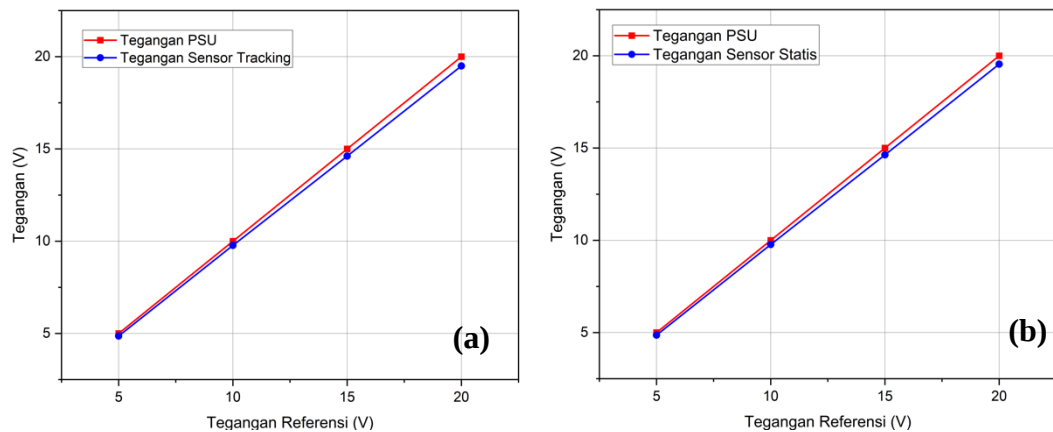


LAMPIRAN A PENGUJIAN SENSOR

Sebelum dilakukannya pengambilan data pada penelitian, dilakukan pengujian sensor dengan beberapa nilai sebagai berikut.

1. Sensor Tegangan

Pengujian tingkat akurasi sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan *Power Supply Unit* (PSU) sebagai sumber tegangannya. Pada pengujian ini menggunakan 4 nilai sumber tegangan yang berbeda, diantaranya 5 Volt, 10 Volt, 15 Volt, serta 20 Volt. Oleh karena itu pada pengambilan data menggunakan 2 buah sensor untuk mengukur tegangan pada panel surya *solar tracking dual axis* dan statis, maka pengujian dilakukan pada kedua sensor tersebut.



Gambar A.1 Uji Sensor Tegangan; (a) Sensor Tegangan Panel *Solar tracking dual axis*,
(b) Sensor Tegangan Statis

Tabel A.1 Pengujian Sensor Tegangan *Solar tracking dual axis*

No	Tegangan PSU (V)	Tegangan Sensor (V)	Nilai Error (%)
1	5	4,87	2,6
2	10	9,78	2,2
3	15	14,64	2,4
4	20	19,56	2,2

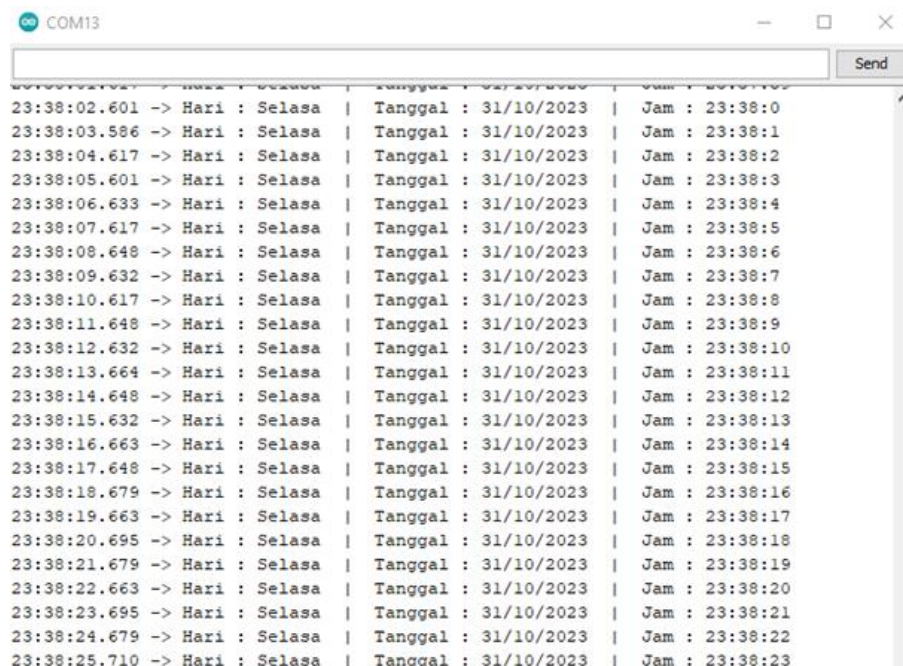
Tabel A.2 Pengujian Sensor Tegangan Statis

No	Tegangan PSU (V)	Tegangan Sensor (V)	Nilai Error (%)
1	5	4,87	2,6
2	10	9,78	2,2
3	15	14,62	2,53
4	20	19,51	2,45

Pada Gambar A.1a merupakan grafik hasil pengujian sensor tegangan panel surya *solar tracking dual axis* yang didapati nilai persentase error terendah sebesar 2,3% pada tegangan 10 volt, dan tertinggi sebesar 2,8% pada tegangan 5 volt. Pada Gambar A.1b merupakan grafik hasil pengujian sensor tegangan panel surya statis dengan nilai persentase error terendah sebesar 2,25% pada tegangan 20 volt, dan tertinggi sebesar 2,8% pada tegangan 5 volt.

2. Sensor RTC-DS3231

Sensor RTC-DS3231 memiliki fungsi sebagai pembacaan terhadap waktu. Pengujian tingkat akurasi dilakukan dengan membandingkan waktu pada *device* laptop dengan RTC-DS3231 ini dalam waktu 24 detik. Dari pengujian yang dilakukan tersebut diketahui seberapa bagus tingkat akurasi RTC-DS3231.



Timestamp	Hari	Tanggal	Jam
23:38:02.601	Selasa	31/10/2023	23:38:0
23:38:03.586	Selasa	31/10/2023	23:38:1
23:38:04.617	Selasa	31/10/2023	23:38:2
23:38:05.601	Selasa	31/10/2023	23:38:3
23:38:06.633	Selasa	31/10/2023	23:38:4
23:38:07.617	Selasa	31/10/2023	23:38:5
23:38:08.648	Selasa	31/10/2023	23:38:6
23:38:09.632	Selasa	31/10/2023	23:38:7
23:38:10.617	Selasa	31/10/2023	23:38:8
23:38:11.648	Selasa	31/10/2023	23:38:9
23:38:12.632	Selasa	31/10/2023	23:38:10
23:38:13.664	Selasa	31/10/2023	23:38:11
23:38:14.648	Selasa	31/10/2023	23:38:12
23:38:15.632	Selasa	31/10/2023	23:38:13
23:38:16.663	Selasa	31/10/2023	23:38:14
23:38:17.648	Selasa	31/10/2023	23:38:15
23:38:18.679	Selasa	31/10/2023	23:38:16
23:38:19.663	Selasa	31/10/2023	23:38:17
23:38:20.695	Selasa	31/10/2023	23:38:18
23:38:21.679	Selasa	31/10/2023	23:38:19
23:38:22.663	Selasa	31/10/2023	23:38:20
23:38:23.695	Selasa	31/10/2023	23:38:21
23:38:24.679	Selasa	31/10/2023	23:38:22
23:38:25.710	Selasa	31/10/2023	23:38:23

Gambar A.2 Uji Sensor RTC-DS3231

Pada Gambar A.2 merupakan hasil pengujian sensor RTC-DS3231 dengan pembacaan *real time* interval waktu 1 detik yang menghasilkan 3 variabel pembacaan data, yakni tanggal, hari, dan jam. Pada variabel tanggal, dan hari sesuai dengan waktu dilakukannya pengujian sensor pada tanggal 31 oktober 2023 di hari selasa. Untuk variabel jam mempunyai sedikit perbedaan selisih waktu 2 detik, jika dibandingkan dengan *timestamp* pada *software* Arduino IDE.

