



TUGAS AKHIR - EE 184801

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT
DATA IRADIASI MATAHARI BERBASIS I_{sc} DAN V_{oc}
PADA SEL FOTOVOLTAIK**

Putra Arif Wardhana
NRP 0711154500049

Dosen Pembimbing
Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D
Dr.Dimas Anton Asfani, ST.MT

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - EE 184801

**DESIGN OF SOLAR IRRADIATION
DATA LOGGER I_{sc} AND V_{oc} BASED ON
PHOTOVOLTAIC CELLS**

Putra Arif Wardhana
NRP 0711154500049

Advisor
Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D
Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data Iradiasi Matahari Berbasis Isc dan Voc pada Sel Fotovoltaik*" adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 10 Januari 2020

Putra Arif Wardhana
NRP : 07111545000049

---halaman ini sengaja dikosongkan---

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENCATAT
DATA IRADIASI MATAHARI BERBASIS Isc DAN Voc
PADA SEL FOTOVOLTAIK**

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



2020
01



Dedet C. Riawan, S.T, M.Eng, Ph.D

Dr. Dimas Anton Asfani, S.T.M.T

NIP. 197311192000031001

NIP. 198109052005011002



---halaman ini sengaja dikosongkan---

Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data Iradiasi Matahari Berbasis I_{sc} dan V_{oc} pada Sel Fotovoltaik

Putra Arif Wardhana
0711154500049

Dosen Pembimbing I : Dedet C. Riawan, ST. M.Eng. Ph.D
Dosen Pembimbing II : Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT

ABSTRAK

Saat ini penggunaan *photovoltaic* (pv) sebagai sumber energi baru terbarukan berkembang dengan cepat. Banyak faktor yang menyebabkan penggunaan pv meningkat salah satunya adalah sumber energi matahari yang mudah didapatkan dan ramah lingkungan. Namun tidak semua wilayah cocok untuk dipasang sebuah pv, salah satu penyebabnya adalah pancaran sinar matahari yang kurang optimal. Maka dari itu mengetahui besar nilai *irradiance* merupakan hal yang penting untuk mengestimasi berapa banyak jumlah pv yang akan digunakan untuk membangkitkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan pada suatu daerah. Selain itu , dengan mengetahui besar nilai *solar irradiance* kita dapat mengetahui daerah-daerah yang berpotensi untuk dijadikan pusat pembangkitan tenaga listrik tenaga surya. Dengan adanya permasalahan tersebut maka timbulah sebuah ide untuk membuat pencatat data *irradiance* berbasis I_{sc} (*I short-circuit*) dan V_{oc} (*V open-circuit*).Alat ini menggunakan tiga sensor yang terpasang di *cell pv*.Yaitu sensor arus , tegangan dan temperature sensor arus dan tegangan digunakan untuk mengukur nilai I_{sc} dan V_{oc} yang kemudian akan di catat menggunakan sd card untuk selanjutnya kedua data tersebut digunakan untuk parameter dalam proses teknik analisa regresi linier berganda sehingga mendapatkan persamaan untuk mendapatkan nilai *irradiance* dari proses regresi linier.

Dan didapatkan bahwa nilai akurasi hasil estimasi *irradiance* dengan menggunakan I_{sc} dan V_{oc} dibanding dengan menggunakan pyranometer sebesar 93%. Sementara pemasangan sensor temperatur digunakan untuk mengetahui pengaruh T_c (*temperature cell*) terhadap I_{sc} , dan V_{oc} .Dari hasil uji didapatkan bahwa naiknya nilai T_c membuat nilai

I_{sc} juga akan naik .Sementara naiknya nilai T_c akan membuat V_t (voltage thermal) naik yang akan membuat nilai juga V_{oc} naik .

Kata Kunci : *Photovoltaic, irradiance, I_{sc} (I short-circuit), V_{oc} (V open-circuit)*

Design of Solar Irradiation Data Logger I_{sc} and V_{oc} Based on Photovoltaic Cells

Putra Arif Wardhana
0711154500049

Dosen Pembimbing I : Dedet C. Riawan, ST. M.Eng. Ph.D
Dosen Pembimbing II : Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT

ABSTRACT

At present the use of photovoltaics as a new source of renewable energy is developing rapidly. Many factors cause the use of photovoltaic to increase, one of which is a source of solar energy that is easily available and environmentally friendly. However, not all areas are suitable for installation of a photovoltaic, one of the causes is that the sunlight is less than optimal. Therefore, knowing the amount of radiation is important to estimate how many photovoltaic cells will be used to generate electricity according to the needs of an area. In addition, by knowing the value of solar irradiance we can find areas that have the potential to become centers of solar power generation. With this problem, an idea arose to make an I_{sc} (I short-circuit) and V_{oc} (V open-circuit) irradiance data recorder. This tool uses three sensors installed in the pv cell. That is the current, voltage and temperature sensor current and the voltage is used to measure the value of I_{sc} and V_{oc} which will then be recorded using the SD card for the next two data used for parameters in the process of multiple linear regression analysis techniques so as to get an equation to get the irradiance value of the linear regression process.

And it was found that the accuracy of the estimated irradiance results using I_{sc} and V_{oc} compared to using a pyranometer of 93%. While the installation of a temperature sensor is used to determine the effect of T_c (temperature cell) on I_{sc} , and V_{oc} . From the test results it is found that the increase in the value of T_c makes the value of I_{sc} will also increase.

While the increase in the value of T_c will make V_t (thermal voltage) rise which will make the value also V_{oc} increase.

Keywords : Photovoltaics, irradiance, I_{sc} (I short-circuit), V_{oc} (V open-circuit)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur senantiasa terpanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data Iradiasi Matahari Berbasis I_{sc} dan V_{oc} pada Sel Fotovoltaik”.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan informasi dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas izin Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Serta Nabi Muhammad SAW sebagai inspirator dan tuntunan penulis.
2. Bpk. Sukarto dan Ibu Sriyati yang selalu membina dan mensupport penulis baik dalam suka maupun duka.
3. Bapak Dedet Candra Riawan S.T, M.Eng, Ph.D dan Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT selaku dosen pembimbing pengerjaan tugas akhir serta seluruh dosen dan karyawan Teknik Elektro ITS.
4. Nasyith Hanaur, ST,MT teman kos saya yang telah berkenan meluangkan waktu dan membantu penulis menyelesaikan pengerjaan tugas akhir.
5. Seluruh sahabat penulis, teman teman lintas jalur angkatan 2015 Teknik Elektro ITS, serta teman teman kos gebang wetan 23 C.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini.

Surabaya, 13 Desember 2019

Putra Arif Wardhana
NRP : 07111545000049

---halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	xx
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metodologi.....	3
1.5 Sistematika.....	4
1.6 Relevansi.....	5
BAB II TEORI PENUNJANG.....	7
2.1 <i>Cell photovoltaic (cell pv)</i>	7
2.2 Parameter arus <i>short circuit</i> (I_{sc}).....	8
2.3 Parameter tegangan <i>open circuit</i> (V_{oc}).....	9
2.4 Kurva I – V	10
2.5 <i>Irradiance</i>	11
2.6 Analisa Statistik Regresi Linier Berganda	13
2.7 Pengukuran Solar Irradiance.....	14
2.8 Pyranometer	15
2.9 Reference cell.....	16
BAB III DESAIN ALAT UKUR IRRADIANCE BERBASIS I_{sc} dan V_{oc}	17
3.1 Pendahuluan.....	17
3.2 Mendapatkan persamaan <i>irradiance</i> berdasarkan (I_{sc}, T_c), (V_{oc}, T_c) dan (I_{sc}).....	20
3.2.1 Mendapatkan persamaan <i>irradiance</i> berdasarkan (I_{sc}, T_c).....	21
3.2.2 Mendapatkan persamaan <i>irradiance</i> berdasarkan (V_{oc}, T_c).....	21

3.2.3 Mendapatkan persamaan irradiance berdasarkan (I_{sc})..	21
3.3 Pengukuran Paramater <i>cell pv</i>	22
3.3.1 Pengukuran I_{sc} <i>cell pv</i>	22
3.2.2 Pengukuran V_{oc} <i>cell pv</i>	22
3.2.3 Pengukuran T_c <i>cell pv</i>	23
3.4 Perancangan Modul	24
3.4.1 Jenis <i>cell pv</i>	24
3.4.2 Perancangan Sensor Arus Acs 712	25
3.4.3 Perancangan Sensor Tegangan	27
3.3.4 Perancangan Sensor Temperature.....	29
3.3.5 Realisasi Perancangan Alat.....	30
3.5 Metode Pengujian dan Pengukuran.....	31
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Kalibrasi Sensor ACS 712	34
4.2 Kalibrasi Sensor Tegangan	36
4.3 Kalibrasi Sensor DS1820	37
4.4 Menentukan nilai <i>irradiance</i> berdasarkan nilai I_{sc}	39
4.5 Menentukan nilai <i>irradiance</i> berdasarkan nilai I_{sc} dan T_c	40
4.6 Menentukan nilai <i>irradiance</i> berdasarkan nilai V_{oc} dan T_c .	41
4.7 Menentukan nilai <i>irradiance</i> berdasarkan nilai V_{oc} dan I_{sc}	42
BAB V KESIMPULAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	47
RIWAYAT HIDUP.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur lapisan cell pv.....	7
Gambar 2.2 Pengukuran I_{sc} pada <i>cell pv</i>	9
Gambar 2.3 Ideal pv sel dengan single diode pada saat pengukuran I_{sc} ..	9
Gambar 2.4 Pengukuran V_{oc} pada cell pv.....	10
Gambar 2.5 Ideal <i>cell pv</i> dengan single diode pada saat pengukuran V_{oc}	10
Gambar 2. 6 Karakteristik kurva I-V	11
Gambar 2.7 Irradiance matahari pada kondisi normal	12
Gambar 2.8 Tipe radiation matahari yang sampai ke permukaan bumi.	15
Gambar 2.9 Pyranometer	15
Gambar 2.10 Reference cell.....	16
Gambar 3. 1 Flowchart alur tahap penyelesaian alat.....	17
Gambar 3. 2 Flowchart lanjutan1 alur tahap penyelesaian alat.....	18
Gambar 3. 3 Flowchart lanjutan 2 alur tahap penyelesaian alat.....	19
Gambar 3. 4 Pengukuran I_{sc} cell pv menggunakan multimeter digital..	22
Gambar 3. 5 Pengukuran V_{oc} cell pv menggunakan multimeter digital	23
Gambar 3. 6 Pengukuran T_c <i>cell pv</i> menggunakan thermogun	23
Gambar 3. 7 Diagram Blok Perancangan Modul	24
Gambar 3. 8 <i>Scaling</i> nilai adc mikrokontroler sebelum ke rangkaian <i>non-inverting</i>	26
Gambar 3. 9 Rangkaian <i>non inverting</i> acs 712	26
Gambar 3. 10 <i>Scaling</i> nilai adc setelah melalui rangkaian <i>non inverting</i>	27
Gambar 3. 11 <i>Scaling</i> nilai adc mikrokontroler sebelum ke rangkaian <i>non inverting</i>	28
Gambar 3. 12 Rangkaian <i>non inverting</i> tegangan	28
Gambar 3. 13 <i>Scaling</i> nilai adc setelah melalui rangkaian <i>non inverting</i>	29
Gambar 3. 14 Gambaran realisasi alat.....	30

---halaman ini sengaja dikosongkan---

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Spesifikasi cell pv	25
Tabel 4.1 Hasil Kalibarsi Sensor Arus.....	33
Tabel 4.2 Lanjutan Hasil Kalibarsi Sensor Arus.....	34
Tabel 4.3 Hasil Kalibarsi Sensor Tegangan.....	35
Tabel 4.4 Hasil Kalibarsi Sensor Temperature.....	36
Tabel 4.5 Hasil Kalibarsi Lanjutan Sensor Temperature.....	37

---halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era saat ini penggunaan *cell photovoltaic (cell pv)* dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik berbasis EBT (Energi Baru Terbarukan) semakin meningkat. Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh *cell pv* adalah sumber energi utama matahari yang berlimpah. Kondisi tersebut membuat potensi energi matahari di Indonesia yang berada di daerah garis khatulistiwa sangat tinggi, karena sinar matahari terus ada sepanjang tahun dengan rata-rata sinaran tiap harinya enam sampai delapan jam. Sementara itu menurut data yang diperoleh dari Dewan Energi Nasional pada tahun 2015 mencapai $4,8 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{hari}$ [1]. Parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat radiasi energi matahari pada suatu daerah adalah *irradiance*. Pyranometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengetahui besar *irradiance* pada suatu daerah.

Mengetahui besar *irradiance* pada suatu daerah merupakan hal yang penting digunakan untuk mengetahui potensi berapa energi harian yang dapat dihasilkan pada daerah tersebut per $\text{kWh} / \text{m}^2 / \text{hari}$. Sehingga dengan mengetahui total energi harian maka kita dapat melakukan perancangan variasi sistem untuk menghasilkan output daya yang optimal sesuai dengan kebutuhan energi pada daerah tersebut. Selain itu, dengan mengetahui besar nilai *irradiance* kita dapat mengetahui daerah-daerah yang berpotensi untuk dijadikan pusat pembangkitan tenaga listrik tenaga surya.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka timbulah sebuah ide untuk membuat pencatat data *solar irradiance* berbasis (*short circuit current*) I_{sc} dan (*voltage open circuit*) V_{oc} . Alat ini akan mencatat nilai dari I_{sc} dan V_{oc} pada *cell pv* yang nilainya akan berubah karena faktor

dari intensitas cahaya matahari yang masuk dan T_c (*temperature cell pv*). Setelah data I_{sc} dan V_{oc} terkumpul data tersebut akan dijadikan variable *independent* dalam proses analisa regresi linier berganda sementara nilai *irradiance* aktual akan dijadikan variable *dependent*. Sehingga persamaan untuk mengestimasi *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan V_{oc} didapatkan untuk kemudian dibandingkan dengan nilai *irradiance* aktual berdasarkan pengukuran pyranometer untuk mengetahui presentase besar akurasi.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana menciptakan sebuah alat ukur *irradiance* berdasarkan dua parameter yaitu berbasis I_{sc} dan V_{oc} dari *cell pv*, dengan menggunakan *cell pv* dengan jenis polycrystalline berkapasitas 0.5 wp. Dua *cell pv* akan dipasang berdampingan dan masing – masing *cell pv* akan mewakili pengukuran dari kedua variable yang digunakan dalam perhitungan estimasi *irradiance* yaitu I_{sc} dan V_{oc} . Di *cell pv* variable I_{sc} dipasang sensor arus, untuk mengukur nilai I_{sc} yang dihasilkan *cell pv*, pemasangan sensor arus dipasang dengan cara menghubungkan *cell pv* ke sensor arus secara seri. Sementara untuk *cell pv* variable V_{oc} dipasang sensor tegangan yang dipasang secara parallel. Untuk *cell pv* variable V_{oc} dipasang sensor temperature, pengukuran T_c (*temperature cell pv*) digunakan untuk mengetahui pengaruh T_c terhadap I_{sc} dan V_{oc} . Data tersebut akan dijadikan parameter untuk mencari nilai *irradiance*. Nilai *irradiance* dari perhitungan menggunakan rumus persamaan *irradiance* berdasarkan (I_{sc}) , (I_{sc}, T_c) , (V_{oc}, T_c) dan hasil persamaan baru menggunakan analisa statistik regresi linier berganda (I_{sc}, V_{oc}, T_c) pada *cell pv* akan dibandingkan dengan nilai *irradiance* hasil pengukuran menggunakan pyranometer untuk mengetahui besar akurasi yang paling besar terhadap pengukuran *irradiance* aktual.

