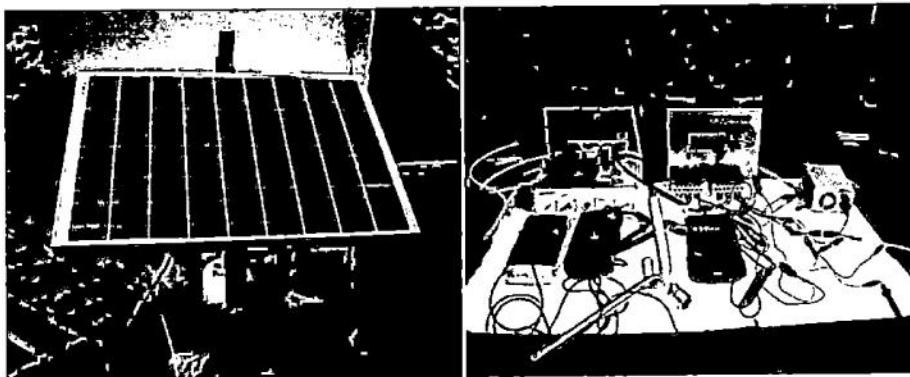
Pada pengujian validasi sistem digunakan dua buah panel surya dengan jenis dan spesifikasi yang sama. Satu panel surya digunakan pada keadaan diam dan satu panel surya digunakan pada keadaan dengan pengendalian oleh sistem *sun tracking*. Hal ini bertujuan agar data yang diperoleh dari hasil pengujian valid karena kedua panel surya ini dalam keadaan cuaca yang sama namun dengan perlakuan yang berbeda. Arah panel surya pada keadaan statis diposisikan memiliki sudut inklinasi 15° ke arah utara, hal ini merujuk pada penelitian Sunu Hariadi pada tugas akhir *Solar Home System* Sebagai Penyedia Energi Alternatif. Arah panel

surya dengan sistem pengendalian akan mengikuti arah pergerakan matahari dari timur ke barat.

Pengujian ini dilakukan selama empat hari yaitu pada tanggal 10 maret, 11 maret, 13 maret dan 14 maret 2010, yaitu dua hari untuk pengujian sistem dengan jeda waktu proses sensing setiap 4 menit dan dua hari untuk pengujian sistem dengan jeda waktu proses sensing setiap 15 menit. Keadaan cuaca pada saat empat hari pengujian adalah berawan.



Gambar 3.32 Pengujian Panel Surya Pada Keadaan Diam



Gambar 3.33 Pengujian Panel Surya Dengan
Sistem Pengendalian *Sun Tracking*

Data- data hasil pengujian validasi sistem dapat dilihat pada tabel-
tabel berikut :

Tabel 3.4 Data Pengujian Hari Pertama

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.00	18,50	0,75	13,88	12,55	0,05	0,63	18,48	0,60	11,09
07.04	18,53	0,78	14,45	12,57	0,05	0,63	18,50	0,65	12,03
07.08	18,52	0,78	14,45	12,58	0,05	0,63	18,50	0,66	12,21
07.12	18,55	0,85	15,77	12,60	0,05	0,63	18,49	0,79	14,61
07.16	18,58	0,89	16,54	12,62	0,05	0,63	18,56	0,86	15,96
07.20	18,70	0,89	16,64	12,65	0,05	0,63	18,60	0,85	15,81
07.24	18,75	0,95	17,81	12,66	0,05	0,63	18,70	0,89	16,64
07.28	18,75	0,94	17,63	12,69	0,05	0,63	18,72	0,89	16,66
07.32	18,73	0,96	17,98	12,70	0,05	0,64	18,70	0,92	17,20
07.36	18,80	0,99	18,61	12,72	0,05	0,64	18,75	0,98	18,38
07.40	18,80	1,23	23,12	12,75	0,05	0,64	18,77	1,18	22,15
07.44	18,82	1,44	27,10	12,78	0,45	5,75	18,76	1,30	24,39
07.48	18,90	1,52	28,73	12,79	0,05	0,64	18,80	1,46	27,45
07.52	18,92	1,79	33,87	12,80	0,46	5,89	18,84	1,62	30,52
07.56	18,95	1,87	35,44	12,82	0,05	0,64	18,84	1,70	32,03
08.00	18,98	1,86	35,30	12,84	0,46	5,91	18,89	1,70	32,11
08.04	19,08	1,95	37,21	12,87	0,05	0,64	19,00	1,73	32,87
08.08	19,16	1,93	36,98	12,89	0,05	0,64	19,06	1,71	32,59
08.12	19,14	1,89	36,17	12,93	0,45	5,82	19,02	1,70	32,33
08.16	19,09	1,80	34,36	12,94	0,05	0,65	19,00	1,65	31,35
08.20	19,00	1,80	34,20	12,95	0,05	0,65	18,85	1,66	31,29
08.24	19,05	1,86	35,43	12,97	0,45	5,84	18,89	1,65	31,17
08.28	19,13	1,88	35,96	12,98	0,05	0,65	19,00	1,68	31,92
08.32	19,10	1,88	35,91	13,00	0,05	0,65	19,00	1,68	31,92
08.36	19,18	1,98	37,98	13,04	0,47	6,13	19,05	1,74	33,15
08.40	19,15	1,99	38,11	13,08	0,05	0,65	19,04	1,76	33,51