3. Micro SD Card Adaptor

Pengujian tingkat akurasi pada *Micro SD Card* adaptor sebagai penyimpanan. Dilakukan dengan percobaan menyimpan data waktu pada sensor RTC-DS3231. Data tegangan pada sensor tegangan, dan arus pada sensor ACS712.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Hari	Tanggal	Jam	LDR 1	LDR 2	LDR 3	LDR 4	Sudut Altitude Alat	Sudut Azimuth Alat	Arus Beban 1	Arus Beban 2	Tegangan Beban 1	Tegangan Beban 2
27	Wednesday	29/11/2023	19:26:26	118	193	177	194	-25.12	108.52	0.15	0.15	0.04	0.04
28	Wednesday	29/11/2023	19:26:27	301	447	401	376	-25.68	110.58	0.15	0.15	0.04	0.07
29	Wednesday	29/11/2023	19:26:29	116	199	187	213	-24.09	110.19	0.15	0.15	0.07	0.02
30	Wednesday	29/11/2023	19:26:30	202	299	269	266	-25.44	109.88	0	0.15	0.07	0.04
31	Wednesday	29/11/2023	19:26:32	272	409	366	349	-23.96	110.57	0	0.15	0.04	0.04
32	Wednesday	29/11/2023	19:26:33	115	186	172	192	-23.09	110.8	0.15	0.15	0.04	0.04
33	Wednesday	29/11/2023	19:26:35	321	479	425	391	-23.12	108.96	0	0.15	0.04	0.04
34	Wednesday	29/11/2023	19:26:36	155	254	235	253	-23.79	109.23	0	-0.15	0.02	0.02
35	Wednesday	29/11/2023	19:26:38	150	233	214	224	-24.82	110.73	0.15	0	0.04	0.07

Serial Monitor Output 1:

```
Hari : Wednesday
Tanggal : 29/11/2023
Jam : 19:26:33
LDR1: 115
LDR2: 186
LDR3: 172
LDR4: 192
Step Motor Altitude = 15
Step Motor Azimuth = 4
Sudut Altitude Alat = -23.09 Derajat
Sudut Azimuth Alat = 110.80 Derajat
Arus Beban 1 : 0.15 A
Arus Beban 2 : 0.15 A
Tegangan Beban 1 : 0.04 V
Tegangan Beban 2 : 0.04 V
```

Serial Monitor Output 2:

```
Hari : Wednesday
Tanggal : 29/11/2023
Jam : 19:26:35
LDR1: 321
LDR2: 479
LDR3: 425
LDR4: 391
Step Motor Altitude = 15
Step Motor Azimuth = 0
Sudut Altitude Alat = -23.12 Derajat
Sudut Azimuth Alat = 108.96 Derajat
Arus Beban 1 : 0.00 A
Arus Beban 2 : 0.15 A
Tegangan Beban 1 : 0.04 V
Tegangan Beban 2 : 0.04 V
```

Serial Monitor Output 3:

```
Hari : Wednesday
Tanggal : 29/11/2023
Jam : 19:26:36
LDR1: 155
LDR2: 254
LDR3: 235
LDR4: 253
Step Motor Altitude = 14
Step Motor Azimuth = 1
Sudut Altitude Alat = -23.79 Derajat
Sudut Azimuth Alat = 109.23 Derajat
Arus Beban 1 : 0.00 A
Arus Beban 2 : -0.15 A
Tegangan Beban 1 : 0.02 V
Tegangan Beban 2 : 0.02 V
```

Gambar A.3 Uji Micro SD Card Adaptor

Pada Gambar A.3 bahwa penyimpanan data dapat terbaca oleh sensor pada *Micro SD Card* adaptor. Penulisan data yang dapat dilihat pada *serial monitor* tertulis ke bawah, sedangkan penulisan data yang disimpan tertulis kesamping. Pada format data yang dihasilkan dapat berbentuk file CSV.

LAMPIRAN B DATA PENELITIAN

Didapatkan data penelitian berupa hasil radiasi matahari, daya *realtime* panel surya, efisiensi daya normalisasi, suhu, *shading bar*, dan efisiensi konversi pada panel surya. Hasil dapat dilampirkan pada Tabel Lampiran B berikut ini.

Tabel B.1 Data Solar tracking dual axis Hari Pertama Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari W/m ²	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Monday, December 4, 2023	6:00	0	27	27,40	18,17	0,38	6,90	6,22	0,00	tidak tampak bayangan
	7:00	147	27	27,60	19,43	0,42	8,16	7,35	12,40	tidak tampak bayangan
	8:00	220	27	36,10	21,45	0,56	12,01	10,82	12,43	tidak tampak bayangan
	9:00	269	29	30,00	21,74	0,57	12,33	11,11	10,10	tidak tampak bayangan
	10:00	458	29	30,10	22,38	0,56	12,52	11,28	6,10	tidak tampak bayangan
	11:00	545	29	33,00	22,43	1,44	32,39	29,18	14,00	tidak tampak bayangan
	12:00	591	29	41,00	22,06	2,01	44,30	39,91	17,60	0,5
	13:00	336	29	35,40	21,83	1,03	22,41	20,19	15,42	tidak tampak bayangan
	14:00	520	29	37,80	21,93	2,09	45,83	41,29	20,60	0,5
	15:00	340	29	38,40	21,58	0,90	19,40	17,47	12,83	tidak tampak bayangan
	16:00	110	29	32,30	20,80	0,21	4,27	3,85	8,50	tidak tampak bayangan
	17:00	66	28	30,90	19,55	0,12	2,35	2,11	8,46	0,5
	18:00	0	28	30,00	7,78	0,11	0,86	0,77	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		277,08	28,38	33,08	20,04	0,80	17,21	15,39	10,65	

Tabel B.2 Data Statis Hari Pertama Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari W/m ²	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Monday, December 4, 2023	6:00	0	27	27,20	17,32	0,22	3,81	3,41	0,00	tidak tampak bayangan
	7:00	147	27	27,40	19,13	0,38	7,27	6,50	11,02	tidak tampak bayangan
	8:00	220	27	31,70	21,31	0,20	4,26	3,81	4,41	tidak tampak bayangan
	9:00	269	29	27,60	21,82	0,44	9,60	8,59	7,77	tidak tampak bayangan
	10:00	458	29	29,60	22,50	0,12	2,70	2,41	1,32	tidak tampak bayangan
	11:00	545	29	31,20	22,35	1,13	25,26	22,58	10,82	tidak tampak bayangan
	12:00	591	29	37,60	21,46	1,56	33,48	29,94	13,25	>15
	13:00	336	29	33,80	21,33	0,88	18,77	16,79	12,90	tidak tampak bayangan
	14:00	520	29	37,30	21,68	1,50	32,52	29,08	14,60	>15
	15:00	340	29	37,60	21,19	0,80	16,95	15,16	11,20	tidak tampak bayangan
	16:00	110	29	31,50	20,69	0,18	3,72	3,33	7,10	tidak tampak bayangan
	17:00	66	28	29,80	19,33	0,10	1,93	1,73	6,97	>15
	18:00	0	28	29,80	7,30	0,04	0,29	0,26	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		277,08	28,38	31,70	19,80	0,58	12,35	11,05	7,80	

Tabel B.3 Data *Solar tracking dual axis* Hari Kedua Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Wednesday, January 3, 2024	6:00	0	26	29,90	18,27	0,22	4,0	3,62	0,00	tidak tampak bayangan
	7:00	55	26	30,10	18,81	0,46	8,7	7,80	34,51	0,5
	8:00	64	26	27,20	20,40	0,32	6,5	5,88	22,37	1,00
	9:00	86	26	27,70	20,67	0,41	8,5	7,63	21,61	1,00
	10:00	107	26	27,60	21,33	0,51	10,9	9,80	22,30	1,00
	11:00	143	27	28,00	21,55	0,62	13,4	12,04	20,49	0,5
	12:00	162	28	28,00	21,33	0,65	13,9	12,49	18,77	0,5
	13:00	320	28	33,20	21,87	1,16	25,4	22,86	17,39	tidak tampak bayangan
	14:00	288	28	34,10	21,72	1,25	27,2	24,46	20,68	tidak tampak bayangan
	15:00	275	28	34,10	21,59	1,47	31,7	28,59	25,31	1,00
	16:00	191	29	29,20	22,26	0,52	11,6	10,43	13,29	tidak tampak bayangan
	17:00	99	28	27,70	21,28	0,15	3,2	2,88	7,07	tidak tampak bayangan
	18:00	0	28	25,90	15,73	0,05	0,8	0,71	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		137,69	27,23	29,44	20,52	0,60	12,74	11,48	17,22	

Tabel B.4 Data Statis Hari Kedua Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Wednesday, January 3, 2024	6:00	0	26	29,30	17,42	0,16	2,8	2,51	0,00	tidak tampak bayangan
	7:00	55	26	29,40	18,91	0,20	3,8	3,41	15,08	tidak tampak bayangan
	8:00	64	26	27,1	20,04	0,16	3,2	2,89	10,99	>15
	9:00	86	26	27,4	20,21	0,29	5,9	5,28	14,95	>15
	10:00	107	26	27,3	20,87	0,38	7,9	7,14	16,26	>15
	11:00	143	27	27,7	21,11	0,50	10,6	9,51	16,19	>15
	12:00	162	28	27,8	20,94	0,52	10,9	9,81	14,74	6,5
	13:00	320	28	31,1	21,14	0,94	19,9	17,90	13,62	tidak tampak bayangan
	14:00	288	28	32,80	20,96	1,01	21,2	19,07	16,12	tidak tampak bayangan
	15:00	275	28	32,40	20,23	1,04	21,0	18,95	16,78	>15
	16:00	191	29	29,30	21,62	0,42	9,1	8,18	10,43	tidak tampak bayangan
	17:00	99	28	27,40	20,57	0,10	2,1	1,85	4,56	tidak tampak bayangan
	18:00	0	28,00	25,50	15,07	0,04	0,6	0,54	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		137,69	27,23	28,81	19,93	0,44	9,14	8,24	11,52	