1.3 Tujuan

Pembuatan Pencatat Data Iradiasi Matahari Berbasis I_{sc} dan V_{oc} pada *cell pv* ini bertujuan untuk membuat dan merancang sistem pencatat *irradiance*, berdasarkan I_{sc} dan V_{oc} pada sebuah *cell pv*. Data I_{sc} dan V_{oc} akan dijadikan variable *independent* dan *irradiance* aktual dijadikan variabel *dependent* dalam proses analisa statistik regresi linier berganda

untuk mendapatkan persamaan baru untuk mengestimasi besar *irradiance*. Persamaan baru untuk mengestimasi besar *irradiance* akan dibandingkan dengan pengukuran *irradiance* aktual menggunakan pyranometer untuk mendapatkan besar akurasi. Selain menggunakan persamaan baru estimasi *irradiance*, estimasi *irradiance* berdasarkan (I_{sc}) , (I_{sc}, T_c) , (V_{oc}, T_c) , yang didapatkan dari persamaan ekuivalensi rangkaian single diode *pv cell* juga akan dibandingkan dengan pengukuran *irradiance* aktual menggunakan pyranometer untuk mendapatkan besar akurasi.

1.4 Metodologi

Pembuatan pencatat data *irradiance* matahari berbasis I_{sc} dan V_{oc} ini menggunakan *cell pv* berkapasitas 0,5 wp dengan V_{oc} maksimal 0,61 volt dan I_{sc} maksimal 0,89 ampere. Proses pencatatan data irradiasi matahari dilakukan di lap voli teknik elektro dengan durasi 12 jam per hari (06.00 – 18.00 WIB) dengan sudut inklinasi sebesar 0^0 terhadap permukaan tanah. Parameter yang akan dicatat adalah I_{sc} , V_{oc} dan T_c

Tahap I Studi Literatur

Studi literatur perlu dilakukan untuk menunjang penguasaan tentang pengumpulan pustaka untuk dipelajari dalam pengerjaan penelitian tugas akhir. Teori – teori penunjang seperti studi tentang *cell pv*. Dan beberapa metode yang akan dipakai dalam pengolahan data pada tugas akhir ini.

Tahap II Perencanaan dan Pembuatan Alat

Perancangan hardware dilakukan untuk membuat sebuah perangkat yang digunakan untuk mencatat data dari besar pengukuran I_{sc} , V_{oc} , T_c dari sensor ACS, sensor tegangan, dan DS1820 pada *cell pv* untuk kemudian data tersebut dicatat menggunakan shield sdhc.

Tahap III Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pencatatan data pada suatu daerah langsung dengan alat yang telah dibuat sehingga data pengukuran I_{sc} , V_{oc} , T_c didapatkan. Selain mendapatkan data dari pengukuran I_{sc} , V_{oc} , T_c pada tahap ini data dari besar *irradiance* pyranometer.

Tahap IV Pengolahan Data

Pada tahap ini beberapa data yang sudah diperoleh dari lapangan akan diolah menggunakan metode perhitungan dengan bantuan software untuk mendapatkan model perhitungan baru dalam mencari *irradiance* berdasarkan data pengukuran I_{sc} dan V_{oc} .

Tahap V Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap data hasil pengukuran menggunakan metode perhitungan baru dibandingkan dengan hasil pengukuran *irradiance* menggunakan pyranometer. Dan parameter apa saja yang mempengaruhi kenaikan dari *irradiance*.

Tahap VI Penyusunan Laporan

Pada tahap ini penyusunan laporan dilakukan setelah semua tahap terselesaikan sehingga hasil yang diperoleh dari pembuatan alat tersebut dapat dijelaskan secara rinci.

1.5 Sistematika

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika, serta relevansi terhadap tugas akhir yang dibuat.

BAB II: TEORI PENUNJANG

Pada bab ini membahas tentang teori-teori penunjang yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat .

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang tahap proses dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB IV : ANALISA DATA

Pada bab ini membahas hasil pengujian dari alat dan menganalisa hasil pengujian dari data yang telah didapatkan pada proses pengambilan data.

BAB VI : PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang hasil kesimpulan yang didapat dalam penyelesaian tugas akhir ini dan saran – saran untuk pengembangan alat ini kedepannya.

1.6 Relevansi

Dengan adanya Perencanaan dan Pembuatan Pencatat Data *irradiance* matahari berbasis I_{sc} dan V_{oc} pada *cell pv* ini diharapkan nantinya akan :

1. Memudahkan dalam proses pemetaan terhadap daerah yang dapat berpotensi sebagai Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
2. Dapat menggantikan penggunaan pyranometer yang mahal pada proses pengukuran *irradiance*.

---halaman ini sengaja dikosongkan---

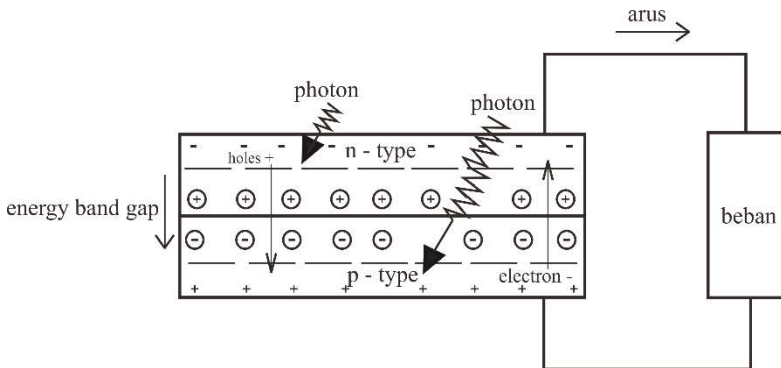
BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 *Cell photovoltaic (cell pv)*

Cell pv merupakan bahan semikonduktor yang terbuat dari bahan utama silikon. *Cell pv* dapat menyerap energi cahaya untuk diubah menjadi energi listrik. Sistem kerja *cell pv* pada dasarnya terdiri dari dua ikatan antara sambungan pada sisi positif dan sambungan pada sisi negatif kedua sambungan tersebut dipisahkan oleh sebuah daerah yang disebut bandgap sesuai dengan gambar 2.1.

Prinsip kerja sel fotovoltaik ini dimulai dari sinar matahari yang terdiri dari partikel-partikel kecil yang disebut foton menghantam permukaan *cell pv* yang bersifat semikonduktor sehingga menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bergerak bebas pada daerah pita konduksi dan akan meninggalkan struktur atom yang kosong (hole) bermuatan positif[2].



Gambar 2.1 Struktur lapisan *cell pv*

Daerah semikonduktor elektron bebas yang bermuatan negatif (-) tersebut akan berperan sebagai pendonor elektron (*n-type*) [2]. Sedangkan daerah semikonduktor yang bermuatan positif dan berperan sebagai penerima elektron (*p-type*). Karena adanya pergerakan yang berlawanan antara elektron bebas dan hole membuat timbulnya energi listrik diantara kedua sisi positif dan negatif .

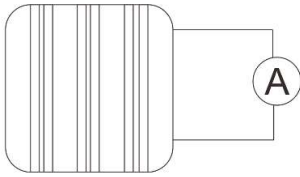
2.2 Parameter arus *short circuit* (I_{sc})

I_{sc} merupakan arus tertinggi yang dihasilkan *cell pv* ketika nilai tegangan sama dengan nol. I_{sc} dapat diukur menggunakan multimeter dengan membuat rangkaian koneksi langsung antara terminal positif dan negatif dari *cell pv* dengan mengatur selektor ke arah DCA sesuai dengan gambar 2.2. Pada kondisi I_{sc} maka daya yang dihasilkan *cell pv* sama dengan nol karena tegangan V *cell pv* bernilai nol. Rangkaian pengganti ideal *cell pv* dapat dilihat pada gambar 2.3. Pada gambar 2.3 dapat diketahui bahwa nilai I didapatkan dari selisih nilai I_{pv} dengan I_d . Perhitungan nilai I ini dapat dituliskan pada persamaan 2.1. Persamaan keluaran arus *cell pv* [3].

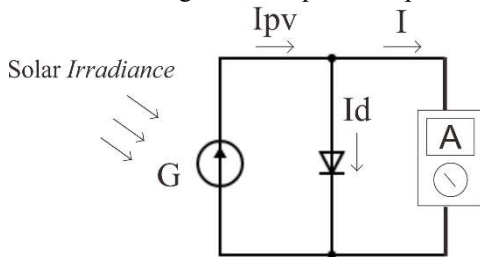
$$I = I_{pv} - I_o \left(e^{\frac{qV}{nkT_c}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Dengan :

- I = arus keluaran *cell pv* (Ampere)
- I_{pv} = light Current (Ampere)
- I_o = arus Saturasi Dioda (Ampere)
- q = elektron $1,6 \times 10^{-19} C$
- V = tegangan keluaran *cell pv* (Volt)
- n = faktor ideal dioda (antara 1 dan 2)
- k = konstanta boltzman ($1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$)
- T_c = temperature *cell pv* (K)



Gambar 2.2 Pengukuran I_{sc} pada cell pv



Gambar 2.3 Ideal pv sel dengan single diode pada saat pengukuran I_{sc}

Karena kondisi I_{sc} terjadi saat nilai V sama dengan nol maka persamaan 2.1 menjadi 2.2 [3]

$$I_{sc} = I_{pv} = I \quad , \text{ untuk } V = 0 \quad (2.2)$$

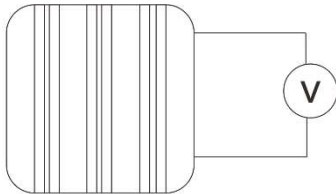
2.3 Parameter tegangan open circuit (V_{oc})

V_{oc} merupakan tegangan tertinggi yang dihasilkan *cell pv* ketika nilai I sama dengan nol. V_{oc} dapat diukur menggunakan multimeter dari terminal positif ke terminal negatif dengan mengatur posisi selektor multimeter ke DCV seperti gambar 2.5. Ketika I sama dengan nol Pada kondisi V_{oc} maka daya yang dihasilkan *cell pv* sama dengan nol. Pada gambar 2.4 dapat diketahui bahwa nilai V sama dengan nilai V_d saat kondisi V_{oc} , maka perhitungan nilai V ini dapat dituliskan pada persamaan 2.3 . Persamaan keluaran tegangan *cell pv* [4]

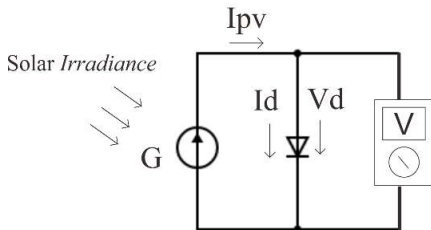
$$V = V_{oc} = \ln\left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1\right) \left(\frac{nKTc}{q}\right) \quad \text{untuk } I = 0 \quad (2.3)$$

Dengan :

- V = tegangan keluaran *cell pv* (Volt)
- I_{sc} = arus *short circuit* keluaran *cell pv* (Ampere)
- V_{oc} = tegangan *open circuit* keluaran *cell pv* (Volt)
- I_o = arus saturasi dioda (Ampere)
- T_c = *temperature cell pv* (K)
- q = elektron $1,6 \times 10^{-19} C$
- n = faktor ideal dioda



Gambar 2.4 Pengukuran V_{oc} pada *cell pv*

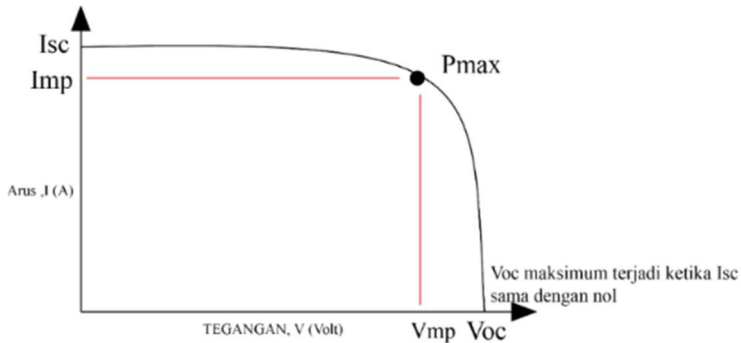


Gambar 2.5 Ideal *cell pv* dengan *single diode* pada saat pengukuran V_{oc}

2.4 Kurva I – V

Kurva I-V merupakan sebuah kurva garis yang digunakan untuk mengetahui operasi kerja dari suatu *cell pv*. Kurva karakteristik arus – tegangan dapat dilihat pada gambar 2.6, dimana tegangan V berada pada sumbu horizontal dan arus I berada pada sumbu vertikal. Beberapa parameter digunakan sebagai acuan untuk menentukan output karakteristik operasi kerja pada sebuah sell photovoltaik, yaitu I_{sc} yaitu kondisi keluaran maksimal arus ketika tidak ada resistansi, V_{oc} merupakan kondisi tegangan maksimal ketika tidak ada arus yang

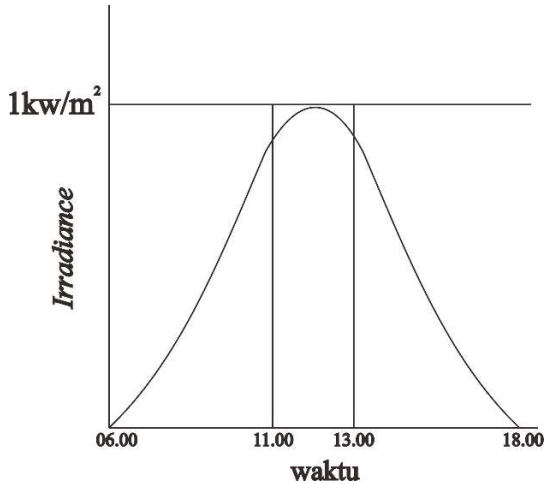
mengalir, P_{max} merupakan daya maksimum yang dapat dihasilkan sell photovoltaic merupakan hasil perkalian dari tegangan kerja maksimum sell photovoltaic V_{mp} dan arus kerja maksimum sell photovoltaic I_{mp} . Kurva I-V dibuat berdasarkan pada kondisi STC (*Standard Test Condition*) dimana kondisi *irradiance* matahari sebesar 1000 watt/m^2 dan T_c sebesar 25^0 C .[5]



Gambar 2. 6 Karakteristik kurva I-V

2.5 Irradiance

Matahari merupakan salah satu sumber energi yang pemanfaatannya begitu besar. Cahaya yang berasal dari matahari yang dipancarkan ke permukaan bumi merupakan salah satu bentuk dari energi matahari. Dengan menggunakan teknologi *cell pv*, tenaga listrik dapat dihasilkan dari konversi energi cahaya matahari [6]. Salah satu parameter yang mempengaruhi besar dari tenaga listrik yang dihasilkan *cell pv* adalah besar *irradiance*. *Irradiance* adalah tingkat pencahayaan energi matahari yang berada pada suatu daerah tertentu dipermukaan bumi dalam periode tertentu (w/m^2). Nilai maksimal (waktu puncak) *irradiance* pada kondisi normal berada terjadi di siang hari karena matahari bersinar tepat di atas permukaan bumi. Namun waktu puncak *irradiance* nilainya tidak sama setiap harinya salah satu faktornya adalah *shadding* (bayangan) yang menutupi *cell pv*. Dengan mengetahui variasi nilai dari *irradiance* maka desain sistem yang optimal didapatkan.