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
08.44	19,16	1,97	37,75	13,12	0,05	0,66	19,06	1,77	33,74
08.48	19,20	2,00	38,40	13,17	0,47	6,19	19,09	1,81	34,55
08.52	19,20	2,02	38,78	13,21	0,05	0,66	19,10	1,85	35,34
08.56	19,20	2,00	38,40	13,24	0,05	0,66	19,10	1,84	35,14
09.00	19,22	2,03	39,02	13,26	0,45	5,97	19,10	1,89	36,10
09.04	19,25	2,06	39,66	13,28	0,05	0,66	19,16	1,87	35,83
09.08	19,25	2,15	41,39	13,33	0,05	0,67	19,14	1,91	36,56
09.12	19,24	2,09	40,21	13,35	0,05	0,67	19,15	1,90	36,39
09.16	19,30	2,18	42,07	13,38	0,45	6,02	19,20	1,92	36,86
09.20	19,30	2,20	42,46	13,35	0,05	0,67	19,20	1,95	37,44
09.24	19,30	0,58	11,19	13,32	0,05	0,67	19,18	0,61	11,70
09.28	19,31	1,29	24,91	13,29	0,05	0,66	19,22	1,20	23,06
09.32	19,30	0,77	14,86	13,27	0,05	0,66	19,21	0,73	14,02
09.36	19,32	1,65	31,88	13,24	0,45	5,96	19,20	1,43	27,46
09.40	19,36	1,70	32,91	13,21	0,05	0,66	19,24	1,56	30,01
09.44	19,35	1,78	34,44	13,18	0,05	0,66	19,25	1,62	31,19
09.48	19,35	1,97	38,12	13,16	0,05	0,66	19,28	1,80	34,70
09.52	19,36	1,96	37,95	13,14	0,44	5,78	19,27	1,80	34,69
09.56	19,42	2,00	38,84	13,11	0,05	0,66	19,30	1,87	36,09
10.00	19,53	2,09	40,82	13,08	0,05	0,65	19,34	1,98	38,29
10.04	19,50	2,12	41,34	13,07	0,05	0,65	19,35	2,06	39,86
10.08	19,52	2,18	42,55	13,02	0,05	0,65	19,35	2,14	41,41
10.12	19,56	2,28	44,60	12,97	0,46	5,97	19,39	2,16	41,88
10.16	19,55	2,15	42,03	12,95	0,05	0,65	19,38	2,08	40,31
10.20	19,55	2,19	42,81	12,94	0,05	0,65	19,38	2,09	40,50
10.24	19,58	2,20	43,08	12,91	0,05	0,65	19,40	2,15	41,71
10.28	19,57	2,24	43,84	12,87	0,05	0,64	19,40	2,14	41,52
10.32	19,54	2,27	44,36	12,85	0,45	5,78	19,37	2,18	42,23
10.36	19,58	2,29	44,84	12,83	0,05	0,64	19,44	2,20	42,77
10.40	19,61	2,28	44,71	12,79	0,05	0,64	19,45	2,21	42,98
10.44	19,60	2,26	44,30	12,76	0,05	0,64	19,44	2,20	42,77

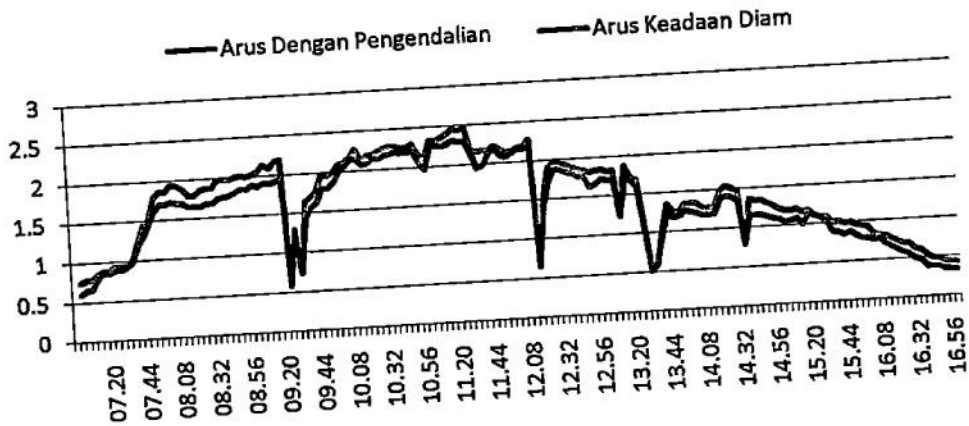
Wakt. (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
10.48	19,63	2,27	44,56	12,74	0,05	0,64	19,48	2,20	42,86
10.52	19,62	2,30	45,13	12,72	0,45	5,72	19,50	2,22	43,29
10.56	19,60	2,6	42,34	12,70	0,05	0,64	19,50	2,06	40,17
11.00	19,63	2,1	41,42	12,69	0,05	0,63	19,55	1,97	38,51
11.04	19,65	2,34	45,98	12,67	0,05	0,63	19,53	2,26	44,14
11.08	19,68	2,33	45,85	12,65	0,05	0,63	19,58	2,27	44,45
11.12	19,71	2,36	46,52	12,62	0,05	0,63	19,62	2,25	44,15
11.16	19,65	2,41	47,30	12,59	0,45	5,67	19,55	2,28	44,57
11.20	19,64	2,47	48,51	12,56	0,05	0,63	19,53	2,32	45,31
11.24	19,66	2,44	47,97	12,52	0,05	0,63	19,54	2,30	44,94
11.28	19,65	2,48	48,73	12,50	0,05	0,63	19,50	2,31	45,05
11.32	19,60	2,20	43,12	12,47	0,05	0,62	19,45	2,14	41,62
11.36	19,60	2,16	42,34	12,45	0,05	0,62	19,48	1,95	37,99
11.40	19,58	2,18	42,68	12,42	0,46	5,71	19,46	1,98	38,53
11.44	19,52	2,17	42,36	12,40	0,05	0,62	19,46	2,13	41,45
11.48	19,55	2,23	43,60	12,43	0,05	0,62	19,50	2,19	42,71
11.52	19,50	2,19	42,71	12,45	0,05	0,62	19,46	2,10	40,87
11.56	19,50	2,13	41,54	12,48	0,05	0,62	19,43	2,08	40,41
12.00	19,48	2,15	41,88	12,50	0,47	5,88	19,37	2,12	41,06
12.04	19,48	2,19	42,66	12,54	0,05	0,63	19,36	2,16	41,82
12.08	19,42	2,20	42,72	12,57	0,05	0,63	19,30	2,16	41,69
12.12	19,40	2,28	44,23	12,60	0,05	0,63	19,33	2,20	42,53
12.16	19,38	0,65	12,60	12,62	0,05	0,63	19,26	0,66	12,71
12.20	19,35	1,52	29,41	12,65	0,45	5,69	19,22	1,43	27,48
12.24	19,27	1,90	36,61	12,67	0,05	0,63	19,18	1,71	32,80
12.28	19,20	1,98	38,02	12,69	0,05	0,63	19,06	1,88	35,83
12.32	19,18	1,96	37,59	12,71	0,05	0,64	19,00	1,88	35,72
12.36	19,16	1,94	37,17	12,74	0,05	0,64	19,00	1,84	34,96
12.40	18,91	1,90	35,93	12,76	0,05	0,64	18,89	1,82	34,38
12.44	18,93	1,87	35,40	12,77	0,45	5,75	18,80	1,78	33,46
12.48	18,90	1,85	34,97	12,79	0,05	0,64	18,80	1,77	33,28