Tabel B.5 Data *Solar tracking dual axis* Hari Ketiga Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Sunday, January 7, 2024	6:00	95	26	38,30	17,52	0,58	10,2	9,15	23,46	0,75
	7:00	323	26	42,40	18,79	1,85	34,8	31,32	23,60	0,75
	8:00	421	27	44,50	21,23	2,11	44,8	40,36	23,34	0,5
	9:00	455	29	37,10	21,74	1,21	26,3	23,70	12,68	tidak tampak bayangan
	10:00	672	29	36,50	22,41	1,71	38,3	34,52	12,51	tidak tampak bayangan
	11:00	455	30	36,50	22,39	1,48	33,1	29,85	15,97	tidak tampak bayangan
	12:00	204	29	35,40	22,06	1,33	29,3	26,43	31,54	tidak tampak bayangan
	13:00	186	26	26,90	21,83	0,28	6,1	5,51	7,21	tidak tampak bayangan
	14:00	406	26	26,80	21,90	0,31	6,8	6,12	3,67	tidak tampak bayangan
	15:00	323	27	24,60	21,85	0,22	4,8	4,33	3,26	tidak tampak bayangan
	16:00	148	27	24,60	21,60	0,11	2,4	2,14	3,52	tidak tampak bayangan
	17:00	83	26	24,40	19,79	0,07	1,4	1,25	3,66	tidak tampak bayangan
	18:00	0	26	24,00	15,46	0,03	0,5	0,42	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		290,08	27,23	32,46	20,66	0,87	18,37	16,55	12,65	

Tabel B.6 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Hujan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Sunday, January 7, 2024	6:00	95	26	29,40	16,79	0,19	3,2	2,87	7,37	>15
	7:00	323	26	30,20	18,87	0,26	4,9	4,42	3,33	>15
	8:00	421	27	38,40	21,04	0,64	13,5	12,13	7,02	>15
	9:00	455	29	36,30	21,82	0,88	19,2	17,30	9,26	tidak tampak bayangan
	10:00	672	29	35,00	22,50	1,06	23,9	21,49	7,78	tidak tampak bayangan
	11:00	455	30	35,10	22,27	0,66	14,7	13,24	7,09	tidak tampak bayangan
	12:00	204	29	35,00	21,46	1,04	22,3	20,11	24,00	tidak tampak bayangan
	13:00	186	26	26,5	21,33	0,28	6,0	5,38	7,04	tidak tampak bayangan
	14:00	406	26	26,6	21,30	0,30	6,4	5,76	3,45	tidak tampak bayangan
	15:00	323	27	23,5	21,37	0,21	4,5	4,04	3,05	tidak tampak bayangan
	16:00	148	27	24,4	21,04	0,10	2,1	1,90	3,12	tidak tampak bayangan
	17:00	83	26	24,1	19,16	0,06	1,1	1,04	3,04	tidak tampak bayangan
	18:00	0	26,00	23,7	14,88	0,02	0,3	0,27	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		290,08	27,23	29,86	20,29	0,44	9,39	8,46	6,58	

Tabel B.7 Data *Solar tracking dual axis* Hari Pertama Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Monday, December 4, 2023	6:00	79	26	25,4	18,27	0,40	7,31	6,58	20,29	tidak tampak bayangan
	7:00	104	26	26,2	19,33	0,47	9,09	8,18	19,16	tidak tampak bayangan
	8:00	111	26	36,1	20,45	0,47	9,61	8,66	18,99	tidak tampak bayangan
	9:00	158	26	39,1	20,67	0,48	9,92	8,94	13,77	tidak tampak bayangan
	10:00	293	27	45,8	21,33	0,56	11,94	10,76	8,94	tidak tampak bayangan
	11:00	321	27	38,6	21,58	0,59	12,73	11,47	8,70	tidak tampak bayangan
	12:00	383	27	38,1	21,92	0,74	16,22	14,61	9,29	tidak tampak bayangan
	13:00	457	27	44,0	21,87	1,03	22,53	20,29	10,81	tidak tampak bayangan
	14:00	335	27	43,0	21,72	0,56	12,16	10,96	7,96	tidak tampak bayangan
	15:00	332	26	30,2	21,31	0,48	10,23	9,22	6,76	1,00
	16:00	201	27	30,0	20,65	0,27	5,58	5,02	6,08	1,00
	17:00	146	27	27,2	18,55	0,22	4,08	3,68	6,13	tidak tampak bayangan
	18:00	0	27	26,9	7,08	0,21	1,49	1,34	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		224,62	26,62	34,66	19,59	0,50	10,22	9,21	10,53	

Tabel B.8 Data Statis Hari Pertama Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Monday, December 4, 2023	6:00	79	26	25,3	17,42	0,20	3,48	3,14	9,67	tidak tampak bayangan
	7:00	104	26	25,9	19,03	0,39	7,42	6,69	15,65	tidak tampak bayangan
	8:00	111	26	31,7	20,11	0,41	8,25	7,43	16,29	tidak tampak bayangan
	9:00	158	26	38,6	20,21	0,44	8,89	8,01	12,34	tidak tampak bayangan
	10:00	293	27	45,8	20,92	0,49	10,25	9,23	7,67	tidak tampak bayangan
	11:00	321	27	39,9	21,11	0,55	11,61	10,46	7,93	tidak tampak bayangan
	12:00	383	27	39,2	20,96	0,67	14,04	12,65	8,04	tidak tampak bayangan
	13:00	457	27	43,4	21,14	0,78	16,49	14,86	7,91	tidak tampak bayangan
	14:00	335	27	41,2	20,96	0,47	9,85	8,87	6,45	tidak tampak bayangan
	15:00	332	26	29,6	20,43	0,40	8,17	7,36	5,40	>15
	16:00	201	27	29,1	20,16	0,18	3,63	3,27	3,96	>15
	17:00	146	27	27,0	18,25	0,20	3,65	3,29	5,48	tidak tampak bayangan
	18:00	0	27	26,5	6,60	0,19	1,25	1,13	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		224,62	26,62	34,09	19,02	0,41	8,23	7,41	8,22	

Tabel B.9 Data *Solar tracking dual axis* Hari Kedua Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Thursday, December 7, 2023	6:00	0	27	27,00	19,77	0,56	11,1	9,97	0,00	0,5
	7:00	180	27	28,00	19,60	0,60	11,8	10,59	14,33	tidak tampak bayangan
	8:00	316	27	27,30	20,87	0,66	13,8	12,41	9,56	tidak tampak bayangan
	9:00	621	29	33,80	21,84	0,74	16,2	14,56	5,71	tidak tampak bayangan
	10:00	767	30	39,30	22,38	0,91	20,4	18,35	5,82	1,00
	11:00	619	30	39,70	22,26	1,04	23,2	20,86	8,20	tidak tampak bayangan
	12:00	633	30	49,70	22,63	1,97	44,6	40,16	15,45	0,25
	13:00	531	30	41,90	22,42	1,40	31,4	28,28	12,96	1,00
	14:00	684	30	41,30	22,36	1,54	34,4	31,02	11,04	0,5
	15:00	492	29	46,00	22,43	2,10	47,1	42,44	21,00	0,75
	16:00	253	29	34,90	21,80	1,25	27,3	24,55	23,62	1,00
	17:00	248	29	38,50	22,43	1,12	25,1	22,63	22,22	0,5
	18:00	0	28	28,30	15,69	0,16	2,5	2,26	0,00	1,00
Rata-rata		411,08	28,85	36,59	21,27	1,08	23,74	21,39	11,53	

Tabel B.10 Data Statis Hari Kedua Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Thursday, December 7, 2023	6:00	0	27	26,20	18,92	0,50	9,5	8,52	0,00	>15
	7:00	180	27	27,50	19,82	0,51	10,1	9,11	12,32	tidak tampak bayangan
	8:00	316	27	27,50	20,30	0,54	11,0	9,88	7,61	tidak tampak bayangan
	9:00	621	29	33,60	21,48	0,70	15,0	13,55	5,31	tidak tampak bayangan
	10:00	767	30	38,10	21,97	0,69	15,2	13,66	4,33	>15
	11:00	619	30	39,20	21,80	0,82	17,9	16,10	6,33	tidak tampak bayangan
	12:00	633	30	48,80	22,21	1,17	26,0	23,41	9,00	7,00
	13:00	531	30	43,20	22,04	0,88	19,4	17,47	8,01	6,50
	14:00	684	30	40,50	21,89	0,98	21,5	19,33	6,88	>15
	15:00	492	29	45,40	22,11	1,20	26,5	23,90	11,83	>15
	16:00	253	29	33,00	20,94	0,37	7,7	6,98	6,72	>15
	17:00	248	29	35,70	21,48	0,30	6,4	5,81	5,70	>15
	18:00	0	28	26,40	14,71	0,09	1,3	1,19	0,00	>15
Rata-rata		411,08	29	35,78	20,74	0,67	14,42	12,99	6,46	