Gambar 2.7 *Irradiance* matahari pada kondisi normal

Gambar 2.7 merupakan grafik persebaran nilai *irradiance* dalam satu hari dalam kondisi yang normal dimana kondisi cuaca sedang cerah, nilai puncak *irradiance* puncak terjadi pada pukul sekitar jam 11.00 – 13.00. T_c pada *cell pv* dan *irradiance* mempengaruhi besar I_{sc} yang terjadi, variasi pengaruh T_c dan *irradiance* pada *cell pv* dapat dirumuskan [7] pada persamaan 2.4.

$$I_{sc} = \frac{G}{1000} [(I_{scr} + K_i (T_c - T_r))] \quad (2.4)$$

dengan :

- I_{sc} = arus *short circuit* keluaran *cell pv* (Ampere)
- G = *irradiance* yang diterima *cell pv* (w / m^2)
- I_{scr} = arus *short circuit* saat T referensi keluaran *cell pv* (Ampere)
- K_i = *temperature coefficient of I_{sc}* (% K)
- T_c = *temperature cell pv* (K)
- T_r = *temperature referensi* 298,15 K

Sementara pengaruh T_c dan *irradiance* terhadap pengaruh besar V_{oc} dapat dirumuskan [8] pada persamaan 2.5 dan 2.6

$$V_{oc} = V_{ocr} + V_t \ln \left(\frac{G}{1000} \right) + K_v (T_c - T_r) \quad (2.5)$$

$$V_t = \frac{nKT_c}{q} \quad (2.6)$$

dengan :

- V_{oc} = tegangan *open circuit* keluaran *cell pv* (Volt)
- G = *irradiance* yang diterima *cell pv* (w / m^2)
- V_{ocr} = tegangan *open circuit* saat T referensi keluaran *cell pv* (Volt)
- K_v = *temperature coefficient of V_{oc}* (% K)
- T_r = *temperature* referensi 298,15 K
- T_c = *temperature cell pv* (K)
- V_t = *thermal voltage* (Volt)
- K = konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23} J / K$)
- q = elektron $1,6 \times 10^{-19} C$
- n = faktor ideal diode (1)

Sementara untuk pengaruh I_{sc} dan terhadap perubahan *irradiance* dapat dirumuskan [9] pada persamaan 2.7

$$I_{sc} = \frac{I_{scr} * G}{G_{stc}} \quad (2.7)$$

dengan :

- I_{sc} = arus *short circuit* keluaran *cell pv* (Ampere)
- I_{scr} = arus *short circuit* saat T referensi keluaran *cell pv* (Ampere)
- G = *irradiance* yang diterima *cell pv* (w / m^2)
- G_{stc} = *irradiance* saat T referensi (w / m^2)

2.6 Analisa Statistik Regresi Linier Berganda

Analisa statistik regresi linier berganda digunakan untuk mendapatkan persamaan baru estimasi nilai *irradiance* menggunakan nilai I_{sc} dan V_{oc} . Proses pengolahan data statistik ini dilakukan dengan menggunakan tool *data analysis* pada *micorosoft excel*. Sebelum melakukan proses pengolahahn data kita harus mengklasifikasikan variable parameter menjadi dua tipe. Yaitu variabel *dependent* dan

independent sehingga model analisa regresi berganda didapatkan seperti persamaan 2.8

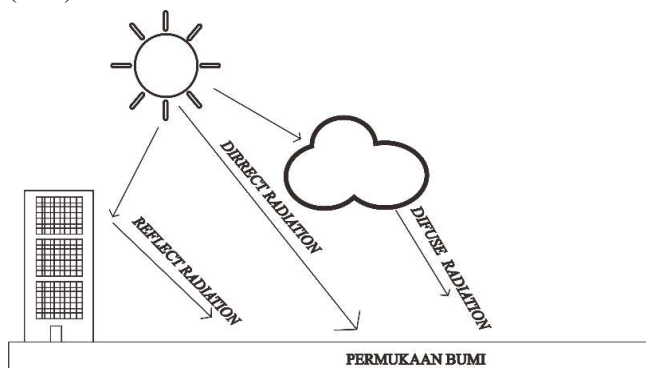
$$Y = a \pm b_1x_1 \pm b_2x_2 \quad (2.8)$$

dengan :

- Y = Nilai yang diprediksi
- a = Konstanta / intercept
- b_1 = Koefisien regresi untuk x_1
- x_1 = Variabel bebas x_1
- b_2 = Koefisien regresi untuk x_2
- x_2 = Variabel bebas x_2

2.7 Pengukuran Solar Irradiance

Irradiance adalah tingkat pencahayaan energi matahari yang berada pada suatu daerah tertentu dipermukaan bumi dalam periode tertentu (w/m^2) yang diterima dari pancaran sinar matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik[10]. Pancaran sinar matahari yang diterima di permukaan bumi telah melewati atmosfer bumi sehingga radiasinya berkurang. Maka dari itu pengukuran solar *irradiance* yang diterima oleh permukaan bumi tidak berasal hanya dari sinar matahari yang telah melewati atmosfer bumi namun ada pengaruh pantulan sinar matahari yang juga mempengaruhi besar *irradiance* di permukaan bumi sesuai dengan ilustrasi gambar 2.8 maka dari itu tipe pengukuran *irradiance* dibedakan menjadi 3 macam yaitu *Dirrect Normal Irradiance* (DNI), *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI), *Global Horizontal Irradiance* (GHI).



Gambar 2.8 Tipe radiation matahari yang sampai ke permukaan bumi.

Dirrect Normal Irradiance (DNI) atau *beam radiation* adalah jumlah *irradiance* yang diterima langsung tegak lurus langsung terhadap sinar datang matahari. Sementara *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI) adalah penyinaran jumlah *irradiance* yang diterima oleh permukaan bumi yang telah melewati awan dan atmosfer. Dan *Global Horizontal Irradiance* (GHI) adalah total *irradiance* yang diterima dari atas oleh permukaan horizontal bumi nilai GHI total berpengaruh terhadap nilai *Dirrect Normal Irradiance* (DNI) dan *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI) perhitungan GHI total dapat dirumuskan pada persamaan (2.9)

$$GHI = DNI \times \cos \theta + DHI \quad (2.9)$$

dengan :

GHI = *Global Horizontal Irradiance*

DNI = *Dirrect Normal Irradiance*

DHI = *Diffuse Horizontal Irradiance*

θ = sudut altitude matahari

2.8 Pyranometer

Pyranometer merupakan sebuah instrumen yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari pada permukaan bidang dengan satuan W/m^2 . Pyranometer digunakan untuk menentukan lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai sumber daya energi terbarukan.

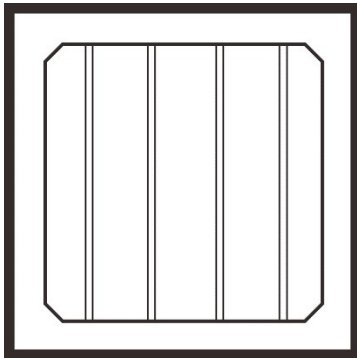


Gambar 2.9 Pyranometer

Prinsip kerja alat ini adalah menerima hantaman cahaya yang mengenai permukaan pyranometer yang berbentuk lengkungan seperti gambar 2.9 yang akan diteruskan oleh lempeng hitam dan putih, lempeng putih bertugas untuk memantulkan radiasi sementara lempeng hitam berfungsi untuk mengabsorpsi panas radiasi matahari sehingga terjadi perbedaan temperatur antara kedua lempeng. Perbedaan temperature yang timbul tersebut dihubungkan ke thermojunction yang akan mengubah panas temperature menjadi perbedaan tegangan antar kedua ujung lempeng.

2.9 Reference cell

Selain pyranometer, *reference cell* juga dapat digunakan untuk mengukur besar intensitas *irradiance*. Namun prinsip kerjanya berbeda dengan pyranometer. Jika pyranometer menggunakan prinsip termoelektrik maka *reference cell* menggunakan prinsip kerja *photovoltaic*. Dimana energy *photon* yang diterima *reference cell* di atas bandgap dikonversi langsung menjadi muatan positif dan negatif [9] yang akan mengalir di sirkuit eksternal yang ada di *reference cell* sehingga akan timbul arus yang tergantung pada jumlah spectral foton yang diterima *cell reference* hal tersebut mempengaruhi besar nilai *irradiance*. Bentuk fisik *reference cell* dapat dilihat pada gambar 2.10



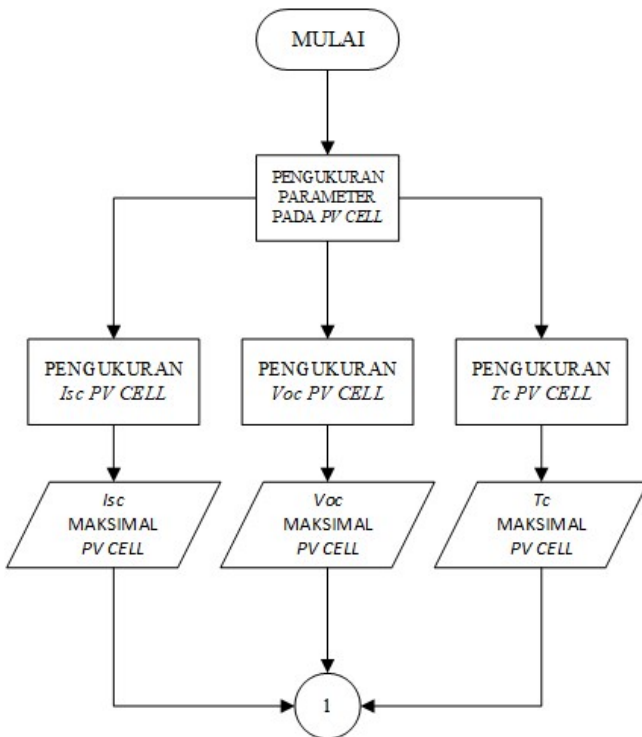
Gambar 2. 10 *Reference cell*

BAB III

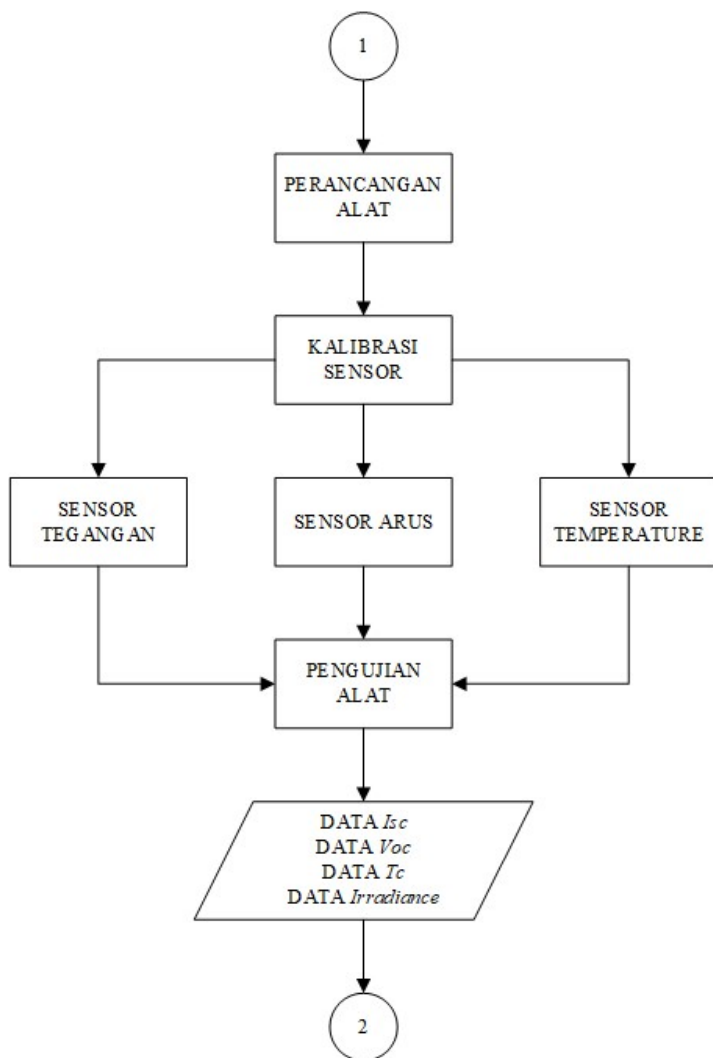
DESAIN ALAT UKUR IRRADIANCE BERBASIS I_{sc} dan V_{oc}

3.1 Pendahuluan

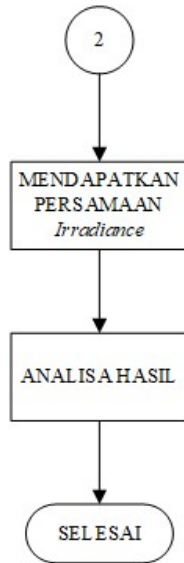
Pada penelitian kali ini alat pencatat data *irradiance* matahari berdasarkan I_{sc} dan V_{oc} terdiri dari *cell pv*, mikrokontroler at mega 328, sensor arus acs 712, sensor tegangan, sensor temperature DS1820.



Gambar 3. 1 *Flowchart alur tahap penyelesaian alat*



Gambar 3. 2 Flowchart lanjutan1 alur tahap penyelesaian alat



Gambar 3. 3 Flowchart lanjutan1-2 alur tahap penyelesaian alat

Cell pv yang menerima energi foton dari pancaran sinar matahari akan menghasilkan tegangan dan arus. Tegangan dan arus yang dihasil *cell pv* kemudian dihubungkan oleh sensor arus, tegangan dan sensor temperature. Penelitian ini dimulai dengan mencari persamaan nilai *irradiance* berdasarkan (I_{sc}) , (I_{sc}, T_c) dan (V_{oc}, T_c) pengukuran tegangan, arus dan temperature maksimal yang dihasilkan oleh *cell pv* hal ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi sensor yang digunakan. Setelah selesai menentukan spesifikasi sensor langkah selanjutnya adalah melakukan uji kalibrasi di setiap sensor yang digunakan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dihasilkan akurat dengan alat instrument standard ukurnya. Langkah selanjutnya pengumpulan data *irradiance* dari hasil record pyranometer, (I_{sc}, T_c, V_{oc}) dari hasil record mikrokontroler dalam durasi 12 jam (06.00 sampai 18.00). Data dari record perhitungan nilai *irradiance* menggunakan pyranometer dan data

I_{sc} , V_{oc} akan dijadikan parameter untuk analisa regresi linier berganda untuk mendapatkan persamaan baru untuk mengestimasi nilai *irradiance* berdasarkan (I_{sc}, V_{oc}) . Sementara data T_c digunakan untuk variable estimasi nilai *irradiance* berdasarkan (I_{sc}, T_c) , (V_{oc}, T_c) . Langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil estimasi *irradiance* berdasarkan (I_{sc}) , (I_{sc}, T_c) , (V_{oc}, T_c) , dan (I_{sc}, V_{oc}) , dengan hasil aktual pengukuran pyranometer. Flowchart alur tahap penyelesaian alat dapat dilihat pada gambar 3.1 3.2 3.3.