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
12.52	18,90	1,82	34,40	12,82	0,05	0,64	18,76	1,63	30,58
12.56	18,89	1,84	34,76	12,85	0,05	0,64	18,75	1,66	31,13
13.00	18,80	1,85	34,78	12,86	0,05	0,64	18,75	1,73	32,44
13.04	18,84	1,82	34,29	12,88	0,46	5,92	18,75	1,70	31,88
13.08	18,85	1,83	34,50	12,90	0,05	0,65	18,76	1,70	31,89
13.12	18,86	1,28	24,14	12,93	0,05	0,65	18,77	1,23	23,09
13.16	18,86	1,88	35,46	12,96	0,05	0,65	18,77	1,72	32,28
13.20	18,85	1,72	32,42	12,99	0,05	0,65	18,75	1,68	31,50
13.24	18,82	1,70	31,99	13,02	0,45	5,86	18,73	1,60	29,97
13.28	18,80	1,08	20,30	13,05	0,05	0,65	18,70	1,03	19,26
13.32	18,77	0,52	9,76	13,09	0,05	0,65	18,68	0,51	9,53
13.36	18,70	0,59	11,03	13,12	0,05	0,66	18,69	0,63	11,77
13.40	18,73	1,06	19,85	13,13	0,05	0,66	18,71	0,98	18,34
13.44	18,75	1,36	25,50	13,15	0,05	0,66	18,70	1,23	23,00
13.48	18,78	1,25	23,48	13,18	0,45	5,93	18,70	1,18	22,07
13.52	18,78	1,25	23,48	13,19	0,05	0,66	18,70	1,19	22,25
13.56	18,77	1,36	25,53	13,22	0,05	0,66	18,71	1,26	23,57
14.00	18,79	1,35	25,37	13,25	0,05	0,66	18,70	1,24	23,19
14.04	18,79	1,35	25,37	13,28	0,45	5,98	18,68	1,22	22,79
14.08	18,76	1,29	24,20	13,30	0,05	0,67	18,68	1,20	22,42
14.12	18,76	1,28	24,01	13,32	0,05	0,67	18,69	1,19	22,24
14.16	18,79	1,28	24,05	13,35	0,05	0,67	18,69	1,20	22,43
14.20	18,78	1,49	27,98	13,38	0,45	6,02	18,69	1,38	25,79
14.24	18,72	1,55	29,02	13,36	0,05	0,67	18,64	1,42	26,47
14.28	18,70	1,52	28,42	13,33	0,05	0,67	18,60	1,40	26,04
14.32	18,70	1,48	27,68	13,30	0,45	5,99	18,60	1,35	25,11
14.36	18,71	0,84	15,72	13,28	0,05	0,66	18,62	0,78	14,52
14.40	18,66	1,37	25,56	13,25	0,05	0,66	18,59	1,16	21,56
14.44	18,65	1,34	24,99	13,26	0,05	0,66	18,59	1,15	21,38
14.48	18,66	1,35	25,19	13,20	0,46	6,07	18,55	1,15	21,33
14.52	18,62	1,30	24,21	13,19	0,05	0,66	18,53	1,13	20,94

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
14.56	18,61	1,27	23,63	13,17	0,05	0,66	18,53	1,10	20,38
15.00	18,60	1,22	22,69	13,14	0,45	5,91	18,50	1,09	20,17
15.04	18,62	1,20	22,34	13,11	0,05	0,66	18,50	1,04	19,24
15.08	18,58	1,19	22,11	13,09	0,05	0,65	18,45	1,06	19,56
15.12	18,53	1,21	22,42	13,07	0,45	5,88	18,45	1,08	19,93
15.16	18,50	1,16	21,46	13,05	0,05	0,65	18,43	1,00	18,43
15.20	18,51	1,19	22,03	13,01	0,05	0,65	18,40	1,14	20,98
15.24	18,50	1,11	20,54	12,97	0,45	5,84	18,41	1,12	20,62
15.28	18,48	1,09	20,14	12,95	0,05	0,65	18,39	1,08	19,86
15.32	18,45	1,09	20,11	12,93	0,05	0,65	18,37	1,01	18,55
15.36	18,43	1,00	18,43	12,91	0,45	5,81	18,38	0,89	16,36
15.40	18,40	1,02	18,77	12,88	0,05	0,64	18,34	0,87	15,96
15.44	18,40	0,99	18,22	12,85	0,05	0,64	18,32	0,84	15,39
15.48	18,42	1,00	18,42	12,83	0,45	5,77	18,35	0,88	16,15
15.52	18,43	0,97	17,88	12,80	0,05	0,64	18,35	0,83	15,23
15.56	18,42	0,95	17,50	12,78	0,05	0,64	18,34	0,79	14,49
16.00	18,40	0,93	17,11	12,75	0,05	0,64	18,35	0,78	14,31
16.04	18,40	0,84	15,46	12,73	0,05	0,64	18,36	0,76	13,95
16.08	18,38	0,82	15,07	12,71	0,05	0,64	18,35	0,77	14,13
16.12	18,35	0,80	14,68	12,70	0,05	0,64	18,28	0,70	12,80
16.16	18,30	0,77	14,09	12,68	0,05	0,63	18,22	0,66	12,03
16.20	18,26	0,73	13,33	12,67	0,05	0,63	18,15	0,62	11,25
16.24	18,15	0,70	12,71	12,65	0,05	0,63	18,10	0,58	10,50
16.28	18,08	0,69	12,48	12,63	0,05	0,63	18,02	0,55	9,91
16.32	17,60	0,62	10,91	12,60	0,05	0,63	17,56	0,49	8,60
16.36	17,30	0,60	10,38	12,63	0,05	0,63	17,25	0,47	8,11
16.40	17,10	0,54	9,23	12,65	0,05	0,63	17,00	0,39	6,63
16.44	16,43	0,49	8,05	12,66	0,05	0,63	16,36	0,38	6,22
16.48	15,90	0,48	7,63	12,68	0,05	0,63	15,80	0,38	6,00
16.52	15,52	0,45	6,98	12,71	0,05	0,64	15,50	0,34	5,27
16.56	15,23	0,43	6,55	12,73	0,05	0,64	15,23	0,34	5,18

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
17.00	14,88	0,43	6,40	12,70	0,05	0,64	14,83	0,33	4,89
Rata-rata			29,66			1,72			27,34

Data pada tabel 3.4 di atas adalah data yang diambil dengan jeda waktu pengambilan data setiap 4 menit dari pukul 07.00 s.d pukul 17.00. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa saat berawan arus yang dihasilkan oleh panel surya cenderung naik turun tergantung dari cahaya matahari yang mengenai panel surya. Saat cahaya matahari tertutup awan maka arus akan kecil. Hal ini terlihat pada beberapa data seperti data pukul 09.24, 09.32, dan 12.16. Pada pagi dan sore hari nilai arus juga berkisar 0 sampai 1 Ampere karena pada saat itu cahaya dan radiasi matahari belum maksimum dan mulai menurun. Nilai arus tertinggi pada pengujian hari pertama ini adalah 2,48 A untuk panel surya dengan pengendalian dan 2,32 A untuk panel surya dalam keadaan diam. Perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan pengendalian dan daya yang dihasilkan panel surya dalam keadaan diam dapat diindikasikan dari nilai arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya. Berikut adalah grafik perbandingan arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya terhadap waktu.