Tabel B.11 Data Solar tracking dual axis Hari Ketiga Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Saturday, January 13, 2024	6:00	0	26	40,10	20,15	0,59	11,9	10,71	0,00	0,75
	7:00	249	26	36,40	21,14	1,28	27,1	24,38	23,84	0,75
	8:00	380	26	47,90	22,43	1,29	28,9	26,07	16,70	0,5
	9:00	338	28	35,50	22,38	1,18	26,4	23,79	17,14	tidak tampak bayangan
	10:00	451	28	36,00	22,34	1,50	33,5	30,19	16,30	tidak tampak bayangan
	11:00	652	29	36,60	22,31	1,33	29,7	26,73	9,98	tidak tampak bayangan
	12:00	673	29	34,30	21,91	1,33	29,1	26,25	9,50	tidak tampak bayangan
	13:00	641	29	36,30	22,30	1,34	29,9	26,92	10,22	tidak tampak bayangan
	14:00	556	29	32,30	22,35	1,17	26,1	23,56	10,32	tidak tampak bayangan
	15:00	546	28	35,10	22,38	1,53	34,2	30,85	13,76	tidak tampak bayangan
	16:00	312	28	34,30	22,39	1,56	34,9	31,47	24,55	0,5
	17:00	104	27	28,70	21,48	0,32	6,9	6,19	14,50	tidak tampak bayangan
	18:00	0	27	28,60	17,93	0,12	2,2	1,94	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		377,08	27,69	35,55	21,65	1,12	24,68	22,23	12,83	

Tabel B.12 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Berawan

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Saturday, January 13, 2024	6:00	0	26	31,00	19,39	0,15	2,9	2,62	0,00	>15
	7:00	249	26	28,00	20,50	0,25	5,1	4,62	4,51	>15
	8:00	380	26	41,40	21,90	0,68	14,9	13,42	8,60	>15
	9:00	338	28	34,30	21,19	0,89	18,9	16,99	12,24	tidak tampak bayangan
	10:00	451	28	34,20	21,90	1,07	23,4	21,11	11,40	tidak tampak bayangan
	11:00	652	29	35,10	21,74	0,99	21,5	19,39	7,24	tidak tampak bayangan
	12:00	673	29	33,70	21,26	1,06	22,5	20,30	7,34	tidak tampak bayangan
	13:00	641	29	35,60	22,12	0,81	17,9	16,14	6,13	tidak tampak bayangan
	14:00	556	29	31,50	22,10	0,83	18,3	16,53	7,24	tidak tampak bayangan
	15:00	546	28	33,50	22,02	1,03	22,7	20,43	9,11	tidak tampak bayangan
	16:00	312	28	31,20	22,33	1,10	24,6	22,13	17,27	>15
	17:00	104	27	28,50	21,00	0,24	5,0	4,54	10,63	tidak tampak bayangan
	18:00	0	27,00	26,60	16,10	0,09	1,4	1,31	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		377,08	27,69	32,66	21,04	0,71	15,33	13,81	7,82	

Tabel B.13 Data *Solar tracking dual axis* Hari Pertama Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Tuesday, December 5, 2023	6:00	73	26	27,80	21,07	0,25	5,3	4,75	15,83	1,50
	7:00	230	26	40,20	21,91	0,93	20,4	18,36	19,43	0,5
	8:00	361	27	37,30	22,38	1,26	28,2	25,40	17,13	1,00
	9:00	546	29	57,30	22,32	2,02	45,1	40,62	18,11	0,5
	10:00	669	30	51,40	22,43	2,49	55,9	50,32	18,31	1,00
	11:00	838	30	53,00	22,10	3,06	67,6	60,92	17,70	0,5
	12:00	869	32	54,30	22,35	3,36	75,1	67,65	18,95	0,5
	13:00	899	30	53,20	22,38	3,54	79,2	71,37	19,33	1,00
	14:00	851	30	61,50	22,43	3,72	83,4	75,17	21,51	1,00
	15:00	597	29	49,00	22,04	2,62	57,7	52,02	21,21	0,5
	16:00	413	29	44,30	20,61	1,86	38,3	34,54	20,36	1,00
	17:00	89	29	31,50	18,66	0,26	4,9	4,37	11,96	1,00
	18:00	0	28	27,70	9,62	0,09	0,9	0,78	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		495,00	29	45,27	20,79	1,96	43,23	38,94	16,91	

Tabel B.14 Data Statis Hari Pertama Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Tuesday, December 5, 2023	6:00	73	26	27,60	20,22	0,20	4,0	3,64	12,15	>15
	7:00	230	26	36,70	21,01	0,22	4,6	4,16	4,41	>15
	8:00	361	27	30,50	20,27	0,74	15,0	13,51	9,11	>15
	9:00	546	29	49,50	20,32	1,82	37,0	33,32	14,86	>15
	10:00	669	30	47,30	21,17	1,40	29,6	26,70	9,72	>15
	11:00	838	30	52,80	21,10	2,15	45,4	40,87	11,87	5,50
	12:00	869	31	51,50	21,45	2,36	50,6	45,61	12,78	3,50
	13:00	899	30	52,40	21,58	2,51	54,2	48,80	13,22	7,00
	14:00	851	30	58,50	21,28	2,63	56,0	50,42	14,42	>15
	15:00	597	29	48,00	21,01	1,52	31,9	28,77	11,73	>15
	16:00	413	29	39,60	19,83	0,86	17,1	15,36	9,06	>15
	17:00	89	29	30,30	18,05	0,15	2,7	2,44	6,67	>15
	18:00	0	28	27,10	9,59	0,03	0,3	0,26	0,00	tidak tampak bayangan
Rata-rata		495,00	29	42,45	19,76	1,28	26,80	24,14	10,00	

Tabel B.15 Data *Solar tracking dual axis* Hari Kedua Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Wednesday, December 6, 2023	6:00	27	26	30,50	21,20	0,80	17,0	15,28	0,00	0,25
	7:00	333	26	44,10	21,65	1,43	31,0	27,89	20,39	0,5
	8:00	531	27	46,00	22,32	2,18	48,7	43,84	20,10	0,5
	9:00	605	29	51,10	21,70	2,46	53,4	48,09	19,35	0,5
	10:00	702	29	41,70	22,32	3,02	67,4	60,73	21,06	0,5
	11:00	728	30	49,20	22,41	3,16	70,8	63,80	21,34	0,5
	12:00	786	30	52,60	22,45	3,20	71,8	64,72	20,05	0,25
	13:00	852	31	51,60	22,40	3,52	78,8	71,03	20,30	0,75
	14:00	734	31	50,10	22,32	3,13	69,9	62,94	20,88	0,75
	15:00	641	29	47,90	22,39	2,73	61,1	55,07	20,92	0,75
	16:00	462	29	47,40	22,32	2,01	44,9	40,42	21,30	0,75
	17:00	226	27	39,30	21,75	1,25	27,2	24,49	26,39	0,25
	18:00	0	27	27,80	9,27	0,02	0,2	0,17	0,00	0,5
Rata-rata		509,77	29	44,56	21,12	2,22	49,39	44,50	17,85	

Tabel B.16 Data Statis Hari Kedua Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Wednesday, December 6, 2023	6:00	27	26	30,10	20,19	0,36	7,3	6,55	0,00	>15
	7:00	333	26	34,10	20,60	0,50	10,3	9,28	6,78	>15
	8:00	531	27	42,10	21,59	1,19	25,7	23,15	10,61	>15
	9:00	605	29	49,20	21,33	1,34	28,6	25,75	10,36	>15
	10:00	702	29	39,20	21,58	2,21	47,7	42,97	14,90	>15
	11:00	728	30	47,30	21,58	2,33	50,3	45,30	15,15	>15
	12:00	786	30	49,50	21,82	2,45	53,5	48,16	14,92	>15
	13:00	852	31	51,80	21,74	2,42	52,6	47,40	13,54	>15
	14:00	734	31	43,90	21,37	2,01	43,0	38,70	12,84	>15
	15:00	641	29	44,60	21,12	1,52	32,1	28,92	10,98	>15
	16:00	462	29	39,10	21,87	0,91	19,9	17,93	9,45	>15
	17:00	226	27	35,90	20,82	0,53	11,0	9,94	10,71	>15
	18:00	0	27	27,30	8,93	0,01	0,1	0,08	0,00	>15
Rata-rata		509,77	29	41,08	20,35	1,37	29,38	26,47	10,02	>15

Tabel B.17 Data *Solar tracking dual axis* Hari Ketiga Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Saturday, December 9, 2023	6:00	128	27	27,80	20,70	0,43	8,9	8,02	15,25	1,00
	7:00	196	27	34,30	20,86	0,72	15,0	13,53	16,81	0,50
	8:00	507	27	47,00	21,72	2,04	44,3	39,92	19,17	0,50
	9:00	646	29	54,80	21,73	2,36	51,3	46,20	17,41	0,00
	10:00	705	29	41,30	22,12	2,85	63,0	56,79	19,61	tidak tampak bayangan
	11:00	782	29	50,10	22,25	2,80	62,3	56,13	17,47	0,50
	12:00	807	30	36,50	22,21	3,15	70,0	63,03	19,01	tidak tampak bayangan
	13:00	550	30	40,80	22,35	2,41	53,9	48,53	21,48	0,50
	14:00	548	30	40,80	22,25	2,80	62,3	56,13	24,93	0,25
	15:00	539	29	41,30	22,25	2,67	59,4	53,52	24,17	0,50
	16:00	293	29	35,90	21,87	1,29	28,2	25,42	21,12	0,75
	17:00	159	28	31,90	20,90	0,33	6,9	6,21	9,51	0,75
	18:00	50	29	27,90	14,35	0,10	1,4	1,29	6,29	tidak tampak bayangan
Rata-rata		454,62	28,69	39,26	21,20	1,84	40,53	36,52	17,87	