3.2 Mendapatkan persamaan *irradiance* berdasarkan (I_{sc}, T_c) , (V_{oc}, T_c) dan (I_{sc})

Sebelum melakukan pembuatan alat langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengurai persamaan 3.1, 3.2 dan 3.3 sehingga persamaan untuk mencari nilai *irradiance* didapatkan.

$$I_{sc} = \frac{G}{1000} [(I_{scr} + K_i (T_c - T_r))] \quad (3.1)$$

$$V_{oc} = V_{ocr} + V_t \ln \left(\frac{G}{1000} \right) + K_v (T_c - T_r) \quad (3.2)$$

$$I_{sc} = \frac{I_{scr} * G}{G_{stc}} \quad (3.3)$$

dengan :

I_{sc} = Arus *short circuit* keluaran *cell pv* (A)

G = Irradiasi yang diterima sel sel Photovoltaic (w / m^2)

G_{stc} = Irradiasi yang diterima cel pv saat T referensi (w / m^2)

I_{scr} = Arus *short circuit* saat T referensi (A)

K_i = *Temperature Coefficient of I_{sc}* (% K)

T_c = *Temperature sel* (K)

T_r = *Temperature referensi* 298,15 K

V_{oc} = *Tegangan Open Circuit Sel* (V)

V_{scr} = *Tegangan Open Circuit Sel* saat T referensi (V)

K_v = *Temperature Coefficient V_{oc}* (% K)

T_c = *Temperature sel* (K)

T_r = Temperature referensi 298,15 K
 V_t = Thermal Voltage (V)
 K = konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J / K)
 q = elektron $1,6 \times 10^{-19}$ C
 n = faktor ideal dioda (1)

3.2.1 Mendapatkan persamaan irradiance berdasarkan (I_{sc}, T_c)

Sesuai dengan persamaan 3.1 bahwa nilai I_{sc} didapatkan dengan mengetahui variable G, I_{scr}, K_i, T_c dan T_r . Namun karena pada pembahasan kali ini variable yang akan kita cari adalah nilai G , maka kita harus melakukan pemindahan variable I_{scr}, K_i, T_c dan T_r ke ruas sebelah kiri sehingga persamaan baru untuk mencari nilai G didapatkan sesuai dengan persamaan 3.5.

$$\frac{I_{sc} \times 1000}{[I_{scr} + K_i(T_c - T_r)]} = G \quad (3.5)$$

3.2.2 Mendapatkan persamaan irradiance berdasarkan (V_{oc}, T_c)

Sesuai dengan persamaan 3.2 bahwa nilai V_{oc} didapatkan dengan mengetahui variable G, V_{ocr}, K_v, T_c dan T_r . Namun karena pada pembahasan kali ini variable yang akan kita cari adalah nilai G , maka kita harus melakukan pemindahan variable V_{ocr}, K_v, T_c, T_r dan V_t ke ruas sebelah kiri sehingga didapatkan persamaan 3.6.

$$\frac{V_{oc} - V_{ocr} - K_v(T_c - T_r)}{V_t} = \ln\left(\frac{G}{1000}\right) \quad (3.6)$$

$$1000 * \text{Exp}\left(\frac{V_{oc} - V_{ocr} - K_v(T_c - T_r)}{V_t}\right) = G \quad (3.7)$$

Dari persamaan 3.6 langkah selanjutnya adalah bentuk logaritma menjadi bentuk eksponensial sesuai dengan persamaan 3.7 yang akan menjadi persamaan akhir persamaan irradiance berdasarkan (V_{oc}, T_c).

3.2.3 Mendapatkan persamaan irradiance berdasarkan (I_{sc})

Sesuai dengan persamaan 3.1 yang menyatakan bahwa nilai I_{sc} bias didapatkan dengan mengetahui variable G_{stc}, I_{scr} dan G . Namun karena

pada pembahasan ini variable yang akan dicari adalah nilai G , maka semua variable kecuali G kesebelah kiri hingga didapatkan persamaan baru 3.8.

$$\frac{I_{sc} \times G_{sct}}{I_{scr}} = G \quad (3.8)$$

3.3 Pengukuran Paramater *cell pv*

Tahap pertama dalam melakukan penelitian ini adalah melakukan pengukuran beberapa parameter seperti I_{sc} , V_{oc} , T_c pada *cell pv*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui nilai maksimal yang dihasilkan oleh parameter – parameter tersebut. Tahap ini digunakan untuk menentukan jenis spesifikasi sensor yang akan digunakan dalam pengukuran. Karena dengan mengetahui spesifikasi dan jenis sensor yang tepat akan menghasilkan pengukuran yang akurat.

3.3.1 Pengukuran I_{sc} *cell pv*

Pada tahap ini pengukuran I_{sc} menggunakan multimeter digital seperti gambar 3.4. Dengan memutar selektor ke arah DC ampere kemudian tancapkan probe positif ke probe lubang untuk mengukur arus. Kemudian sambungkan probe positif ke sambungan positif dari *cell pv* dan probe negatif ke sambungan negatif dari *cell pv*. Setelah itu hasil dari pengukuran arus dapat terlihat di display lcd multimeter. Pengukuran ini dilakukan ketika matahari sedang berada tepat di atas permukaan bumi supaya menghasilkan I_{sc} yang maksimal.



Gambar 3. 4 Pengukuran I_{sc} *cell pv* menggunakan multimeter digital

3.2.2 Pengukuran V_{oc} *cell pv*

Pengukuran V_{oc} *cell pv* ini menggunakan multimeter digital seperti pada gambar 3.5. Dengan memutar selektor ke arah DC voltage kemudian

menancapkan probe positif ke probe lubang untuk mengukur tegangan. Kemudian sambungkan probe positif ke sambungan positif dari *cell pv* dan probe negatif ke sambungan negatif dari *cell pv*. Setelah itu hasil dari pengukuran arus dapat terlihat di display lcd multimeter.



Gambar 3. 5 Pengukuran V_{oc} *cell pv* menggunakan multimeter digital

3.2.3 Pengukuran T_c *cell pv*

Pada tahap ini pengukuran temperature menggunakan *thermogun* seperti gambar 3.6. Metode pengukuran ini adalah dengan menembakkan laser infrared ke permukaan yang akan diukur.



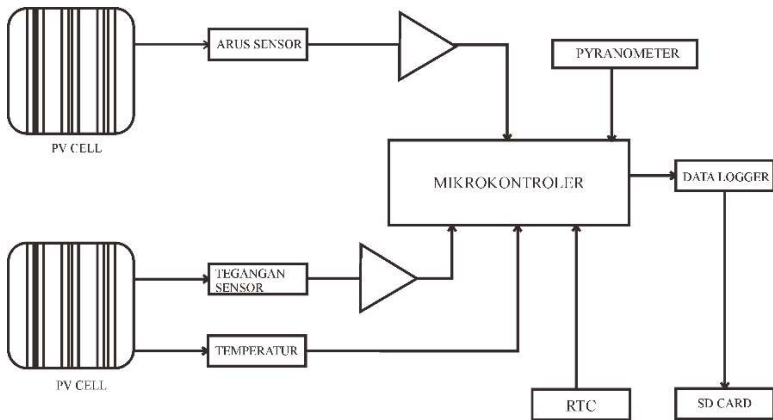
Gambar 3. 6 Pengukuran temperature *cell pv* menggunakan *thermogun*

Dengan mengarahkan laser *thermogun* ke permukaan *cell pv* maka suhu di permukaan sel photovoltaik akan langsung dapat ditampilkan di display lcd *thermogun*.. Pengukuran ini dilakukan ketika

matahari sedang berada di atas permukaan bumi supaya *temperature* maksimal yang berada di atas permukaan *cell pv* dapat diketahui

3.4 Perancangan Modul

Pada pembuatan modul kali ini menggunakan sensor acs 712 untuk mendapatkan data besaran arus yang keluar pada *cell pv*, sementara itu untuk mendapatkan data besaran tegangan yang keluar pada *cell pv* menggunakan sensor tegangan dengan memanfaatkan kemampuan pin analog untuk membaca nilai adc yang kemudian dikonversikan ke bentuk tegangan. Selain arus dan tegangan parameter suhu juga diukur. Sensor DS 1820 digunakan untuk mengukur temperature permukaan *cell pv* dengan memasang sensor tersebut tepat di belakang permukaan *cell pv*. Sementara untuk mencatat data I_{sc} , V_{oc} , T_c , pada *cell pv* dipasang sebuah modul sd card dan sebagai pewaktunya menggunakan ic *real time clock* (RTC) D3231. Diagram blok perencanaan pencatat data *irradiance* berdasarkan data I_{sc} , V_{oc} dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Diagram Blok Perancangan Modul

3.4.1 Jenis *cell pv*

Cell pv yang digunakan adalah *cell pv* CI - 26P dengan jenis polkristaline silikon. Pada penelitian kali ini digunakan dua *cell pv* sekaligus yang dipasang bersebelahan dengan tujuan untuk mendapatkan

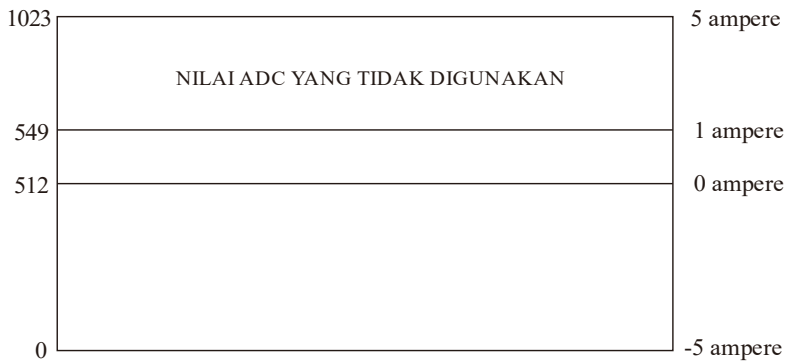
I_{sc} pada *cell pv* pertama dan mendapatkan V_{oc} pada *cell pv* kedua secara bersamaan. Sementara untuk pemasangan sensor *temperature* dipasang dibalik permukaan *cell pv* untuk mendapatkan nilai T_c . Spesifikasi lengkap *cell pv* yang digunakan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Tabel Spesifikasi *cell pv*

<i>Solar Cell Model Number</i>	CI – 26P
<i>Short Circuit Current (I_{sc})</i>	0,89 A
<i>Open Circuit Voltage (V_{oc})</i>	0,613 A
<i>Solar Cell Efficiency</i>	14,50 %
<i>Nominal Operating Cell Temperature</i>	48°C
<i>Cell Technology</i>	Poly-Si
<i>Temperature Coefficient of V_{oc}</i>	-0,345 % K
<i>Temperature Coefficient of I_{sc}</i>	0,1055 % K

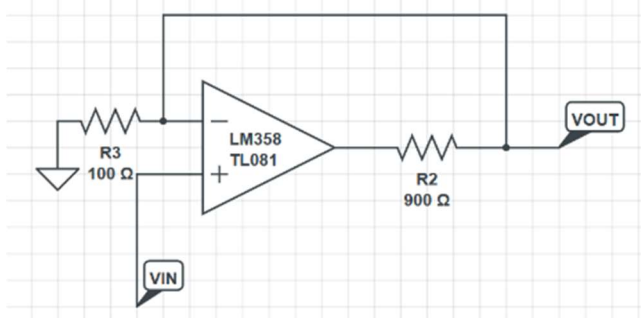
3.4.2 Perancangan Sensor Arus Acs 712

Sensor yang digunakan untuk mengukur I_{sc} yang keluar pada *cell pv* menggunakan ACS712ELC-05B. Dimana 05 B merupakan kode dimana acs hanya dapat membaca arus maksimal sebesar 5 ampere. Pemilihan sensor ini berdasarkan hasil pengukuran arus yang keluar pada sebuah *cell pv*. Berdasarkan nilai yang didapatkan pada pengukuran arus keluaran *cell pv* menunjukkan angka 1 ampere pada kondisi matahari yang terik. Maka dari itu karena hanya ada 3 pilihan sensing maksimal yaitu 5 ampere, 20 ampere dan 30 ampere maka akhirnya dipilihlah ACS712ELC-05B pada modul alat ini dengan tujuan pengukuran yang dihasilkan memiliki jangkauan pembacaan yang optimal. Namun karena maksimal arus yang dihasilkan oleh *cell pv* sebesar 0,89 ampere maka membuat resolusi *scaling* kurang maksimal karena nilai adc 0,89 ampere adalah 549 sehingga ada 474 selisih nilai yang tidak digunakan, ilustrasi *scaling* nilai adc dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 *Scaling* nilai adc mikrokontroler sebelum ke rangkaian *non-inverting*

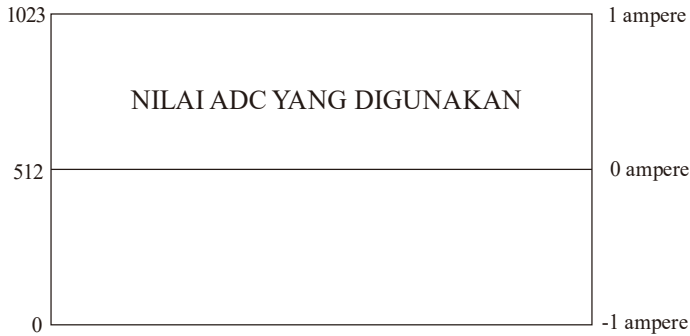
Untuk mengatasi *scaling* nilai adc yang tidak terbaca maka diperlukan rangkain penguat non inverting untuk meningkatkan nilai ketelitian pembacaan.