Gambar 3.34 Grafik Perbandingan Arus Pada Pengujian I

Untuk mengetahui peningkatan daya dari panel surya dengan pengendalian terhadap daya panel surya dalam keadaan diam dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut :

$$\text{Rerata Daya} = \frac{\sum \text{daya}}{\text{Jumlah data}} \quad (3.1)$$

$$\text{Selisih Daya} = P \text{ dengan pengendalian} - P \text{ dalam keadaan diam} \quad (3.2)$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \text{Selisih Daya} - P \text{ Sistem} \quad (3.3)$$

Dari persamaan-persamaan di atas maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\bullet \text{ Rerata } P \text{ dengan pengendalian} = 29,66 \text{ Watt}$$

$$\bullet \text{ Rerata } P \text{ dalam keadaan diam} = 27,34 \text{ Watt}$$

$$\bullet \text{ Rerata } P \text{ sistem pengendalian} = 1,72 \text{ Watt}$$

$$\bullet \text{ Selisih daya} = 2,32 \text{ Watt}$$

$$\bullet \text{ Peningkatan daya} = 0,6 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa dengan adanya pengendalian panel surya oleh sistem *sun tracking* pada pengujian hari pertama ini terjadi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 0,6 Watt.

Tabel 3.5 Data Pengujian Hari Kedua

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.00	17,34	0,50	8,67	12,48	0,05	0,62	16,92	0,48	8,12
07.04	17,45	0,49	8,55	12,52	0,05	0,63	17,20	0,46	7,91
07.08	17,56	0,65	11,41	12,58	0,05	0,63	17,45	0,57	9,95
07.12	17,70	0,80	14,16	12,59	0,05	0,63	17,68	0,74	13,08
07.16	17,83	0,85	15,16	12,61	0,05	0,63	17,70	0,79	13,98
07.20	17,85	0,83	14,82	12,64	0,05	0,63	17,75	0,78	13,85
07.24	17,85	0,81	14,46	12,68	0,05	0,63	17,75	0,70	12,43
07.28	17,86	0,84	15,00	12,70	0,05	0,64	17,76	0,80	14,21
07.32	17,86	0,89	15,90	12,73	0,05	0,64	17,78	0,87	15,47
07.36	17,98	0,90	16,18	12,75	0,05	0,64	17,85	0,88	15,71
07.40	18,17	1,00	18,17	12,77	0,05	0,64	17,88	0,94	16,81
07.44	18,20	1,05	19,11	12,80	0,45	5,76	18,00	0,95	17,10
07.48	18,25	1,06	19,35	12,83	0,05	0,64	18,00	0,98	17,64
07.52	18,36	1,18	21,66	12,87	0,45	5,79	18,00	1,14	20,52
07.56	18,40	1,22	22,45	12,89	0,05	0,64	18,05	1,14	20,58
08.00	18,42	1,25	23,03	12,94	0,45	5,82	18,08	1,16	20,97
08.04	18,50	1,30	24,05	12,97	0,05	0,65	18,16	1,25	22,70
08.08	18,52	1,50	27,78	13,03	0,05	0,65	18,19	1,38	25,10
08.12	18,54	1,70	31,52	13,08	0,46	6,02	18,20	1,53	27,85
08.16	18,57	1,78	33,05	13,11	0,05	0,66	18,24	1,67	30,46
08.20	18,55	1,75	32,46	13,15	0,05	0,66	18,24	1,67	30,46
08.24	18,58	0,96	17,84	13,17	0,05	0,66	18,30	0,94	17,20
08.28	18,58	1,77	32,89	13,20	0,45	5,94	18,30	1,69	30,93

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
lanjutan									
08.32	18,60	1,80	33,48	13,24	0,05	0,66	18,30	1,75	32,03
08.36	18,62	1,79	33,33	13,27	0,45	5,97	18,36	1,73	31,76
08.40	18,66	1,88	35,08	13,32	0,05	0,67	18,37	1,81	33,25
08.44	18,70	1,89	35,34	13,36	0,05	0,67	18,39	1,80	33,10
08.48	18,73	1,85	34,65	13,41	0,46	6,17	18,43	1,79	32,99
08.52	18,75	1,97	36,94	13,38	0,05	0,67	18,50	1,85	34,23
08.56	18,78	2,03	38,12	13,33	0,05	0,67	18,60	1,90	35,34
09.00	18,78	2,00	37,56	13,27	0,47	6,24	18,68	1,90	35,49
09.04	18,79	1,98	37,20	13,21	0,05	0,66	18,65	1,86	34,69
09.08	18,75	2,12	39,75	13,15	0,05	0,66	18,61	1,93	35,92
09.12	18,72	1,99	37,25	13,09	0,05	0,65	18,65	1,84	34,32
09.16	18,69	1,98	37,01	13,00	0,45	5,85	18,52	1,88	34,82
09.20	18,70	1,97	36,84	12,95	0,05	0,65	18,54	1,83	33,93
09.24	18,70	0,59	11,03	12,93	0,05	0,65	18,50	0,64	11,84
09.28	18,68	1,90	35,49	12,87	0,05	0,64	18,55	1,74	32,28
09.32	18,68	1,92	35,87	12,85	0,05	0,64	18,50	1,86	34,41
09.36	18,70	2,14	40,02	12,80	0,47	6,02	18,58	1,93	35,86
09.40	18,74	2,09	39,17	12,77	0,05	0,64	18,60	1,98	36,83
09.44	18,80	2,15	40,42	12,73	0,05	0,64	18,63	2,03	37,82
09.48	18,80	2,13	40,04	12,78	0,05	0,64	18,63	2,00	37,26
09.52	18,80	2,17	40,80	12,73	0,45	5,73	18,65	2,05	38,23
09.56	18,85	2,09	39,40	12,67	0,05	0,63	18,63	1,98	36,89
10.00	18,92	2,20	41,62	12,64	0,05	0,63	18,70	2,03	37,96
10.04	18,95	2,23	42,26	12,65	0,05	0,63	18,82	2,06	38,77
10.08	18,93	2,00	37,86	12,61	0,05	0,63	18,80	1,98	37,22
10.12	18,96	2,25	42,66	12,58	0,45	5,66	18,88	2,17	40,97
10.16	18,98	2,24	42,52	12,63	0,05	0,63	18,94	2,21	41,86
10.20	18,98	2,36	44,79	12,67	0,05	0,63	18,90	2,27	42,90
10.24	19,02	2,38	45,27	12,68	0,05	0,63	18,90	2,25	42,53
10.28	19,00	1,98	37,62	12,70	0,05	0,64	18,80	1,83	34,40
10.32	19,00	2,27	43,13	12,73	0,45	5,73	18,82	2,17	40,84