Tabel B.18 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Cerah

Tanggal	Waktu (Jam)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Panel (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi Normalisasi (%)	Efisiensi Konversi (%)	Kesalahan Sudut (°)
Saturday, December 9, 2023	6:00	128	27	26,90	19,85	0,33	6,6	5,90	11,22	>15
	7:00	196	27	32,70	19,94	0,40	8,0	7,19	8,93	>15
	8:00	507	27	42,20	21,09	0,52	11,0	9,88	4,74	>15
	9:00	646	29	48,00	21,39	0,94	20,1	18,11	6,83	>15
	10:00	705	29	40,30	21,49	1,42	30,5	27,49	9,49	tidak tampak bayangan
	11:00	782	29	49,00	21,74	1,61	35,0	31,53	9,82	>15
	12:00	807	30	35,50	21,89	1,73	37,9	34,12	10,29	tidak tampak bayangan
	13:00	550	31	39,40	22,04	1,64	36,1	32,56	14,41	13,00
	14:00	548	30	40,00	21,91	1,71	37,5	33,75	15,00	>15
	15:00	539	29	39,30	21,61	1,49	32,2	29,01	13,10	>15
	16:00	293	29	34,90	21,60	0,69	14,9	13,43	11,16	>15
	17:00	159	28	31,80	20,63	0,23	4,7	4,27	6,55	>15
	18:00	50	29,00	27,00	13,86	0,07	1,0	0,87	4,26	>15
Rata-rata		454,62	28,77	37,46	20,70	0,98	21,19	19,09	9,68	

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN DATA

Seperti yang dapat terlihat pada Bab 4 terdapat grafik dan pada Lampiran B terdapat hasil data perbandingan panel surya *solar tracking dual axis* dengan panel surya statis. Berdasarkan teori pada persamaan (2.1), Persamaan (2.2), Persamaan (2.3), dan Persamaan (2.4) untuk menghitung daya *output*, efisiensi daya normalisasi, efisiensi konversi dapat dicontohkan sebagai berikut. Contoh perhitungan menggunakan data tanggal 5 Desember 2023 pada pukul 14:00.

A. Perhitungan Daya Output

Diketahui:

Tegangan = 22,43 volt

Arus = 3,72 ampere

Maka:

$$P_{out} = V \times I$$

$$P_{out} = 22,43 \times 3,72$$

$$P_{out} = 83,4 \text{ W}$$

B. Perhitungan Efisiensi Daya Normalisasi

Diketahui:

$P_{act} = 83,4 \text{ W}$

$P_{max} = 111 \text{ W}$

Maka:

$$\eta_n = \frac{P_{act}}{P_{max}} \times 100\%$$

$$\eta_n = \frac{83,4}{111} \times 100\%$$

$$\eta_n = 75,17\%$$

C. Perhitungan Efisiensi Konversi

Diketahui:

$$P_{act} = 83,4 \text{ W}$$

$$G = 851 \text{ W/m}^2$$

$$A = 0,45593 \text{ m}^2$$

Maka:

$$P_{in} = G \times A$$

$$P_{in} = 851 \times 0,45593$$

$$P_{in} = 388 \text{ W}$$

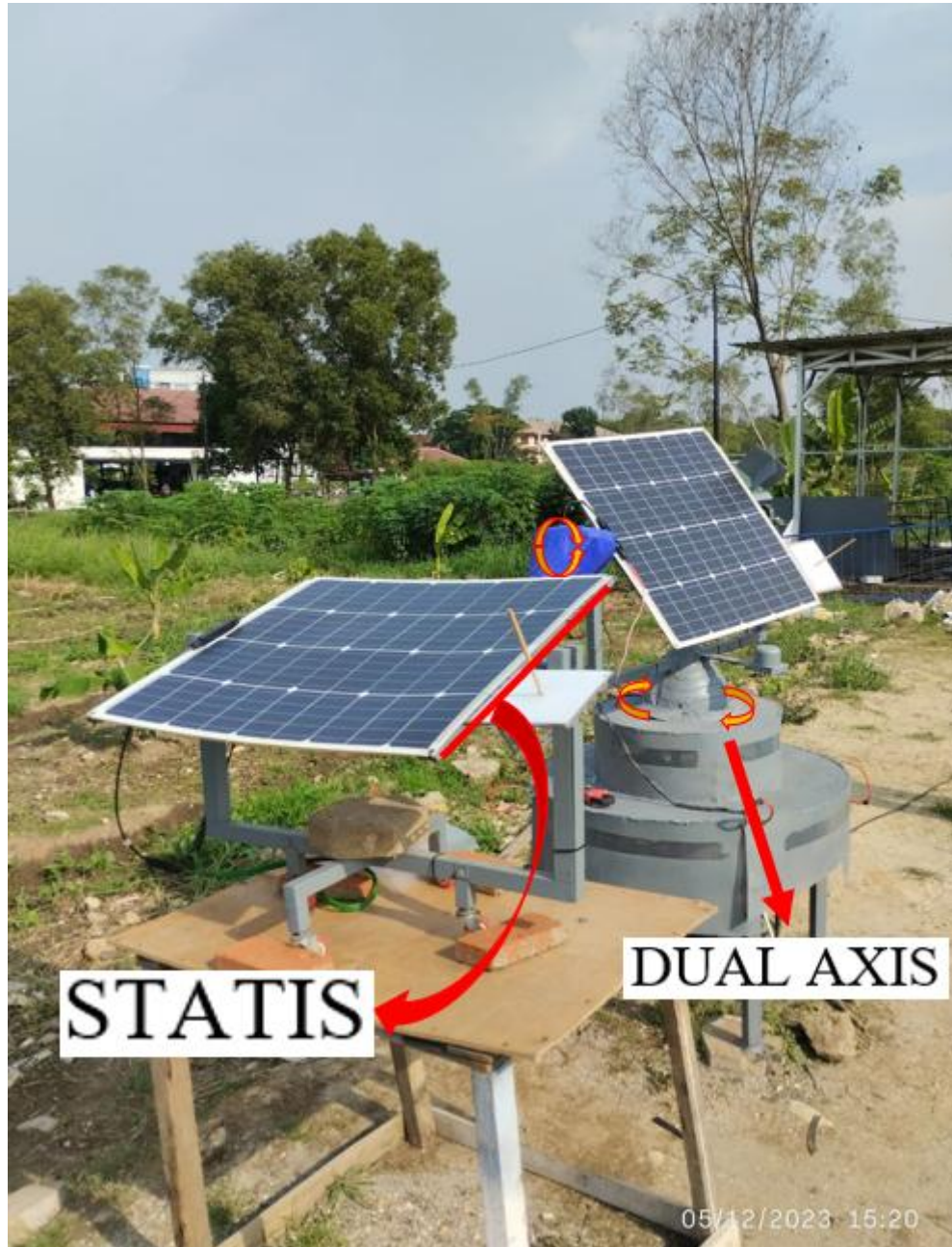
$$\eta_p = \frac{P_{act}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_p = \frac{83,4}{388} \times 100\%$$