Gambar 3. 9 Rangkaian *non inverting* acs 712

Karena sensor acs 712 hanya mampu membaca tegangan 0,185 volt tiap perubahan nilai 1 ampere maka perlu ditambah rangkaian pengkali sebesar 11 kali untuk mendapatkan nilai *scaling* adc yang luas. Dengan menggunakan rangkaian *non inverting* gambar 3.9 Dengan

penguatan sebesar 11 kali maka nilai sensing awal sensor arus yang bernilai $0,185 \text{ volt/ampere}$ akan menjadi $2,03 \text{ volt/ampere}$

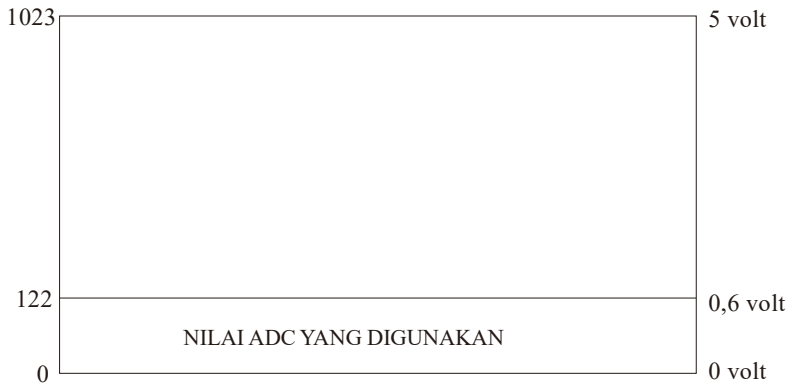


Gambar 3. 10 *Scaling* nilai adc setelah melalui rangkaian *non inverting*

Hasil ini membuat nilai adc yang awalnya terbaca hanya 549 pada kondisi 1 ampere dan 512 pada kondisi 0 ampere , berubah menjadi 512 pada kondisi 0 ampere dan 1023 pada kondisi 1 ampere sesuai dengan gambar 3.10.

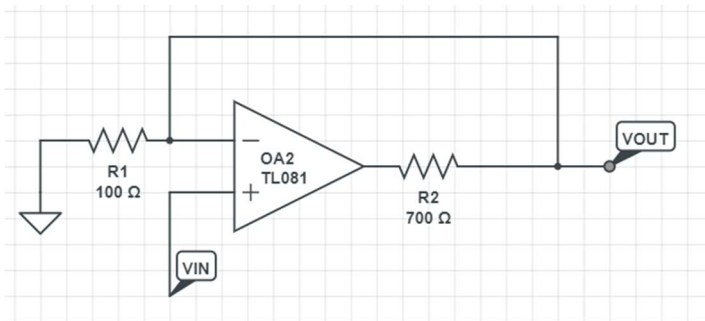
3.4.3 Perancangan Sensor Tegangan

Sensor yang digunakan untuk mengukur V_{oc} pada *cell pv* menggunakan fungsi adc (*analog digital converter*) dari mikrokontroler atmega 328 yang mampu membaca tegangan maksimal hingga 5V. Karena tegangan maksimal yang mampu dihasilkan *cell pv* bernilai 0.6 V maka pada modul ini menggunakan fungsi adc dari mikrokontroler atmega 328 untuk pembacaan V_{oc} pada *cell pv* tampaknya kurang mencukupi kebutuhan *scaling* karena adanya nilai adc yang tidak digunakan secara maksimal sesuai dengan gambar 3.11



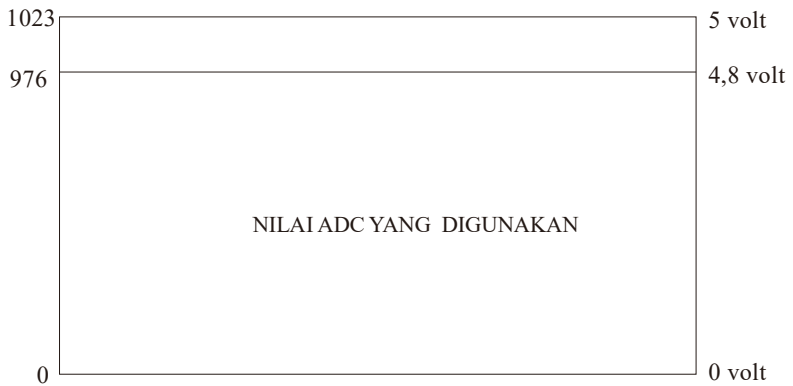
Gambar 3. 11 *Scaling* nilai adc mikrokontroler sebelum ke rangkaian *non inverting*

Karena adanya nilai *range* adc yang tidak digunakan pada proses *scaling* maka digunakan rangkaian *non inverting* amplifier untuk memaksimalkan nilai adc yang digunakan. Penguatan sebesar 8 kali digunakan untuk membuat nilai adc naik. *Schematic* rangkaian *non inverting* ini sesuai dengan gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Rangkaian *non inverting* tegangan

Dengan penguatan sebesar 8 kali nilai adc yang mulainya maksimalnya hanya berada di angka 122 ketika 0,6 volt akan berubah menjadi 976 pada saat sensing sensor tegangan 0,6 volt sesuai pada gambar 3.13.



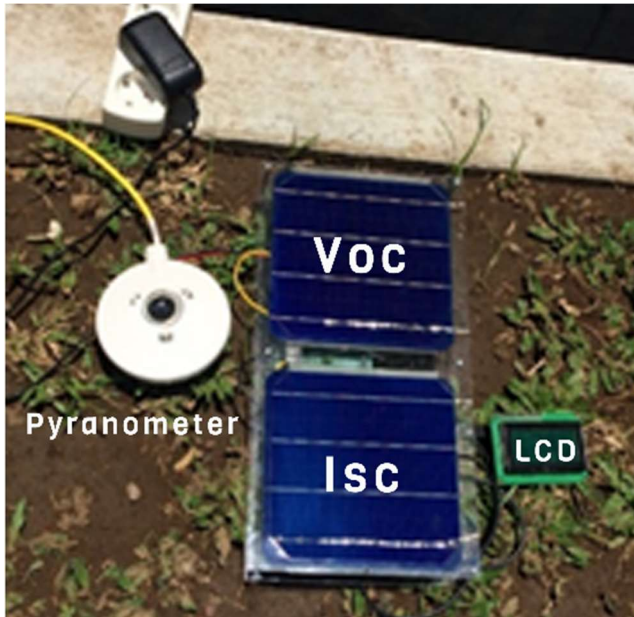
Gambar 3. 13 *Scaling* nilai adc setelah melalui rangkaian *non inverting*

3.3.4 Perancangan Sensor Temperature

Sensor yang digunakan untuk mengukur *temperature* pada permukaan *cell pv* adalah DS1820. Sensor ini dipilih karena memiliki range $-55^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$. Sensor ini ditempelkan pada permukaan belakang bagian *cell pv*. Dengan tujuan tidak menutupi *cell pv* dan menciptakan bayangan yang bisa mengganggu jumlah energi yang diterima sel. Sensor temperature yang telah dipasang kemudian dihubungkan ke mikrokontroler AT Mega 328 untuk mengkonversikan sinyal analog ke digital yang kemudian data *temperature* yang dihasilkan sensor dicatat menggunakan modul micro sd.

3.3.5 Realisasi Perancangan Alat

Pada gambar di bawah 3.14 menunjukkan realisasi alat yang telah jadi. Dimensi luas dari pcb board 70 cm² dengan bahan fiber. Pemilihan bahan fiber dikarenakan bahannya yang tebal dan tahan benturan. Alat ini terdiri dari 5 bagian utama yaitu bagian *supply*, bagian sensor, bagian mikroprosesor, bagian modul sd card dan modul rtc ds3231. Di bagian sensor ada 3 sensor yang terdapat pada alat ini sensor acs 712 digunakan untuk mengukur arus yang terhubung dengan pin A0, sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur tegangan yang terhubung dengan pin A1 dan, sensor ds 1820 yang digunakan untuk mengukur *temperature* terhubung dengan pin D6. Sementara di bagian mikroprosesor menggunakan arduino uno yaitu sebuah board mikrokontroler berbasis at mega 328. Modul RTC digunakan sebagai pemberi informasi waktu yang dikirim ke mikrokontroler. Dan modul *datalogger* digunakan untuk mencatat data waktu, *temperature*, arus, tegangan tiap menitnya untuk disimpan ke sebuah sd card.



Gambar 3. 14 *Gambaran realisasi alat*

3.5 Metode Pengujian dan Pengukuran

Pengujian ini dilakukan di kondisi area terbuka dalam jangka waktu 12 jam (06.00 – 18.00). Dalam pengujian ini dua buah *cell pv* langsung mendapatkan pancaran sinar matahari. Dari masing – masing parameter yang dibutuhkan yaitu I_{sc} , V_{oc} sementara sensor *temperature* di tempatkan di belakang permukaan V_{oc} pada parameter V_{oc} .Setiap satu menit modul data logger akan mencatat data jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun, arus, tegangan dan temperature jadi jumlah data yang dihasilkan pada satu hari ada 540 data. Untuk melakukan pengujian ini dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

1. *Cell pv* polykristalin silikon
2. Adaptor 12 Volt 2 Ampere
3. Sumber tegangan AC 220 Volt
4. Pyranometer
5. Micro SD 8 GB

Setelah mengumpulkan alat dan bahan langkah pengujian dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

1. Meletakkan *cell pv* polykristalin silikon yang telah dipasang sensor temperature pada permukaannya dan telah tersambung oleh sensor arus dan tegangan.
2. Memasukan adptor 12 Volt 2 Ampere ke sumber 220 VAC.
3. Memasang Micro SD ke slot modul sdcard
4. Menunggu hingga 12 jam (06.00 – 18.00)
5. Memasang Pyranometer tepat di sebelah sel photovoltaik
6. Menganalisa data yang sudah terkumpul

---halaman ini sengaja dikosongkan---

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai hasil pengujian dan analisa atas penyusunan modul alat pencatat data G (*irradiance*) berbasis data I_{sc} , V_{oc} . Data pengujian diperlukakan untuk mengetahui kinerja sebuah sistem tersebut. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dibuat. Hasil dari sebuah pengujian akan dianalisa untuk mengetahui kekurangan pada sebuah sistem. Pengujian dan analisa yang dilakukan dalam pembuatan modul alat pencatat data G berbasis data I_{sc} , V_{oc} , meliputi :

1. Kalibrasi Sensor ACS 712
2. Kalibrasi Sensor Tegangan
3. Kalibrasi Sensor DS1820
4. Pengumpulan Data
5. Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc}
6. Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan T_c
7. Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan T_c
8. Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan V_{oc}
9. Perbandingan *irradiance* berdasarkan I_{sc} , I_{sc} dan T_c , V_{oc} dan T_c , V_{oc} dan I_{sc} berdasarkan hasil irradiance aktual

4.1 Kalibrasi Sensor ACS 712

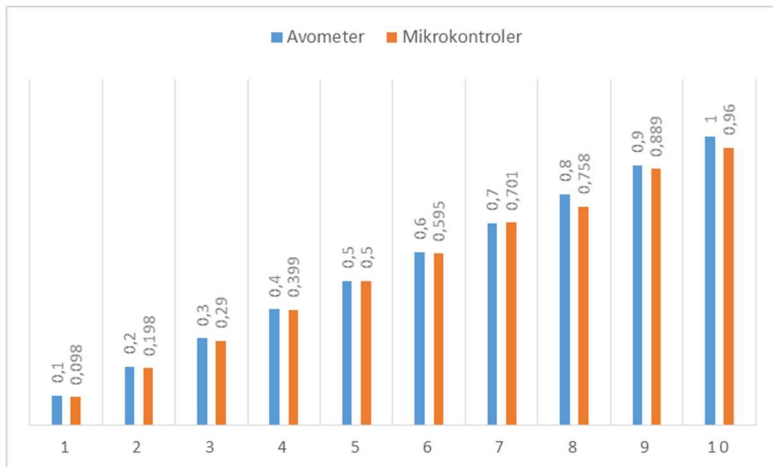
Pada kalibrasi arus kali ini menggunakan alat ukur multimeter sebagai alat ukur sebenarnya untuk memastikan berapa *error* rata-rata yang dihasilkan. Dari pengambilan data 10 sampel didapatkan rata-rata *error* nya 1,14 %. Hasil Kalibrasi *error* sensor arus dapat dilihat pada table 4.1

Tabel 4.1 Hasil Kalibarsi Sensor Arus

Nilai Multimerter (<i>Ampere</i>)	Nilai Mikrokontroler (<i>Ampere</i>)	<i>Error</i> in (<i>Ampere</i>)	<i>Error</i> In (%)
0,1	0,098	0,002	0,2

Tabel 4.2 Lanjutan Hasil Kalibrasi Sensor Arus

Nilai Multimerter (Ampere)	Nilai Mikrokontroler (Ampere)	Error in (Ampere)	Error In (%)
0,2	0,198	0,002	0,2
0,3	0,29	0,01	1
0,4	0,399	0,001	0,1
0,5	0,5	0	0
0,6	0,595	0,005	0,5
0,7	0,701	0,001	0,1
0,8	0,758	0,042	4,2
0,9	0,889	0,011	1,1
1	0,96	0,04	4



Gambar 4.1 Perbandingan Hasil Kalibrasi Sensor Arus Terhadap Pengukuran Arus Menggunakan Multimeter

Pada gambar 4.1 kita dapat melihat ada perbedaan selisih antara nilai hasil kalibrasi sensor arus terhadap pengukuran arus menggunakan multimeter .Setelah dirata-rata didapatkan nilai 0,0114 *ampere* nilai ini akan dimasukkan dalam perhitungan variable sensor dalam listing program sehingga nilai *error* arus semakin kecil.

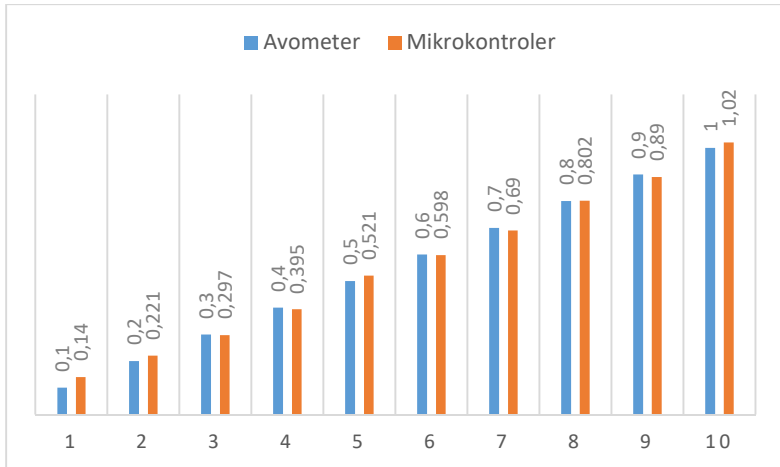
4.2 Kalibrasi Sensor Tegangan

Pada kalibrasi tegangan kali ini menggunakan alat ukur multimeter sebagai alat ukur sebenarnya untuk memastikan berapa akurasi rata-rata yang dihasilkan Dari pengambilan data 10 sampel didapatkan *error* rata-rata nya sekitar 1,34 %.Hasil kalibrasi *error* sensor tegangan dapat dilihat pada table 4.2

Tabel 4.3 Hasil Kalibarsi Sensor Tegangan

Nilai Multimerter (<i>Volt</i>)	Nilai Mikrokontroler (<i>Volt</i>)	<i>Error</i> in (<i>Volt</i>)	<i>Error</i> In (%)
0,1	0,14	0,04	4
0,2	0,221	0,021	2,1
0,3	0,297	0,003	0,3
0,4	0,395	0,005	0,5
0,5	0,521	0,021	2,1
0,6	0,598	0,002	0,2
0,7	0,69	0,01	1
0,8	0,802	0,002	0,2
0,9	0,89	0,01	1
1	1,02	0,02	2

Pada gambar 4.2 kita dapat melihat ada perbedaan selisih antara nilai hasil kalibrasi sensor tegangan terhadap pengukuran tegangan menggunakan multimeter .Setelah dirata-rata didapatkan nilai 0,0134 *volt* nilai ini akan dimasukkan dalam perhitungan variable sensor dalam listing program sehingga nilai *error* arus semakin kecil.