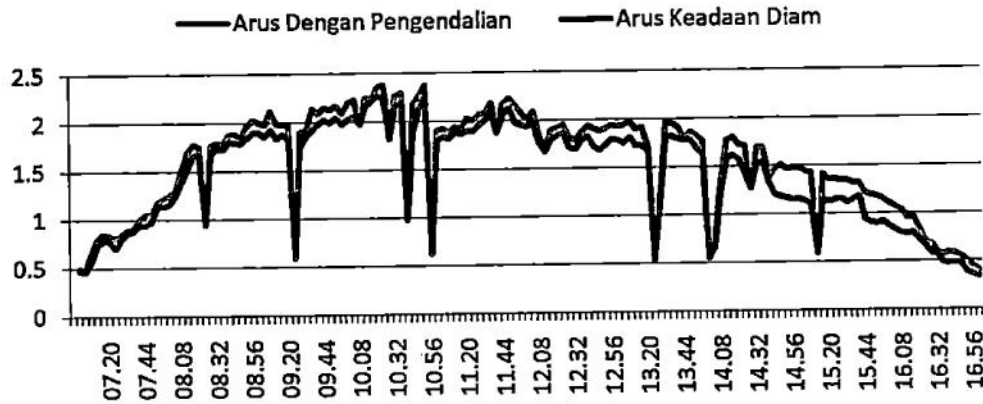
Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
lanjutan									
10.36	19,08	2,30	43,88	12,76	0,05	0,64	18,85	2,19	41,28
10.40	19,16	1,08	20,69	12,78	0,05	0,64	18,78	0,98	18,40
10.44	19,22	2,17	41,71	12,80	0,05	0,64	18,90	1,90	35,91
10.48	19,25	2,27	43,70	12,85	0,05	0,64	18,92	2,14	40,49
10.52	19,20	2,38	45,70	12,89	0,45	5,80	18,90	2,26	42,71
10.56	19,18	0,63	12,08	12,92	0,05	0,65	18,82	0,62	11,67
11.00	19,15	1,90	36,39	12,97	0,05	0,65	18,85	1,80	33,93
11.04	19,18	1,93	37,02	12,99	0,05	0,65	18,90	1,85	34,97
11.08	19,20	1,89	36,29	13,06	0,05	0,65	18,92	1,83	34,62
11.12	19,10	1,94	37,05	13,11	0,05	0,66	18,80	1,89	35,53
11.16	19,03	1,92	36,54	13,13	0,45	5,91	18,71	1,87	34,99
11.20	19,05	2,03	38,67	13,18	0,05	0,66	18,70	1,90	35,53
11.24	19,08	2,01	38,35	13,20	0,05	0,66	18,76	1,90	35,64
11.28	19,10	2,07	39,54	13,25	0,05	0,66	18,78	1,96	36,81
11.32	19,10	2,08	39,73	13,28	0,05	0,66	18,78	2,01	37,75
11.36	19,10	2,19	41,83	13,31	0,05	0,67	18,78	2,10	39,44
11.40	19,05	1,93	36,77	13,27	0,45	5,97	18,75	1,88	35,25
11.44	19,10	2,17	41,45	13,21	0,05	0,66	18,80	2,06	38,73
11.48	19,12	2,23	42,64	13,18	0,05	0,66	18,80	2,14	40,23
11.52	19,08	2,16	41,21	13,13	0,05	0,66	18,75	1,99	37,31
11.56	18,98	2,08	39,48	13,10	0,05	0,66	18,73	1,96	36,71
12.00	18,94	2,01	38,07	13,07	0,45	5,88	18,67	1,94	36,22
12.04	18,90	2,09	39,50	13,04	0,05	0,65	18,70	1,98	37,03
12.08	18,92	1,84	34,81	13,00	0,05	0,65	18,68	1,77	33,06
12.12	18,89	1,72	32,49	12,98	0,05	0,65	18,65	1,68	31,33
12.16	18,96	1,90	36,02	12,95	0,05	0,65	18,74	1,80	33,73
12.20	18,95	1,92	36,38	12,93	0,47	6,08	18,75	1,85	34,69
12.24	18,95	1,96	37,14	12,91	0,05	0,65	18,75	1,88	35,25
12.28	18,95	1,83	34,68	12,89	0,05	0,64	18,74	1,72	32,23
12.32	18,99	1,79	33,99	12,86	0,05	0,64	18,75	1,70	31,88
12.36	19,00	1,87	35,53	12,82	0,05	0,64	18,75	1,79	33,56

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
lanjutan									
12.40	19,03	1,94	36,92	12,79	0,05	0,64	18,77	1,84	34,54
12.44	19,00	1,91	36,29	12,77	0,45	5,75	18,80	1,73	32,52
12.48	19,00	1,89	35,91	12,74	0,05	0,64	18,82	1,69	31,81
12.52	19,08	1,91	36,44	12,73	0,05	0,64	18,82	1,74	32,75
12.56	19,01	1,95	37,07	12,69	0,05	0,63	18,80	1,80	33,84
13.00	19,10	1,93	36,86	12,67	0,05	0,63	18,85	1,79	33,74
13.04	19,12	1,95	37,28	12,66	0,45	5,70	18,84	1,76	33,16
13.08	19,18	1,98	37,98	12,63	0,05	0,63	18,85	1,82	34,31
13.12	19,18	1,90	36,44	12,60	0,05	0,63	18,85	1,73	32,61
13.16	19,16	1,92	36,79	12,58	0,05	0,63	18,88	1,73	32,66
13.20	19,18	1,71	32,80	12,58	0,05	0,63	18,88	1,68	31,72
13.24	19,20	0,56	10,75	12,56	0,05	0,63	18,90	0,53	10,02
13.28	19,22	1,22	23,45	12,55	0,45	5,65	18,90	1,18	22,30
13.32	19,23	1,98	38,08	12,53	0,05	0,63	18,91	1,82	34,42
13.36	19,28	1,96	37,79	12,51	0,05	0,63	18,94	1,82	34,47
13.40	19,22	1,91	36,71	12,49	0,05	0,62	18,90	1,80	34,02
13.44	19,17	1,80	34,51	12,46	0,05	0,62	18,89	1,78	33,62
13.48	19,16	1,87	35,83	12,49	0,45	5,62	18,92	1,79	33,87
13.52	19,16	1,83	35,06	12,53	0,05	0,63	18,95	1,71	32,40
13.56	19,15	1,78	34,09	12,55	0,05	0,63	18,94	1,64	31,06
14.00	19,18	0,55	10,55	12,57	0,05	0,63	18,95	0,58	10,99
14.04	19,11	0,71	13,57	12,58	0,05	0,63	18,96	0,66	12,51
14.08	19,08	1,36	25,95	12,60	0,45	5,67	18,96	1,23	23,32
14.12	19,06	1,78	33,93	12,61	0,05	0,63	18,96	1,60	30,34
14.16	19,00	1,81	34,39	12,63	0,05	0,63	18,92	1,62	30,65
14.20	19,00	1,73	32,87	12,66	0,45	5,70	18,95	1,58	29,94
14.24	19,00	1,72	32,68	12,69	0,05	0,63	18,90	1,45	27,41
14.28	19,04	1,30	24,75	12,70	0,05	0,64	18,92	1,28	24,22
14.32	19,01	1,70	32,32	12,73	0,05	0,64	18,88	1,53	28,89
14.36	19,00	1,70	32,30	12,76	0,45	5,74	18,86	1,55	29,23
14.40	18,95	1,38	26,15	12,77	0,05	0,64	18,87	1,33	25,10