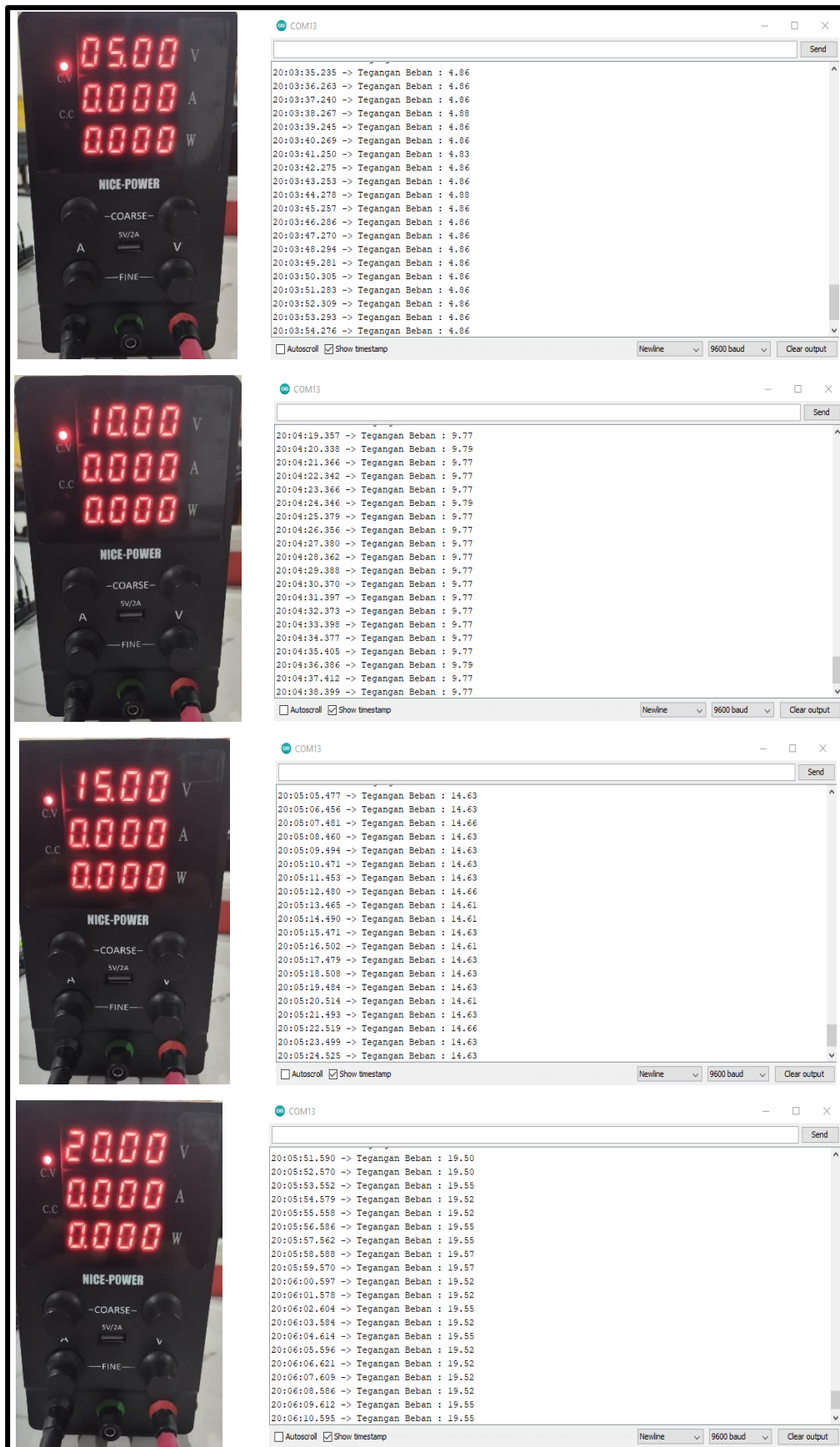
$$\eta_p = 21,5 \%$$

LAMPIRAN D DOKUMENTASI FOTO PENELITIAN

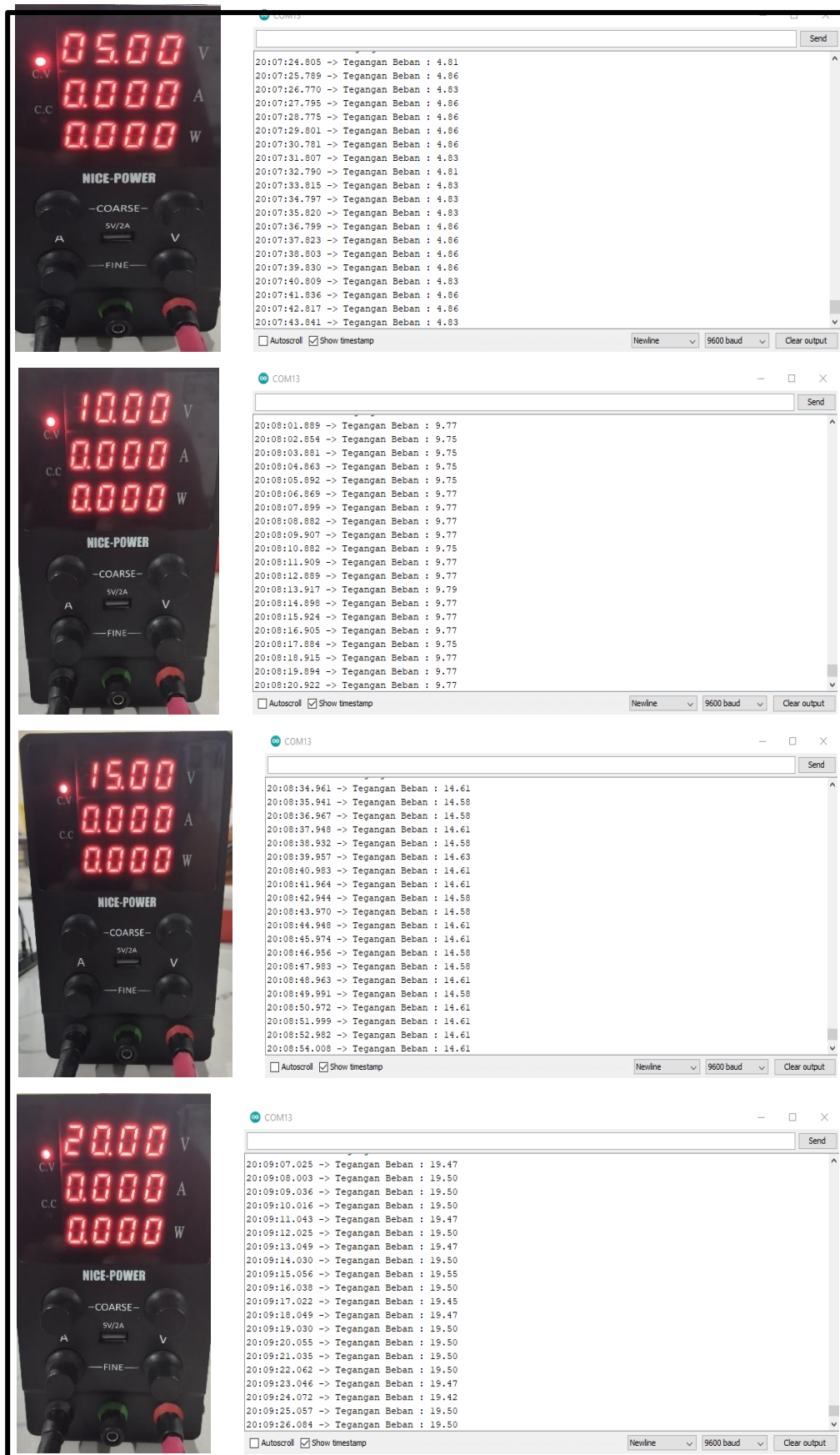
Pada lampiran D berisi tentang dokumentasi pada penelitian yang telah dilakukan, dapat terlihat sebagai berikut:



Gambar D.1 Pengambilan Data Panel Surya *Dual Axis* dan Statis



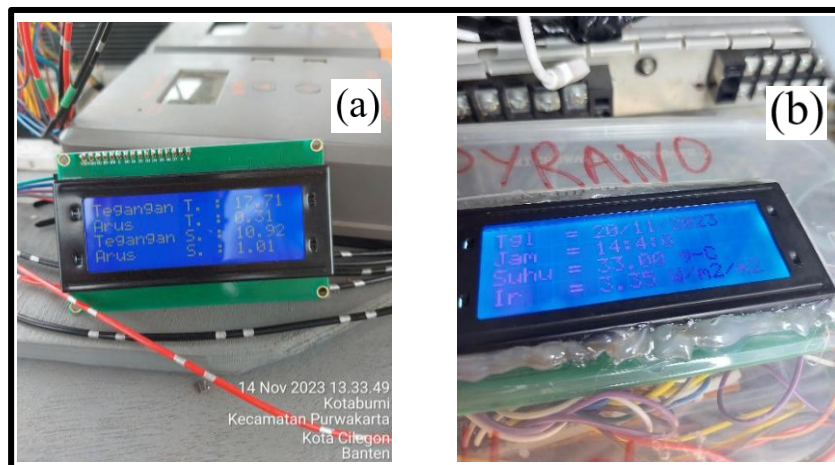
Gambar D.2 Dokumentasi Pengujian Sensor Tegangan Statis