Gambar 4.2 Perbandingan Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan Terhadap Pengukuran Tegangan Menggunakan Multimeter

4.3 Kalibrasi Sensor DS1820

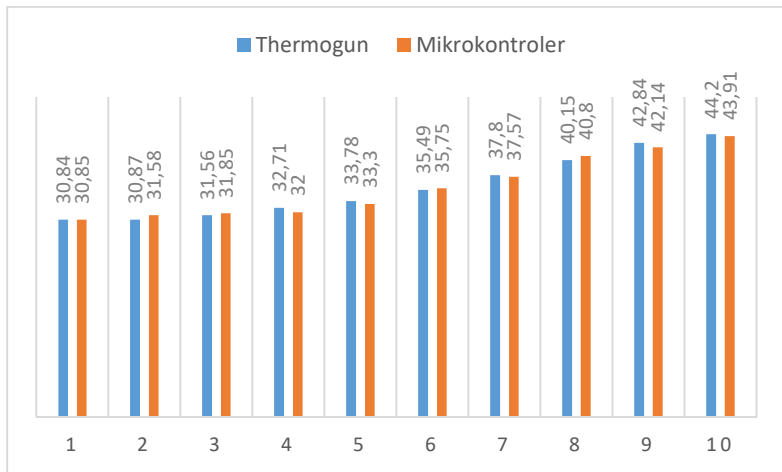
Pada kalibrasi suhu kali ini menggunakan alat ukur thermo gun sebagai alat ukur sebenarnya untuk memastikan berapa akurasi rata-rata yang dihasilkan. Dari pengambilan data 10 sampel didapatkan *error* rata-rata nya 4,3 %. Kalibrasi ini menggunakan satu sel photovoltaik yang dibagian belakangnya dipasang DS1820 secara bersamaan thermo gun ditembakkan infrared nya ke sel photovoltaik kemudian kedua hasil dibandingkan untuk mendapatkan nilai *error*.

Tabel 4.4 Tabel Hasil Kalibarsi Sensor Suhu

Nilai Thermogun (°C)	Nilai Mikrokontroler (°C)	<i>Error</i> in (°C)	<i>Error</i> In (%)
30,841	30,85	0,009	0,09
30,87	31,58	0,71	7,1
31,56	31,858	0,298	2,98
32,71	32	0,71	7,1

Tabel 4.5 Tabel Lanjutan Hasil Kalibrasi Sensor Suhu

Nilai Thermogun (°C)	Nilai Mikrokontroler (°C)	Error in (°C)	Error In (%)
33,78	33,309	0,471	4,71
35,49	35,758	0,268	2,68
37,8	37,575	0,225	2,25
40,15	40,807	0,657	6,57
42,84	42,141	0,699	6,99
44,2	43,913	0,287	2,87



Gambar 4.3 Perbandingan Hasil Kalibrasi Sensor Temperature Terhadap Pengukuran Temperature Menggunakan Thermogun

Pada gambar 4.3 kita dapat melihat ada perbedaan selisih antara nilai hasil kalibrasi sensor temperature terhadap pengukuran temperature menggunakan thermogun .Setelah dirata-rata didapatkan nilai

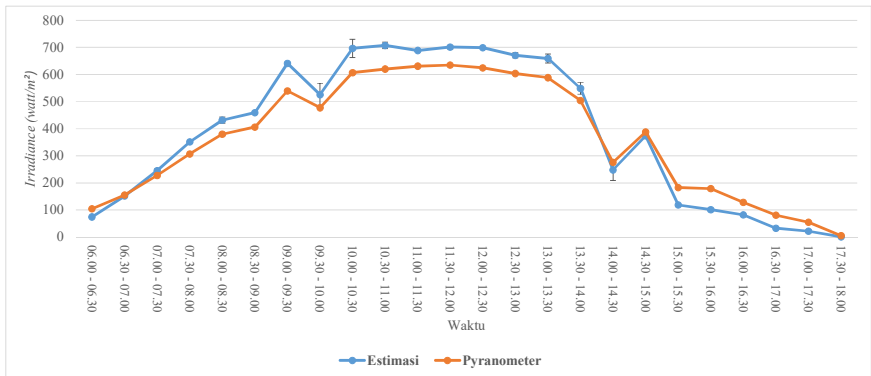
0,4334 *celcius* nilai ini akan dimasukan dalam perhitungan variable sensor dalam listing program sehingga nilai *error* arus semakin kecil

4.4 Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc}

Menentukan nilai *irradince* berdasarkan nilai I_{sc} ini sesuai dengan persamaan 4.1 dan 4.2. Dimana kenaikan nilai I_{sc} linier dengan kenaikan nilai *irradince*. Data hasil *irradince* berdasarkan nilai I_{sc} dan dapat dilihat pada lampiran 1.1

$$\frac{I_{sc} \times G_{sct}}{I_{scr}} = G \quad 4.1$$

$$\frac{0,066 \times 1000}{0,89} = 74,56 \text{ W/m}^2 \quad 4.2$$



Gambar 4.4 Hasil estimasi *irradiance* menggunakan persamaan 4.1 dibanding dengan pengukuran aktual

Dengan menggunakan persamaan 4.1 dengan hanya menggunakan nilai I_{sc} kita dapat mengestimasi nilai *irradiance* .Dari gambar 4.4 kita dapat melihat kenaikan nilai I_{sc} berbanding lurus dengan

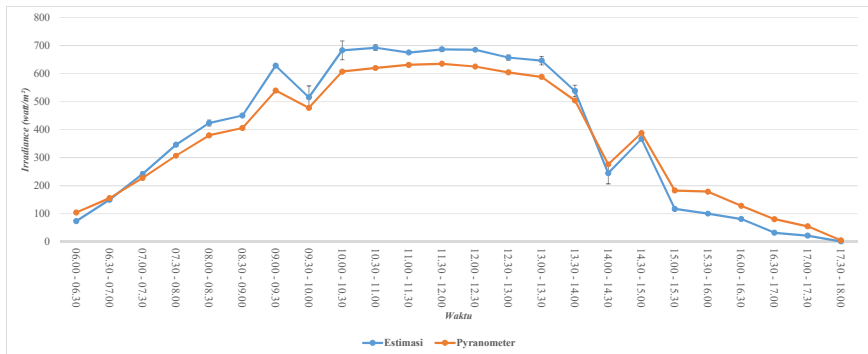
kenaikan nilai *irradiance*. Maka *error* rata-rata yang dihasilkan dari jam 06.00 – 18.00 adalah 22 %.

4.5 Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan T_c

Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan temperature pada proses *sensing* pada sel pv secara aktual. Dimana nilai *irradiance* bergantung pada nilai I_{sc} , temperature sel pv, nilai temperature koefisien I_{sc} dan I_{scr} pada *data sheet* sel pv sesuai dengan persamaan 4.4. Data hasil *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan temperature dapat dilihat pada lampiran 1.2

$$G = \frac{1000 \times I_{sc}}{[I_{scr} + K_i (T_c - T_r)]} \quad (4.3)$$

$$G = \frac{1000 \times 0,066}{[(0,89 + 0,00105)(306,459 - 298,15)]} = 74,56 \text{ watt/m}^2$$



Gambar 4.5 Hasil estimasi *irradiance* menggunakan persamaan 4.3 dibanding dengan pengukuran aktual

Dengan menggunakan persamaan 4.3 mencari nilai estimasi *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan T_c dapat digunakan. Dapat dilihat pada gambar 4.1 kenaikan nilai T_c mempengaruhi kenaikan nilai I_{sc} juga sehingga kenaikan kedua parameter tersebut membuat nilai *irradiance* naik. Maka *error* rata-rata yang dihasilkan dari pengukuran mulai pukul 06.00-18.00 adalah 21%.

4.6 Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan T_c

Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan temperature pada proses *sensing* pada sel pv secara aktual. Dimana nilai *irradiance* bergantung pada nilai V_{oc} , temperature sel pv, nilai temperature koefisien V_{oc} dan V_{ocr} pada *data sheet* sel pv sesuai dengan persamaan 4.4 dan 4.5. Data hasil *irradince* berdasarkan nilai V_{oc} dan temperature dapat dilihat pada tabel lampiran 1.3

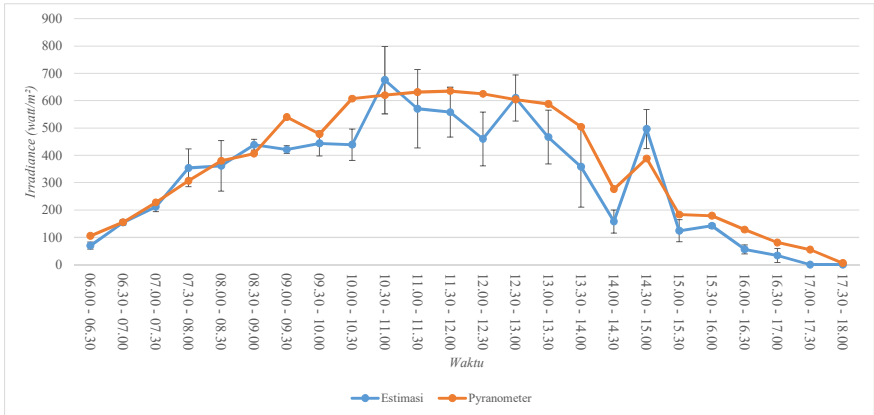
$$G = 1000 * EXP\left(\frac{V_{oc}-V_{ocr}-K_v(T_c-T_r)}{V_t}\right) \quad 4.4$$

$$V_t = \frac{nKT_c}{q} \quad 4.5$$

Contoh perhitungan G berdasarkan persamaan 4.4 dan 4.5 yaitu:

$$V_t = \frac{nKT_c}{q} = \frac{1,38 \times 10^{-23} \times 307,696}{1,6 \times 10^{-19}} = 0,026539 \text{ v}$$

$$G = 1000 * EXP\left(\frac{0,514-0,61-(-0,00345(306,459-298,15))}{0,02653878}\right) = 78,612 \text{ watt/m}^2$$



Gambar 4.6 Hasil estimasi *irradiance* menggunakan persamaan 4.4 dan 4.5 dibanding dengan pengukuran aktual

Dengan menggunakan persamaan 4.4 dan 4.5 kita dapat mengetahui bahwa kenaikan nilai V_{oc} . Pada gambar 4.6 dapat diketahui pengaruh naiknya nilai V_{oc} dan T_c , mempengaruhi kenaikan nilai *irradiance*. Rata nilai *error* yang di dapat dari pengukuran mulai pukul 06.00 – 18.00 adalah 23% terhadap pengukuran *irradiance* aktual.

4.7 Menentukan nilai *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan I_{sc}

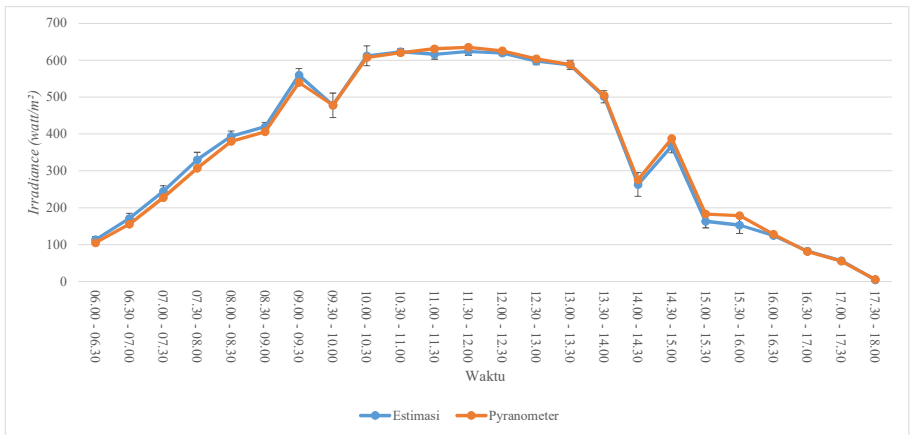
Setelah mendapatkan data *irradiance* berdasarkan dari pyranometer. Langkah selanjutnya adalah menggunakan data tersebut sebagai variabel untuk mengestimasi nilai *irradiance* aktual berdasarkan data dari pyranometer dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Dihasilkan persamaan 4.6 sesuai dengan lampiran 1.5

$$G = 893,958 I_{sc} + 108,317 V_{oc} + 2,66 \quad 4.6$$

Contoh perhitungan G berdasarkan persamaan 4.6 yaitu:

$$G = 893,958 (0,066) + 108,317 (0,514) + 2,66 = 117,650 \text{ w/m}^2$$

Data hasil *irradince* berdasarkan nilai V_{oc} dan I_{sc} dapat dilihat pada tabel lampiran 1.4



Gambar 4.7 Hasil estimasi *irradiance* menggunakan persamaan 4.4 dibanding dengan pengukuran aktual

Pada gambar 4.7 diketahui bahwa hasil estimasi *irradiance* menggunakan persamaan 4.6 dibanding dengan pengukuran aktual mempunyai *error* rata rata 7 % .

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian data *record irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan V_{oc} dapat ditarik beberapa hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan dan pembuatan *data record irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan V_{oc} dapat berfungsi dengan baik dan melakukan pencatat dengan baik.
2. Nilai *irradiance* maksimal berdasarkan nilai I_{sc} dan V_{oc} terjadi pada rentang waktu 12.30 – 13.00 dengan besar 617,924 w/m^2 dengan besar rata-rata *irradiance* harian bernilai 362,828 w/m^2 .
3. Nilai *irradiance* berbanding lurus dengan kenaikan nilai I_{sc} .
4. Nilai T_c yang naik juga mempengaruhi kenaikan nilai I_{sc} dan membuat nilai *irradiance* meningkat.
5. Naiknya nilai T_c juga mempengaruhi nilai V_t yang naik sehingga membuat nilai V_{oc} naik.
6. Akurasi dari hasil proses regresi linier berganda dengan menggunakan *tool data analysis* pada *Microsoft excel* dihasilkan persamaan untuk mendapatkan nilai *irradiance* dengan hasil berbanding nilai *irradiance* menggunakan nilai I_{sc} dan V_{oc} dibanding menggunakan data pyranometer sebesar 93%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Pengambilan data *irradiance* dilakukan dalam durasi satu tahun supaya kita dapat mengetahui potensi energy surya pada daerah tersebut
2. Pengembangan *device* ke *Iot (Internet of Things)* dapat dilakukan supaya data yang masuk dapat dipantau lewat web yang sudah terintegrasi dengan *device*. Sehingga proses pengambilan data dapat dipantau dari mana saja.