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
14.44	18,92	1,48	28,00	12,78	0,05	0,64	18,85	1,21	22,81
14.48	18,91	1,52	28,74	12,75	0,46	5,87	18,85	1,19	22,43
14.52	18,89	1,47	27,77	12,79	0,05	0,64	18,80	1,17	22,00
14.56	18,85	1,49	28,09	12,82	0,05	0,64	18,83	1,15	21,65
15.00	18,89	1,48	27,96	12,84	0,45	5,78	18,85	1,16	21,87
15.04	18,84	1,45	27,32	12,87	0,05	0,64	18,85	1,14	21,49
15.08	18,84	1,43	26,94	12,90	0,05	0,65	18,80	1,10	20,68
15.12	18,85	0,59	11,12	12,93	0,05	0,65	18,81	0,60	11,29
15.16	18,86	1,42	26,78	12,94	0,45	5,82	18,83	1,15	21,65
15.20	18,86	1,36	25,65	12,96	0,05	0,65	18,82	1,13	21,27
15.24	18,83	1,37	25,80	12,97	0,45	5,84	18,82	1,15	21,64
15.28	18,86	1,35	25,46	12,99	0,05	0,65	18,80	1,16	21,81
15.32	18,89	1,35	25,50	13,02	0,05	0,65	18,81	1,12	21,07
15.36	18,85	1,32	24,88	13,03	0,46	5,99	18,80	1,15	21,62
15.40	18,83	1,32	24,86	13,07	0,05	0,65	18,75	1,18	22,13
15.44	18,85	1,22	23,00	13,11	0,45	5,90	18,77	0,94	17,64
15.48	18,85	1,20	22,62	13,08	0,05	0,65	18,77	0,91	17,08
15.52	18,80	1,18	22,18	13,05	0,05	0,65	18,70	0,90	16,83
15.56	18,80	1,15	21,62	13,01	0,05	0,65	18,69	0,92	17,19
16.00	18,78	1,11	20,85	12,96	0,05	0,65	18,70	0,87	16,27
16.04	18,79	1,07	20,11	12,95	0,05	0,65	18,71	0,83	15,53
16.08	18,75	1,04	19,50	12,95	0,05	0,65	18,68	0,80	14,94
16.12	18,73	0,96	17,98	12,93	0,05	0,65	18,68	0,79	14,76
16.16	18,74	0,97	18,18	12,90	0,45	5,81	18,67	0,80	14,94
16.20	18,74	0,84	15,74	12,87	0,05	0,64	18,66	0,73	13,62
16.24	18,70	0,70	13,09	12,85	0,05	0,64	18,65	0,66	12,31
16.28	18,68	0,68	12,70	12,82	0,05	0,64	18,65	0,59	11,00
16.32	18,70	0,59	11,03	12,79	0,05	0,64	18,66	0,57	10,64
16.36	18,23	0,57	10,39	12,78	0,05	0,64	18,60	0,49	9,11
16.40	17,68	0,59	10,43	12,77	0,05	0,64	17,20	0,48	8,26
16.44	16,50	0,58	9,57	12,76	0,05	0,64	15,70	0,48	7,54

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
lanjutan									
16.48	15,90	0,55	8,75	12,78	0,05	0,64	15,20	0,48	7,30
16.52	15,42	0,50	7,71	12,77	0,05	0,64	14,80	0,39	5,77
16.56	15,31	0,45	6,89	12,75	0,05	0,64	14,70	0,36	5,29
17.00	15,23	0,40	6,09	12,73	0,05	0,64	14,70	0,34	5,00
Rata-rata		29,47				1,75			26,88

Data pada tabel 3.5 di atas adalah data yang diambil dengan setting pengujian yang sama dengan hari pertama. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa saat berawan arus yang dihasilkan oleh panel surya cenderung naik turun tergantung dari cahaya matahari yang mengenai panel surya. Saat cahaya matahari tertutup awan maka arus akan kecil. Hal ini terlihat pada beberapa data seperti data pukul 10.56, 13.24, dan 14.00. Pada pagi dan sore hari nilai arus juga berkisar 0 sampai 1 Ampere karena pada saat itu cahaya dan radiasi matahari belum maksimum dan mulai menurun. Nilai arus tertinggi pada pengujian hari kedua ini adalah 2,38 A untuk panel surya dengan pengendalian dan 2,27 A untuk panel surya dalam keadaan diam. Perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan pengendalian dan daya yang dihasilkan panel surya dalam keadaan diam dapat diindikasikan dari nilai arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya. Berikut adalah grafik perbandingan arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya terhadap waktu.



Gambar 3.35 Grafik Perbandingan Arus Pada Pengujian II

Dari persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

• Rerata P dengan pengendalian = 29,47 Watt

• Rerata P dalam keadaan diam = 26,88 Watt

• Rerata P sistem pengendalian = 1,75 Watt

• Selisih daya = 2,58 Watt

• Peningkatan daya = 0,84 Watt

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa dengan adanya pengendalian panel surya oleh sistem *sun tracking* pada pengujian hari kedua ini terjadi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 0,84 Watt.