Gambar D.3 Pengujian Sensor Tegangan *Tracking*



Gambar D.4 Dokumentasi *Team Capstone*



Gambar D.5 Dokumentasi LCD; (a) Tegangan, (b) *Pyranometer*



Gambar D.6 Dokumentasi *Pyranometer*

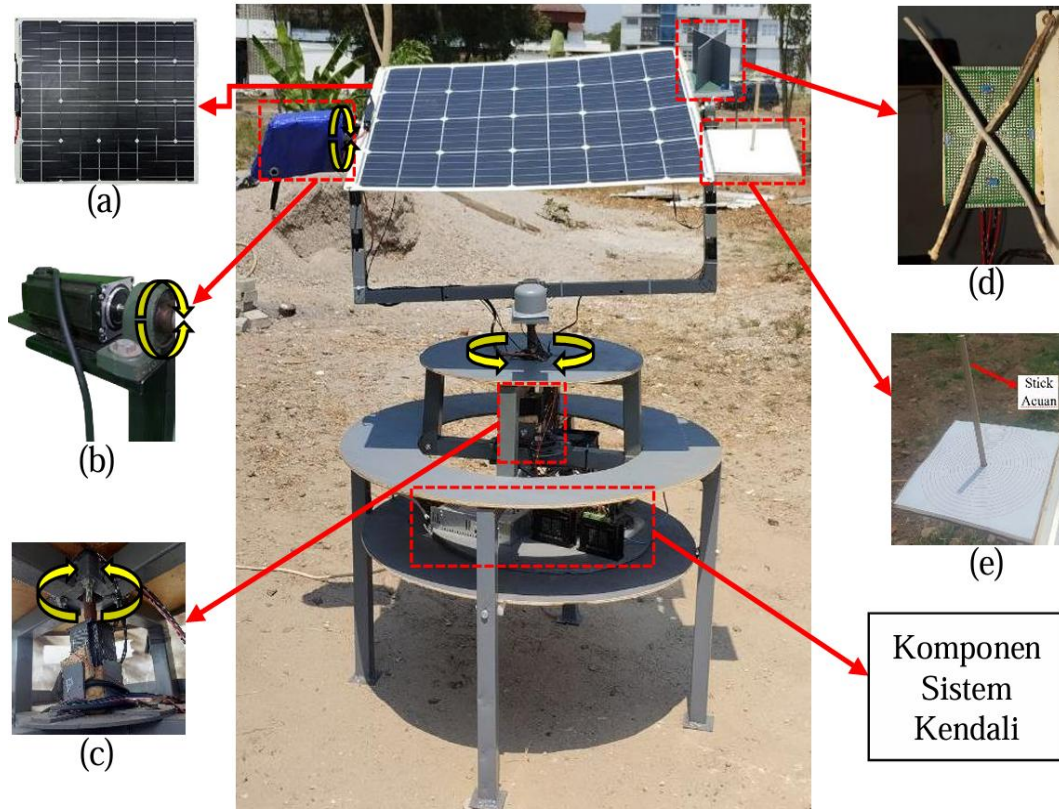


Gambar D.7 Dokumentasi Motor *Stepper* 1 dan 2

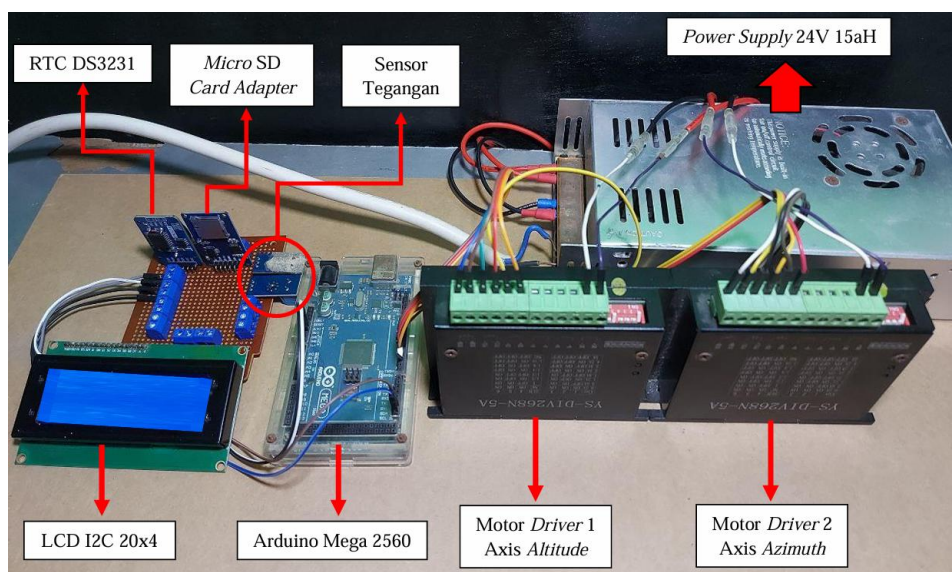


Gambar D.8 Dokumentasi Pengambilan Data Cuaca Hujan

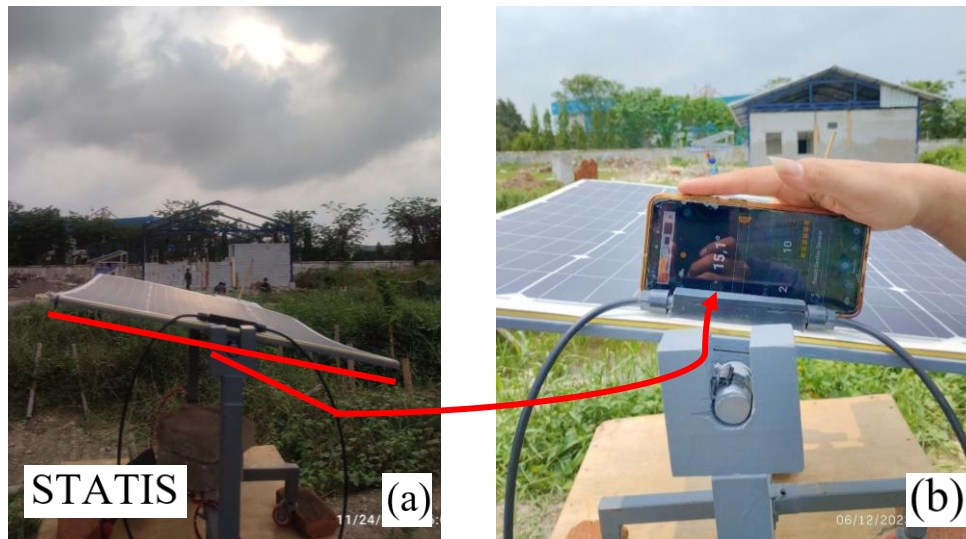
LAMPIRAN E KENDALI ALAT



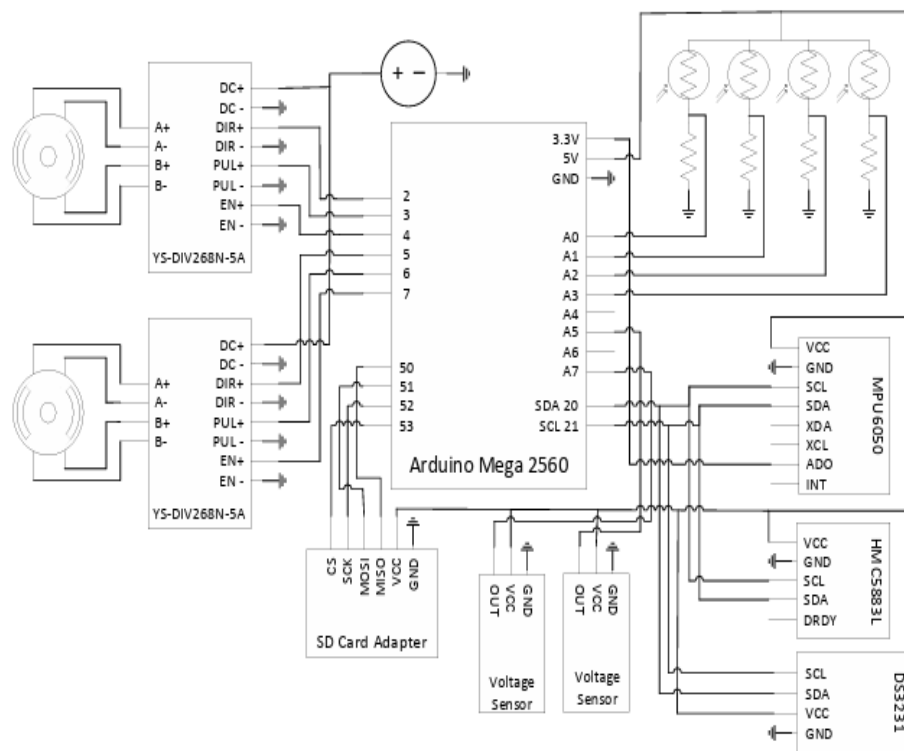
Gambar E.1 Panel Surya Solar tracking dual axis; (a) Panel Surya Half-cut Monocrystalline 85 W, (b) Motor Stepper Pertama Sudut Altitude, (c) Motor Stepper Kedua Sudut Azimuth, (d) Sensor LDR, (e) Shading bar



Gambar E.2 Komponen Sistem Kendali



Gambar E.3 Panel Surya Statis; (a) Tampak Panel, (b) Sudut Kemiringan Panel

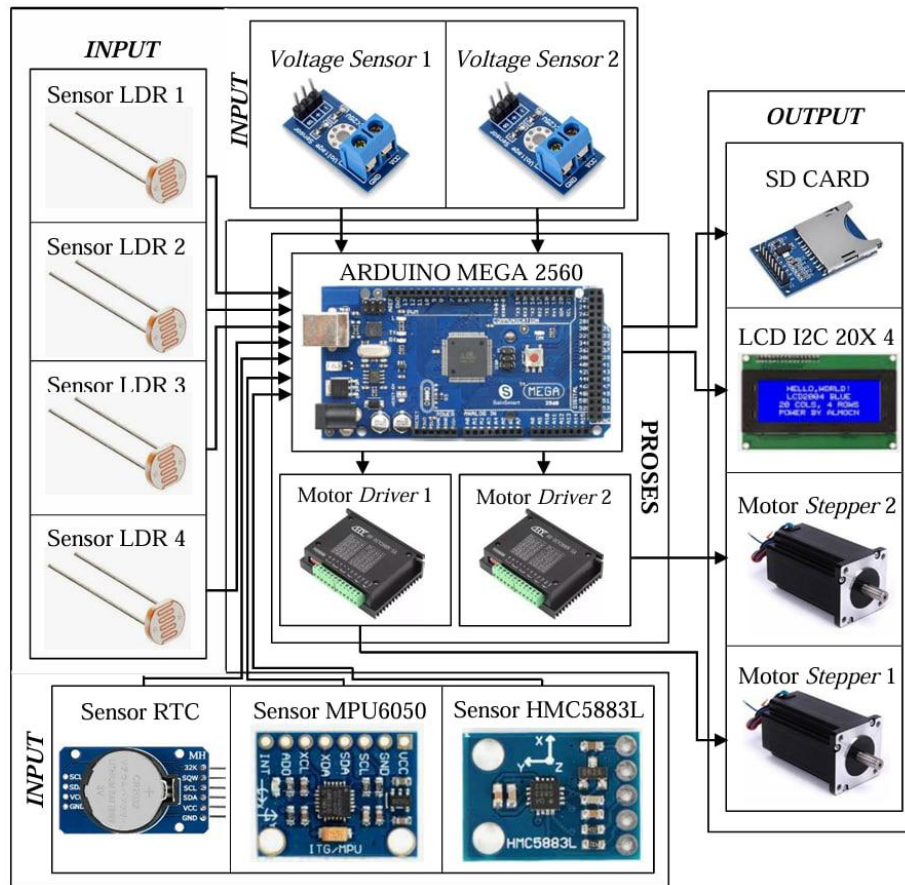


Gambar E.4 Single Line Diagram Kendali Solar tracking dual axis

Seperti pada Gambar E.4 merupakan *single line diagram* kendali panel surya *solar tracking dual axis* yang dibuat menggunakan *software* Ms. Visio. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pengendali berbagai komponen-komponen

yang digunakan, seperti *voltage sensor*, sensor LDR, sensor MPU6050, sensor HMC5883L, sensor RTC, SD card adaptor, motor driver, dan motor stepper.