DAFTAR PUSTAKA

1. Boedoyo, M., et al., *Analisis Ketahanan Energi di Indonesia*. 2012.
2. Handani, W., *Performa Sel Surya*. 2008.
3. Tamrakar, V., S.C. Gupta, and Y. Sawle, *Single-Diode Pv Cell Modeling And Study Of Characteristics Of Single And Two-Diode Equivalent Circuit*. *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal*, 2015. **4**: p. 13-24.
4. Arno Smets, K.J., Olindo Isabella, René van Swaaij, Miro Zeman, *Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems*, ed. O.I.a.K. Jäger. UIT Cambridge.
5. Lineykin, S., M. Averbukh, and A. Kuperman, *Five-parameter model of photovoltaic cell based on STC data and dimensionless*. 2012. 1-5.
6. Zweibel, P.H.a.K., *Basic Photovoltaic Principles and Methods*, ed. S.S. 1448. 1982, Solar Energy Institute 1617 Cole Boulevard Colorado: Technial Informatic Office.
7. Rodney H.G. Tan, P.L.J.T., V. H. Mok, *Solar Irradiance Estimation Based on Photovoltaic Module Short Circuit Current Measurement*. IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA) 2013.
8. Mohamed, M.A.-E.-H., *Solar Irradiance Estimation of Photovoltaic Module based on Thevenin Equivalent Circuit Model*. INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH 2015.
9. Mohamed Saleem ABDUL KAREEM*, M.S., *A new method for accurate estimation of PV module parameters and extraction of maximum power point under varying environmental conditions*. 2016.
10. Yang, D., G. Yagli, and H. Quan, *Quality Control for Solar Irradiance Data*. 2018. 208-213.

---halaman ini sengaja dikosongkan---

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Data Perhitungan I_{sc} berdasarkan persamaan 4.1

Waktu	I_{sc} (ampere)	Estimasi (w/m^2)	Irradiance (w/m^2)	Error in (w/m^2)	Error in (%)
06.00-06.30	0,066	74,569	104,873	30,303	29%
06.30 - 07.00	0,136	152,731	155,143	2,411	2%
07.00 - 07.30	0,223	250,252	227,699	22,553	10%
07.30 - 08.00	0,311	349,826	306,962	42,864	14%
08.00 - 08.30	0,390	438,318	379,921	58,397	15%
08.30 - 09.00	0,408	458,040	406,196	51,844	13%
09.00 - 09.30	0,572	642,309	539,653	102,656	19%
09.30 - 10.00	0,470	527,664	477,758	49,906	10%
10.00 - 10.30	0,620	696,554	607,348	89,206	15%
10.30 - 11.00	0,629	707,090	620,112	86,978	14%
11.00 - 11.30	0,614	689,694	631,282	58,411	9%
11.30 - 12.00	0,624	700,936	634,911	66,025	10%
12.00 - 12.30	0,622	699,341	625,127	74,214	12%
12.30 - 13.00	0,598	672,143	604,148	67,994	11%
13.00 - 13.30	0,582	654,436	588,371	66,065	11%
13.30 - 14.00	0,481	540,062	504,415	35,647	7%
14.00 - 14.30	0,220	246,842	276,038	29,196	11%
14.30 - 15.00	0,337	378,613	388,014	9,401	2%
15.00 - 15.30	0,105	117,784	182,889	65,105	36%
15.30 - 16.00	0,091	101,705	178,719	77,014	43%
16.00 - 16.30	0,073	82,410	128,243	45,833	36%
16.30 - 17.00	0,029	32,584	80,860	48,275	60%
17.00 - 17.30	0,020	22,472	54,806	32,334	59%
17.30 - 18.00	0,001	1,124	5,345	4,221	79%

Lampiran 1.2 Data Perhitungan *irradiance* berdasarkan nilai I_{sc} dan T_c berdasarkan persamaan 4.3

<i>Waktu</i>	<i>I_{sc}</i> (ampere)	<i>Kelvin</i>	<i>Estimasi</i> (w/m ²)	<i>Irradiance</i> (w/m ²)	<i>Error in</i> (w/m ²)	<i>Error in</i> (%)
06.00 - 06.30	0,066	306,459	73,845	104,873	31,027	30%
06.30 - 07.00	0,136	310,199	150,591	155,143	4,552	3%
07.00 - 07.30	0,223	310,725	246,594	227,699	18,895	8%
07.30 - 08.00	0,311	311,361	344,457	306,962	37,495	12%
08.00 - 08.30	0,390	315,063	429,744	379,921	49,823	13%
08.30 - 09.00	0,408	314,599	449,320	406,196	43,124	11%
09.00 - 09.30	0,572	315,291	629,577	539,653	89,925	17%
09.30 - 10.00	0,470	315,297	517,201	477,758	39,443	8%
10.00 - 10.30	0,620	315,356	682,696	607,348	75,348	12%
10.30 - 11.00	0,629	315,260	693,100	620,112	72,988	12%
11.00 - 11.30	0,614	316,505	675,075	631,282	43,792	7%
11.30 - 12.00	0,624	317,600	685,213	634,911	50,302	8%
12.00 - 12.30	0,622	315,970	684,941	625,127	59,814	10%
12.30 - 13.00	0,598	316,094	658,208	604,148	54,060	9%
13.00 - 13.30	0,582	315,405	641,380	588,371	53,009	9%
13.30 - 14.00	0,481	315,566	529,189	504,415	24,774	5%
14.00 - 14.30	0,220	310,763	243,223	276,038	32,815	12%
14.30 - 15.00	0,337	313,957	371,681	388,014	16,332	4%
15.00 - 15.30	0,105	309,302	116,254	182,889	66,634	36%
15.30 - 16.00	0,091	308,908	100,430	178,719	78,289	44%
16.00 - 16.30	0,073	307,696	81,492	128,243	46,751	36%
16.30 - 17.00	0,029	305,008	32,323	80,860	48,537	60%
17.00 - 17.30	0,020	303,991	22,318	54,806	32,488	59%
17.30 - 18.00	0,001	301,12	1,120	5,345	4,225	79%

Lampiran 1.3 Data Perhitungan *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan T_c berdasarkan persamaan 4.3

Waktu	V_{oc} (volt)	Kelvin	V_i (volt)	<i>Irradiance</i> (w/m ²)	Estimasi (w/m ²)	Error in (w/m ²)	Error in %
06.00-06.30	0,514	306,459	0,0265	104,873	78,612	26,260	25%
06.30 - 07.00	0,520	310,199	0,0268	155,143	164,437	9,295	6%
07.00 - 07.30	0,527	310,725	0,0268	227,699	231,504	3,805	2%
07.30 - 08.00	0,535	311,361	0,0269	306,962	331,026	24,064	8%
08.00 - 08.30	0,530	315,063	0,0271	379,921	443,680	63,759	17%
08.30 - 09.00	0,532	314,599	0,0272	406,196	459,728	53,532	13%
09.00 - 09.30	0,528	315,291	0,0272	539,653	437,248	102,405	19%
09.30 - 10.00	0,531	315,297	0,0272	477,758	481,407	3,649	1%
10.00 - 10.30	0,531	315,356	0,0272	607,348	494,213	113,135	19%
10.30 - 11.00	0,537	315,260	0,0273	620,112	607,019	13,093	2%
11.00 - 11.30	0,537	316,505	0,0273	631,282	709,057	77,775	12%
11.30 - 12.00	0,532	317,600	0,0274	634,911	661,543	26,632	4%
12.00 - 12.30	0,533	315,970	0,0273	625,127	572,617	52,509	8%
12.30 - 13.00	0,537	316,094	0,0272	604,148	673,476	69,328	11%
13.00 - 13.30	0,535	315,405	0,0272	588,371	571,085	17,286	3%
13.30 - 14.00	0,531	315,566	0,0272	504,415	501,866	2,548	1%
14.00 - 14.30	0,524	310,763	0,0268	276,038	206,437	69,601	25%
14.30 - 15.00	0,533	313,957	0,0271	388,014	441,087	53,073	14%
15.00 - 15.30	0,522	309,302	0,0267	182,889	154,472	28,416	16%

Lampiran 1.4 Lanjutan Data Perhitungan *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan T_c berdasarkan persamaan 4.3

Waktu	V_{OC} (volt)	Kelvin	V_i (volt)	<i>Irradiance</i> (w/m ²)	<i>Estimasi</i> (w/m ²)	<i>Error in</i> (w/m ²)	<i>Error in</i> %
15.30 - 16.00	0,523	308,908	0,0266	178,719	150,899	27,820	16%
16.00 - 16.30	0,509	307,696	0,0264	128,243	75,187	53,056	41%
16.30 - 17.00	0,505	305,008	0,0263	80,860	3,766	77,094	95%
17.00 - 17.30	0,348	303,991	0,0262	54,806	0,098	54,708	100%
17.30 - 18.00	0,004	301,120	0,0230	5,345	0,000	5,345	100%

Lampiran 1.4 Lanjutan Data Perhitungan *irradiance* berdasarkan nilai V_{oc} dan I_{sc} berdasarkan persamaan 4.4

Waktu	V_{oc} (Volt)	I_{sc} (ampere)	<i>Irradiance</i> (w/m^2)	<i>Estimasi</i> (w/m^2)	<i>Error in</i> (w/m^2)	<i>Error in</i> (%)
06.00-06.30	0,514	0,066	104,873	117,650	12,778	12%
06.30 - 07.00	0,520	0,136	155,143	180,520	25,377	16%
07.00 - 07.30	0,527	0,223	227,699	258,896	31,197	14%
07.30 - 08.00	0,535	0,311	306,962	338,914	31,952	10%
08.00 - 08.30	0,530	0,390	379,921	408,765	28,844	8%
08.30 - 09.00	0,532	0,408	406,196	424,730	18,534	5%
09.00 - 09.30	0,528	0,572	539,653	570,931	31,278	6%
09.30 - 10.00	0,531	0,470	477,758	479,998	2,240	0%
10.00 - 10.30	0,531	0,620	607,348	614,425	7,077	1%
10.30 - 11.00	0,537	0,621	620,112	623,447	3,335	1%
11.00 - 11.30	0,537	0,614	631,282	609,599	21,684	3%
11.30 - 12.00	0,532	0,624	634,911	617,924	16,987	3%
12.00 - 12.30	0,533	0,622	625,127	616,841	8,286	1%
12.30 - 13.00	0,537	0,598	604,148	595,638	8,510	1%
13.00 - 13.30	0,535	0,582	588,371	581,323	7,048	1%
13.30 - 14.00	0,531	0,481	504,415	489,884	14,531	3%
14.00 - 14.30	0,524	0,220	276,038	255,837	20,201	7%
14.30 - 15.00	0,533	0,337	388,014	361,662	26,351	7%
15.00 - 15.30	0,522	0,105	182,889	152,884	30,004	16%
15.30 - 16.00	0,523	0,091	178,719	140,178	38,541	22%
16.00 - 16.30	0,509	0,073	128,243	123,328	4,915	4%
16.30 - 17.00	0,505	0,029	80,860	83,235	2,375	3%
17.00 - 17.30	0,348	0,020	54,806	58,230	3,424	6%
17.30 - 18.00	0,004	0,001	5,345	3,991	1,354	25%

Lampiran 1.5 Hasil *data analysis* regresi linier berganda

SUMMARY OUTPUT	
<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,995490254
R Square	0,991000846
Adjusted R Square	0,990143784
Standard Error	21,50700518
Observations	24
<i>ANOVA</i>	
	<i>df</i>
Regression	2
Residual	21
Total	23
<i>Coefficients</i>	
Intercept	2,663657818
VOC	108,3173442
Isc (ampere)	893,9584317

Lampiran 1.6 Data Perhitunga I_{sc} berdasarkan persamaan 4.1 dan Standar Deviation

Waktu	I		II		III		Standar Deviation
	<i>Isc</i>	<i>Irradiance</i>	<i>Isc</i>	<i>Irradiance</i>	<i>Isc</i>	<i>Irradiance</i>	
	(ampere)	(watt/m ²)	(ampere)	(watt/m ²)	(ampere)	(watt/m ²)	
06.00 - 06.30	0,066	74,157	0,064	71,910	0,069	77,528	2,828
06.30 - 07.00	0,136	152,809	0,134	150,562	0,135	151,685	1,124
07.00 - 07.30	0,223	250,562	0,22	247,191	0,212	238,202	6,389
07.30 - 08.00	0,311	349,438	0,318	357,303	0,309	347,191	5,310
08.00 - 08.30	0,39	438,202	0,373	419,101	0,39	438,202	11,028
08.30 - 09.00	0,408	458,427	0,409	459,551	0,41	460,674	1,124
09.00 - 09.30	0,572	642,697	0,567	637,079	0,573	643,820	3,612
09.30 - 10.00	0,47	528,090	0,504	566,292	0,430	483,146	41,619
10.00 - 10.30	0,62	696,629	0,590	662,921	0,650	730,337	33,708
10.30 - 11.00	0,629	706,742	0,640	719,101	0,620	696,629	11,255
11.00 - 11.30	0,614	689,888	0,611	686,517	0,615	691,011	2,339
11.30 - 12.00	0,624	701,124	0,618	694,382	0,630	707,865	6,742
12.00 - 12.30	0,622	698,876	0,621	697,753	0,623	700,000	1,124
12.30 - 13.00	0,598	671,910	0,588	660,674	0,605	679,775	9,600
13.00 - 13.30	0,582	653,933	0,575	646,067	0,603	677,528	16,373
13.30 - 14.00	0,481	540,449	0,474	532,584	0,510	573,034	21,447
14.00 - 14.30	0,22	247,191	0,187	210,112	0,255	286,517	38,208
14.30 - 15.00	0,337	378,652	0,329	369,663	0,332	373,034	4,541
15.00 - 15.30	0,105	117,978	0,110	123,596	0,102	114,607	4,541
15.30 - 16.00	0,091	102,247	0,092	103,371	0,088	98,876	2,339
16.00 - 16.30	0,073	82,022	0,077	86,517	0,069	77,528	4,494
16.30 - 17.00	0,029	32,584	0,031	34,831	0,027	30,337	2,247
17.00 - 17.30	0,02	22,472	0,015	16,854	0,024	26,966	5,067
17.30 - 18.00	0,001	1,124	0,000	0,000	0,002	2,247	1,124

Lampiran 1.6 Data Perhitungan I_{sc} dan T_c berdasarkan persamaan 4.2 dan Standar Deviation