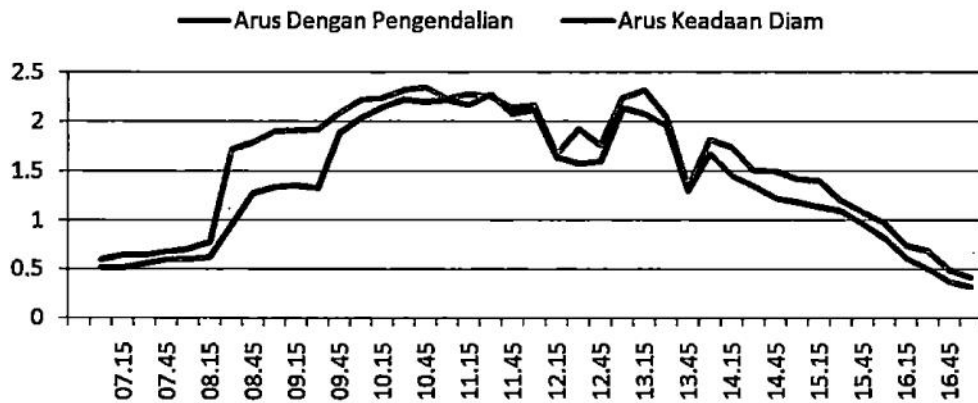
Tabel 3.6 Data Pengujian Hari Ketiga

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.00	18,26	0,60	10,96	12,98	0,05	0,65	17,88	0,52	9,30
07.15	18,87	0,65	12,27	12,84	0,05	0,64	18,44	0,52	9,59
07.30	19,00	0,65	12,35	12,76	0,05	0,64	18,53	0,56	10,38
07.45	19,26	0,68	13,10	12,53	0,05	0,63	18,92	0,60	11,35
08.00	19,34	0,71	13,73	12,65	0,47	5,95	19,03	0,60	11,42
08.15	19,28	0,78	15,04	12,78	0,45	5,75	19,00	0,63	11,97
08.30	19,19	1,72	33,01	12,87	0,45	5,79	19,12	0,96	18,36
08.45	19,00	1,79	34,01	12,97	0,46	5,97	18,93	1,28	24,23
09.00	19,00	1,90	36,10	13,20	0,45	5,94	18,95	1,34	25,39
09.15	18,92	1,91	36,14	13,41	0,05	0,67	18,90	1,36	25,70
09.30	19,00	1,92	36,48	13,57	0,46	6,24	18,87	1,33	25,10
09.45	18,96	2,09	39,63	13,65	0,05	0,68	18,83	1,89	35,59
10.00	19,00	2,22	42,18	13,48	0,47	6,34	18,90	2,04	38,56
10.15	19,46	2,24	43,59	13,27	0,05	0,66	19,18	2,15	41,24
10.30	19,00	2,32	44,08	13,18	0,45	5,93	19,06	2,23	42,50
10.45	19,00	2,35	44,65	13,07	0,05	0,65	19,00	2,20	41,80
11.00	18,87	2,23	42,08	12,90	0,45	5,81	19,00	2,22	42,18
11.15	18,89	2,28	43,07	12,78	0,05	0,64	18,89	2,17	40,99
11.30	19,00	2,25	42,75	12,63	0,45	5,68	18,90	2,28	43,09
11.45	19,37	2,14	41,45	12,50	0,05	0,63	19,00	2,08	39,52
12.00	19,53	2,17	42,38	12,42	0,45	5,59	19,20	2,12	40,70
12.15	18,98	1,67	31,70	12,49	0,05	0,62	19,00	1,64	31,16
12.30	18,87	1,93	36,42	12,57	0,46	5,78	18,79	1,58	29,69
12.45	18,92	1,76	33,30	12,73	0,05	0,64	18,82	1,60	30,11
13.00	19,63	2,24	43,97	12,80	0,45	5,76	19,35	2,14	41,41
13.15	19,59	2,32	45,45	12,88	0,05	0,64	19,39	2,08	40,33
13.30	19,27	2,05	39,50	12,95	0,45	5,83	19,19	1,96	37,61
13.45	19,00	1,34	25,46	13,10	0,05	0,66	18,93	1,30	24,61
14.00	19,45	1,82	35,40	13,01	0,45	5,85	18,98	1,68	31,89
14.15	19,00	1,74	33,06	12,93	0,05	0,65	18,90	1,46	27,59

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
Lanjutan									
14.30	18,82	1,51	28,42	12,81	0,45	5,76	18,78	1,35	25,35
14.45	18,83	1,50	28,25	12,70	0,46	5,84	18,68	1,23	22,98
15.00	18,65	1,42	26,48	12,62	0,45	5,68	18,63	1,19	22,17
15.15	18,63	1,40	26,08	12,50	0,45	5,63	18,50	1,14	21,09
15.30	18,51	1,20	22,21	12,43	0,45	5,59	18,37	1,10	20,21
15.45	18,59	1,09	20,26	12,52	0,05	0,63	18,35	0,97	17,80
16.00	18,50	0,98	18,13	12,55	0,05	0,63	18,33	0,82	15,03
16.15	18,34	0,75	13,76	12,59	0,05	0,63	17,87	0,62	11,08
16.30	18,24	0,69	12,59	12,61	0,05	0,63	17,80	0,51	9,08
16.45	15,13	0,50	7,57	12,61	0,05	0,63	14,72	0,38	5,59
17.00	15,07	0,42	6,33	12,64	0,05	0,63	14,61	0,32	4,68
Rata-rata			29,59			3,18			25,81

Data pada tabel 3.6 di atas adalah data yang diambil dengan jeda waktu pengambilan data setiap 15 menit dari pukul 07.00 s.d pukul 17.00. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa saat berawan arus yang dihasilkan oleh panel surya cenderung naik turun tergantung dari cahaya matahari yang mengenai panel surya. Saat cahaya matahari tertutup awan maka arus akan kecil. Pada pagi dan sore hari nilai arus juga berkisar 0 sampai 1 Ampere karena pada saat itu cahaya dan radiasi matahari belum maksimum dan mulai menurun. Nilai arus tertinggi pada pengujian hari ketiga ini adalah 2,35 A untuk panel surya dengan pengendalian dan 2,28 A untuk panel surya dalam keadaan diam. Perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan pengendalian dan daya yang dihasilkan

panel surya dalam keadaan diam dapat diindikasikan dari nilai arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya. Berikut adalah grafik perbandingan arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya terhadap waktu.



Gambar 3.36 Grafik Perbandingan Arus Pada Pengujian III

Dari persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Rerata P dengan pengendalian = 29,59 Watt
- Rerata P dalam keadaan diam = 25,81 Watt
- Rerata P sistem pengendalian = 3,18 Watt
- Selisih daya = 3,78 Watt
- Peningkatan daya = 0,6 Watt

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa dengan adanya pengendalian panel surya oleh sistem *sun tracking* pada pengujian hari ketiga ini terjadi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 0,6 Watt.