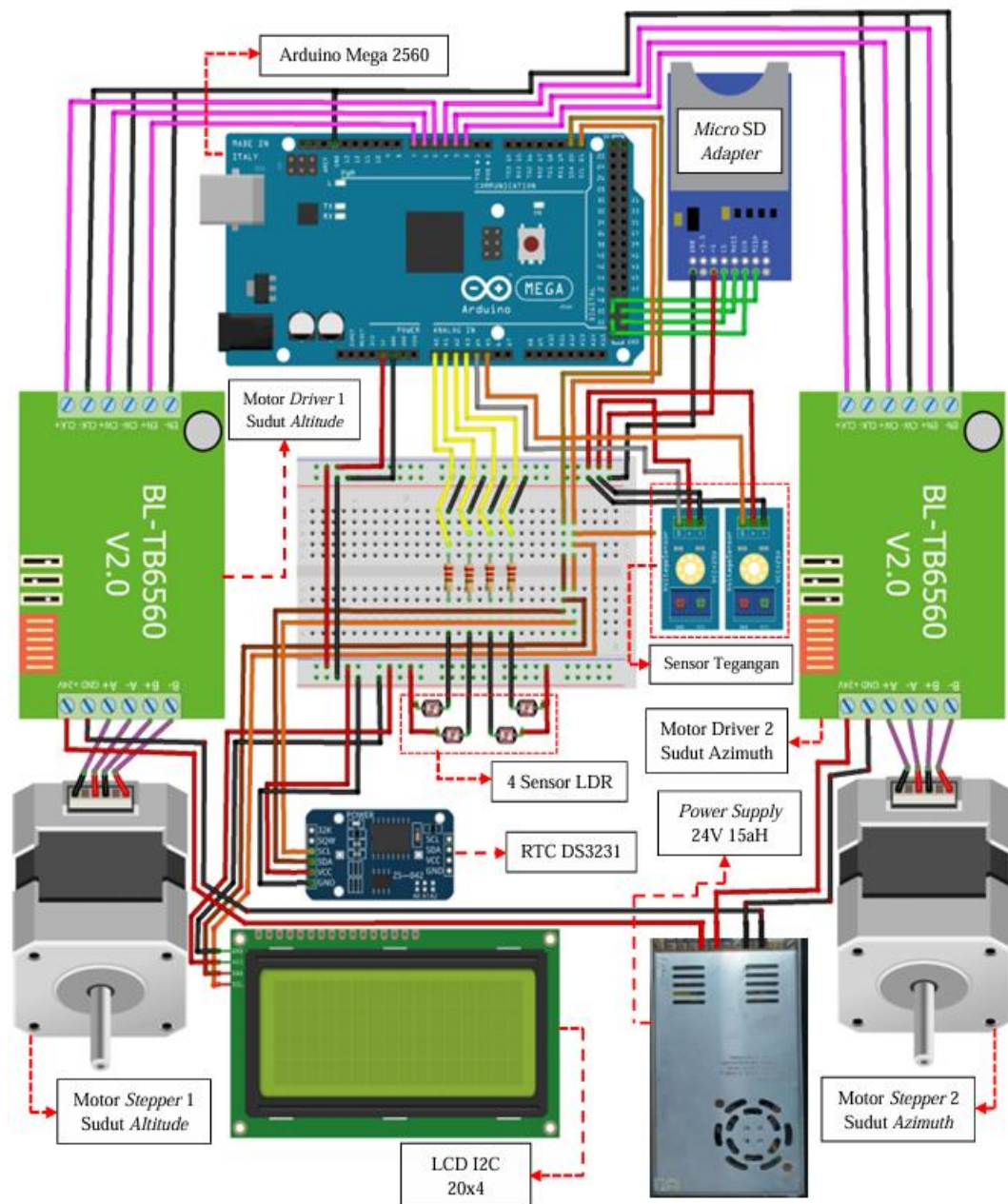
Diagram blok sistem penelitian diperlukan sebagai pemodelan kesatuan alat yang dibangun dan saling terhubung menjadi sistem *data logger*. Seperti yang dapat terlihat pada Gambar E.5 pemodelan *diagram* blok sistem kendali alat yang merupakan penyusunan dari berbagai komponen yang digunakan. Adanya penggambaran *diagram* blok ini memudahkan untuk pembuatan alat sistem kendali, dengan mengetahui 3 tahapan yang terdapat pada pada *diagram* blok tersebut.



Gambar E.5 *Diagram* Blok Sistem Kendali Solar tracking dual axis

Pada Gambar E.5 *diagram* blok sistem mempunyai 3 tahapan sebagai sistem kendali, yang pertama adalah tahapan *input* terdapat 2 buah sensor tegangan sebagai pendeteksi tegangan pada panel surya statis dan panel surya solar tracking dual axis, 4 buah sensor LDR sebagai pengindraan arah pergerakan matahari, sensor MPU6050 sebagai pendeteksi perubahan sudut *altitude*, Sensor HMC5883L sebagai pendeteksi perubahan sudut *azimuth*, sensor RTC sebagai pengukur waktu

real time. Selanjutnya masuk pada tahapan proses terdapat Arduino Mega 2560 yang menerima *input* dari sebelumnya lalu memproses *input* ke 2 buah Motor *driver*. Setelah selesai pada tahapan proses kemudian masuk pada tahapan terakhir yaitu *output* terdapat SD card adaptor sebagai penyimpan data yang diterima dari proses Arduino, LCD I2C sebagai penampil data tegangan dan waktu, serta 2 buah motor *stepper* NEMA 23 sebagai penggerak pada panel surya *solar tracking dual axis* setelah menerima *input* proses dari motor *driver*. Selain penggambaran *diagram* blok, Adapun penggambaran lain dengan menggunakan software *fritzing* seperti yang terdapat pada Gambar E.6 berikut ini.



Gambar E.6 Rangkaian Sistem Kendali *Solar tracking dual axis*

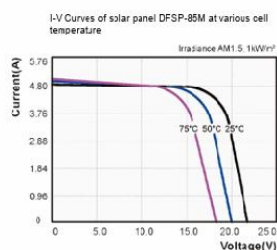
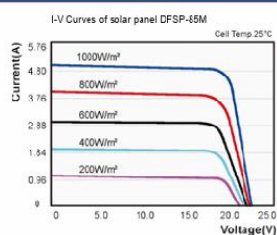
Solar Module

DFSP-85M

High Quality Solar Panel



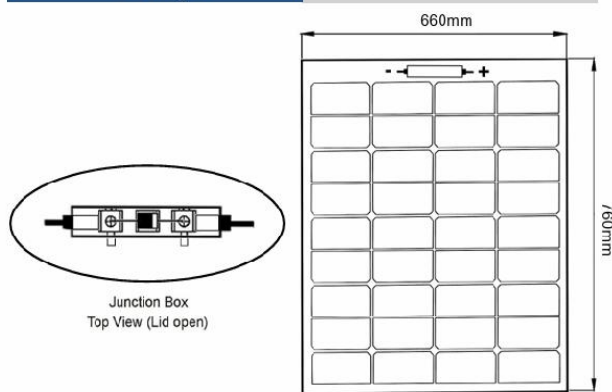
I-V Curves



Electrical Characteristics	DFSP-85M
Maximum power (Pmax)	85WP
Voltage at Pmax (Vmp)	18.00V
Current at Pmax (Imp)	4.72A
Open-circuit voltage (Voc)	22.50V
Short-circuit current (Isc)	4.97A
Maximum series fuse	15A
Maximum system voltage	1000V DC
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	-45°C to 80°C
Cells	monocrystalline half-cut solar cell
Power tolerance	+ 3%
No. of cells and connections	36(4X9)
Module Dimension	760 x 660 x 1mm
Weight	0.9kg

* STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C, efficiency 22%
 * Specifications are subject to change without notice at any time.

Module Diagram



Gambar E.7 Technical Parameter Solar Panel 85 W