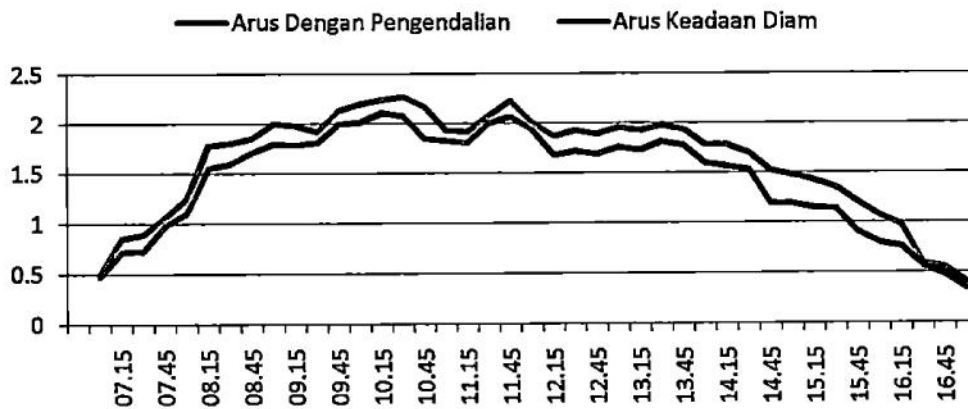
Tabel 3.7 Data Pengujian Hari Keempat

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.00	17,34	0,50	8,67	12,53	0,05	0,63	16,92	0,48	8,12
07.15	17,83	0,85	15,16	12,56	0,05	0,63	17,70	0,72	12,74
07.30	17,86	0,89	15,90	12,57	0,05	0,63	17,78	0,73	12,98
07.45	18,25	1,06	19,35	12,60	0,05	0,63	18,00	0,98	17,64
08.00	18,42	1,25	23,03	12,64	0,45	5,69	18,08	1,10	19,89
08.15	18,57	1,78	33,05	12,72	0,46	5,85	18,24	1,55	28,27
08.30	18,60	1,80	33,48	12,78	0,46	5,88	18,30	1,60	29,28
08.45	18,73	1,85	34,65	12,85	0,45	5,78	18,43	1,71	31,52
09.00	18,78	2,00	37,56	12,96	0,47	6,09	18,68	1,80	33,62
09.15	18,69	1,98	37,01	13,15	0,05	0,66	18,46	1,79	33,04
09.30	18,68	1,92	35,87	13,28	0,45	5,98	18,50	1,81	33,49
09.45	18,80	2,13	40,04	13,40	0,05	0,67	18,63	2,00	37,26
10.00	18,92	2,20	41,62	13,52	0,46	6,22	18,70	2,02	37,77
10.15	18,98	2,24	42,52	13,25	0,05	0,66	18,94	2,11	39,96
10.30	19,00	2,27	43,13	13,18	0,45	5,93	18,82	2,08	39,15
10.45	19,22	2,17	41,71	13,00	0,05	0,65	18,90	1,85	34,97
11.00	19,18	1,93	37,02	12,90	0,45	5,81	18,90	1,83	34,59
11.15	19,03	1,92	36,54	12,81	0,05	0,64	18,71	1,81	33,87
11.30	19,10	2,08	39,73	12,92	0,45	5,81	18,78	2,01	37,75
11.45	19,12	2,23	42,64	13,16	0,05	0,66	18,80	2,07	38,92
12.00	18,94	2,01	38,07	13,21	0,45	5,94	18,67	1,94	36,22
12.15	18,89	1,87	35,32	13,18	0,05	0,66	18,65	1,68	31,33
12.30	18,95	1,93	36,57	13,04	0,46	6,00	18,74	1,72	32,23
12.45	19,00	1,89	35,91	12,88	0,05	0,64	18,82	1,69	31,81
13.00	19,12	1,96	37,48	12,70	0,45	5,72	18,84	1,76	33,16
13.15	19,16	1,93	36,98	12,66	0,05	0,63	18,88	1,73	32,66
13.30	19,23	1,98	38,08	12,45	0,45	5,60	18,91	1,82	34,42
13.45	19,17	1,94	37,19	12,38	0,05	0,62	18,89	1,78	33,62
14.00	19,15	1,78	34,09	12,47	0,45	5,61	18,94	1,60	30,30
14.15	19,06	1,78	33,93	12,57	0,05	0,63	18,96	1,57	29,77

Waktu (WIB)	Daya Panel Surya dengan Pengendalian			Konsumsi Daya Sistem Pengendalian			Daya Panel Surya Keadaan Diam		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
lanjutan									
14.30	19,01	1,70	32,32	12,65	0,46	5,82	18,88	1,53	28,89
14.45	18,91	1,52	28,74	12,77	0,45	5,75	18,85	1,19	22,43
15.00	18,89	1,48	27,96	12,86	0,46	5,92	18,85	1,19	22,43
15.15	18,86	1,42	26,78	12,93	0,46	5,95	18,83	1,15	21,65
15.30	18,89	1,35	25,50	13,00	0,45	5,85	18,81	1,14	21,44
15.45	18,85	1,20	22,62	12,82	0,45	5,77	18,77	0,91	17,08
16.00	18,79	1,07	20,11	12,71	0,05	0,64	18,71	0,80	14,97
16.15	18,74	0,97	18,18	12,64	0,05	0,63	18,67	0,76	14,19
16.30	18,70	0,59	11,03	12,55	0,05	0,63	18,66	0,57	10,64
16.45	15,90	0,55	8,75	12,46	0,05	0,62	15,20	0,48	7,30
17.00	15,23	0,40	6,09	12,40	0,05	0,62	14,70	0,34	5,00
Rata-rata			30,50			3,31			26,98

Data pada tabel 3.7 di atas adalah data yang diambil dengan setting pengujian yang sama dengan hari ketiga. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa saat berawan arus yang dihasilkan oleh panel surya cenderung naik turun tergantung dari cahaya matahari yang mengenai panel surya. Saat cahaya matahari tertutup awan maka arus akan kecil. Pada pagi dan sore hari nilai arus juga berkisar 0 sampai 1 Ampere karena pada saat itu cahaya dan radiasi matahari belum maksimum dan mulai menurun. Nilai arus tertinggi pada pengujian hari keempat ini adalah 2,27 A untuk panel surya dengan pengendalian dan 2,11 A untuk panel surya dalam keadaan diam. Perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan pengendalian dan daya yang dihasilkan panel surya dalam

keadaan diam dapat diindikasikan dari nilai arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya. Berikut adalah grafik perbandingan arus yang dihasilkan oleh kedua panel surya terhadap waktu.



Gambar 3.37 Grafik Perbandingan Arus Pada Pengujian IV

Dari persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Rerata P dengan pengendalian = 30,50 Watt
- Rerata P dalam keadaan diam = 26,98 Watt
- Rerata P sistem pengendalian = 3,31 Watt
- Selisih daya = 3,51 Watt
- Peningkatan daya = 0,2 Watt

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa dengan adanya pengendalian panel surya oleh sistem *sun tracking* pada pengujian hari keempat ini terjadi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu sebesar 0,2 Watt.