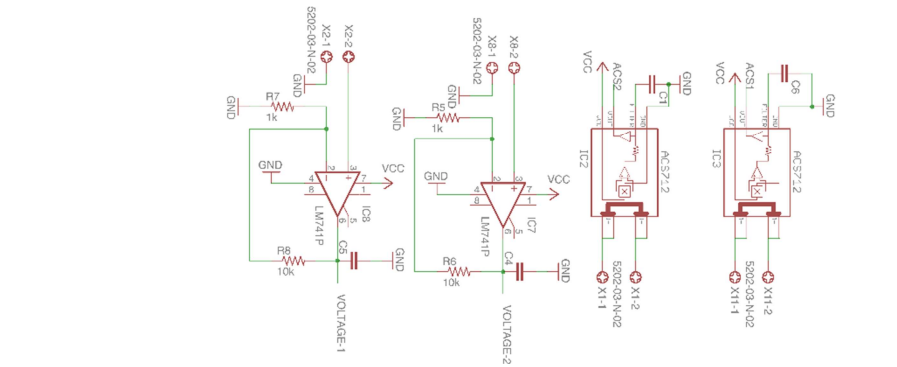
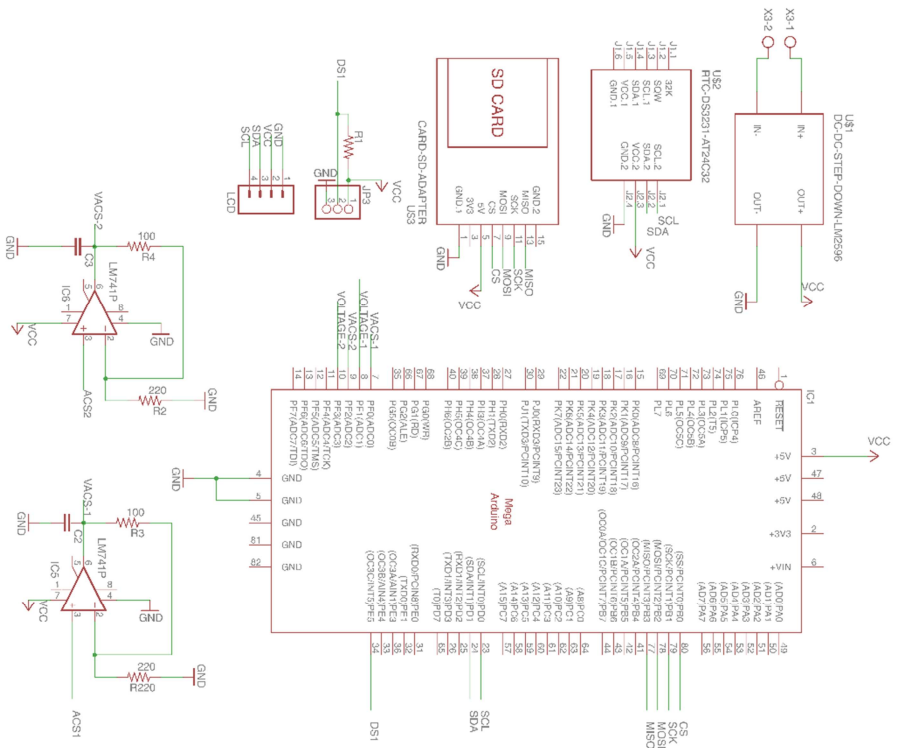
Waktu	I			II			III			Standard Deviation
	I_{sc} (ampere)	T_c Kelvin	Irradiance (watt/m ²)	I_{sc} (ampere)	T_c Kelvin	Irradiance (watt/m ²)	I_{sc} (ampere)	T_c Kelvin	Irradiance (watt/m ²)	
06.00 - 06.30	0,066	307,696	73,331	0,064	305,043	71,330	0,069	307,031	76,724	2,727
06.30 - 07.00	0,136	310,199	150,667	0,134	310,180	148,455	0,135	310,200	149,559	1,106
07.00 - 07.30	0,223	310,763	246,888	0,220	310,560	243,624	0,212	310,420	234,803	6,252
07.30 - 08.00	0,311	311,361	344,075	0,318	311,380	351,812	0,309	311,320	341,879	5,218
08.00 - 08.30	0,390	314,599	429,860	0,373	314,560	411,141	0,390	314,599	429,860	10,807
08.30 - 09.00	0,408	315,063	449,459	0,409	315,070	450,557	0,410	315,100	451,643	1,092
09.00 - 09.30	0,572	315,297	629,953	0,567	315,197	624,519	0,573	315,283	631,064	3,503
09.30 - 10.00	0,470	315,260	517,641	0,504	315,450	554,965	0,430	314,291	474,118	40,463
10.00 - 10.30	0,620	315,405	682,731	0,590	315,211	649,841	0,650	314,300	716,682	33,422
10.30 - 11.00	0,629	315,970	692,189	0,640	318,000	702,646	0,620	315,870	682,364	10,143
11.00 - 11.30	0,614	316,094	675,586	0,611	315,020	673,120	0,615	315,140	677,433	2,164
11.30 - 12.00	0,624	317,600	685,396	0,618	315,120	680,753	0,630	316,220	693,090	6,231
12.00 - 12.30	0,622	316,505	684,063	0,621	314,500	684,548	0,623	314,786	686,526	1,304
12.30 - 13.00	0,598	315,566	658,382	0,588	315,230	647,624	0,605	316,101	665,677	9,082
13.00 - 13.30	0,582	315,356	640,922	0,575	314,230	634,039	0,603	315,120	664,230	15,822
13.30 - 14.00	0,481	315,291	529,737	0,474	312,250	523,870	0,510	315,720	561,397	20,187
14.00 - 14.30	0,220	310,725	243,577	0,187	309,400	207,360	0,255	309,100	282,863	37,762
14.30 - 15.00	0,337	313,957	371,720	0,329	314,120	362,827	0,332	313,130	366,556	4,466
15.00 - 15.30	0,105	309,302	116,445	0,110	310,100	121,877	0,102	309,211	113,130	4,416
15.30 - 16.00	0,091	308,908	100,966	0,092	308,700	102,100	0,088	308,810	97,648	2,313
16.00 - 16.30	0,073	306,459	81,226	0,077	306,000	85,723	0,069	306,000	76,817	4,453
16.30 - 17.00	0,029	305,008	32,323	0,031	306,020	34,511	0,027	306,010	30,058	2,226
17.00 - 17.30	0,020	303,991	22,318	0,015	302,400	16,770	0,024	302,400	26,832	5,040
17.30 - 18.00	0,001	303,861	1,116	0,000	303,000	0,000	0,002	303,000	2,234	1,117

Lampiran 1.7 Data Perhitunga V_{oc} dan T_c berdasarkan persamaan 4.2 dan Standar Deviation

Waktu	I			II			III			Standard Deviation
	V_{oc}	T_c	$Irradiance$	V_{oc}	T_c	$Irradiance$	V_{oc}	T_c	$Irradiance$	
	(volt)	Kelvin	(watt/m ²)	(Volt)	Kelvin	(watt/m ²)	(Volt)	Kelvin	(watt/m ²)	
06.00 - 06.30	0,514	307,696	78,612	0,513	305,043	55,190	0,514	307,031	75,664	12,757
06.30 - 07.00	0,52	310,199	164,437	0,52	310,18	145,893	0,521	310,2	151,859	9,467
07.00 - 07.30	0,527	310,763	231,504	0,527	310,56	199,438	0,528	310,42	203,178	17,534
07.30 - 08.00	0,535	311,361	331,026	0,535	311,38	299,755	0,545	311,32	431,576	68,878
08.00 - 08.30	0,53	314,599	443,68	0,52	314,56	261,554	0,53	314,599	380,051	92,430
08.30 - 09.00	0,532	315,063	459,728	0,531	315,07	419,199	0,532	315,1	436,607	20,331
09.00 - 09.30	0,528	315,297	437,248	0,53	315,197	410,768	0,53	315,283	415,376	14,147
09.30 - 10.00	0,531	315,26	481,407	0,532	315,45	456,840	0,532	314,291	393,050	45,606
10.00 - 10.30	0,531	315,405	494,213	0,532	315,211	442,929	0,531	314,3	379,260	57,588
10.30 - 11.00	0,537	315,97	607,019	0,539	318	817,776	0,538	315,87	601,120	123,419
11.00 - 11.30	0,537	316,094	709,057	0,54	315,02	580,043	0,531	315,14	423,022	143,246
11.30 - 12.00	0,532	317,6	661,543	0,535	315,12	488,824	0,533	316,22	523,379	91,392
12.00 - 12.30	0,533	316,505	572,617	0,531	314,5	389,271	0,532	314,786	419,182	98,364
12.30 - 13.00	0,537	315,566	673,476	0,536	315,23	514,395	0,539	316,101	642,314	84,302
13.00 - 13.30	0,535	315,356	571,085	0,531	314,23	375,814	0,533	315,12	454,145	98,270
13.30 - 14.00	0,531	315,291	501,866	0,522	312,25	207,486	0,525	315,72	365,823	147,330
14.00 - 14.30	0,524	310,725	206,437	0,521	309,4	136,272	0,521	309,1	130,829	42,169
14.30 - 15.00	0,533	313,957	441,087	0,543	314,12	576,898	0,541	313,13	471,259	71,315
15.00 - 15.30	0,522	309,302	154,472	0,519	310,1	139,027	0,507	309,211	78,574	40,112
15.30 - 16.00	0,523	308,908	150,899	0,523	308,7	133,559	0,524	308,81	140,760	8,711
16.00 - 16.30	0,509	306,459	75,187	0,505	306	46,611	0,505	306	46,611	16,499
16.30 - 17.00	0,505	305,008	3,766	0,506	306,02	48,547	0,506	306,01	48,479	25,835
17.00 - 17.30	0,348	303,991	0,000098	0,345	302,4	,060	0,34	302,4	0,050	0,032
17.30 - 18.00	0,004	303,861	0	0,009	303	,0	0,004	303	0,000	0,000

Lampiran 1.8 Data Perhitungan V_{oc} dan I_{sc} berdasarkan persamaan 4.3 dan Standar Deviation

Waktu	I			II			III			Standard Deviation
	<i>Isc</i> (ampere)	<i>Voc</i> Kelvin	<i>Irradiance</i> (watt/m ²)	<i>Isc</i> (ampere)	<i>Voc</i> Kelvin	<i>Irradiance</i> (watt/m ²)	<i>Isc</i> (ampere)	<i>Voc</i> Kelvin	<i>Irradiance</i> (watt/m ²)	
06.00 - 06.30	0,066	0,514	104,873	0,064	0,513	115,440	0,069	0,514	120,018	7,767
06.30 - 07.00	0,136	0,52	155,143	0,134	0,52	178,775	0,135	0,521	179,777	13,942
07.00 - 07.30	0,223	0,527	227,699	0,22	0,527	256,414	0,212	0,528	249,370	14,966
07.30 - 08.00	0,311	0,535	306,962	0,318	0,535	344,888	0,309	0,545	337,926	20,189
08.00 - 08.30	0,39	0,53	379,921	0,373	0,52	392,431	0,39	0,53	408,712	14,436
08.30 - 09.00	0,408	0,532	406,196	0,409	0,531	425,805	0,41	0,532	426,807	11,621
09.00 - 09.30	0,572	0,528	539,653	0,567	0,53	566,942	0,573	0,53	572,306	17,510
09.30 - 10.00	0,47	0,531	477,758	0,504	0,532	510,839	0,43	0,532	444,687	33,076
10.00 - 10.30	0,62	0,531	607,348	0,59	0,532	587,720	0,65	0,531	641,249	27,080
10.30 - 11.00	0,629	0,537	620,112	0,64	0,539	633,176	0,62	0,538	615,189	9,296
11.00 - 11.30	0,614	0,537	631,282	0,611	0,54	607,360	0,615	0,531	609,960	13,125
11.30 - 12.00	0,624	0,532	634,911	0,618	0,535	613,076	0,63	0,533	623,587	10,920
12.00 - 12.30	0,622	0,533	625,127	0,621	0,531	615,324	0,623	0,532	617,220	5,199
12.30 - 13.00	0,598	0,537	604,148	0,588	0,536	586,365	0,605	0,539	601,887	9,681
13.00 - 13.30	0,582	0,535	588,371	0,575	0,531	574,202	0,603	0,533	599,450	12,655
13.30 - 14.00	0,481	0,531	504,415	0,474	0,522	482,938	0,51	0,525	515,445	16,531
14.00 - 14.30	0,22	0,524	276,038	0,187	0,521	226,263	0,255	0,521	287,052	32,389
14.30 - 15.00	0,337	0,533	388,014	0,329	0,543	355,588	0,332	0,541	358,054	18,051
15.00 - 15.30	0,105	0,522	182,889	0,11	0,519	157,212	0,102	0,507	148,760	17,774
15.30 - 16.00	0,091	0,523	178,719	0,092	0,523	141,554	0,088	0,524	138,086	22,525
16.00 - 16.30	0,073	0,509	128,243	0,077	0,505	126,195	0,069	0,505	119,043	4,830
16.30 - 17.00	0,029	0,505	80,86	0,031	0,506	85,181	0,027	0,506	81,605	2,310
17.00 - 17.30	0,02	0,348	54,806	0,015	0,345	53,439	0,024	0,34	60,943	3,997
17.30 - 18.00	0,001	0,004	5,345	0	0,009	3,635	0,002	0,004	4,881	0,884



Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

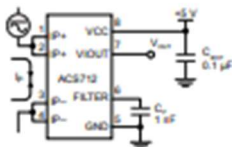
The Allegro[®] ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(O)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

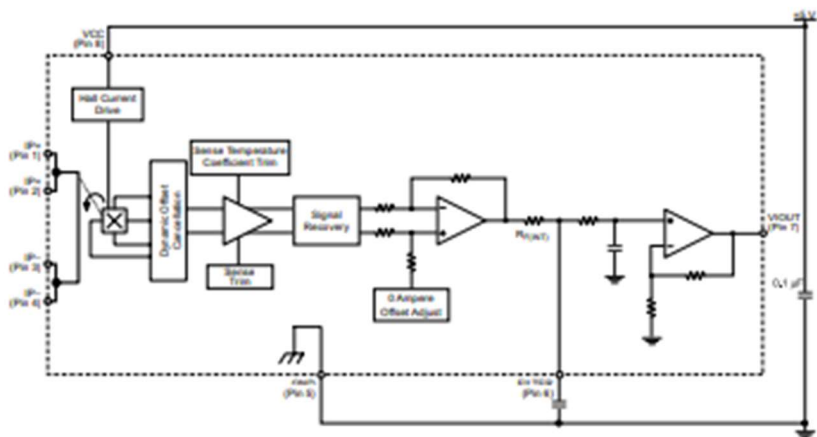
Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_p , within the range specified. C_2 is recommended for noise management, with values that depend on the application.

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_{OP} , $C_T = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{CC} = 11$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	–	V
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{OUT} = 1.2$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{OUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{OUT} to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
RMS Isolation Voltage	$V_{ISOL(RMS)}$	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	–	–	V
DC Isolation Voltage	$V_{ISOL(DC)}$	Pins 1-4 and 5-8; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	5000	–	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3	–	μs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	7	–	μs
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	50	–	–	KHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	± 1	± 1.5	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Magnetic Offset Error	V_{ERROR}	$I_P = 0$ A, after excursion of 5 A	–	0	–	mV
Clamping Voltage	V_{OH}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. +110	mV
	V_{OL}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.0625$	Typ. +110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$		–	1.7	–	k Ω

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

² $I_G = 0.1$ mA.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

	Min.	Typ.	Max.	Units		
Operating Internal Leadframe Temperature	T_{OP}	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board	–	–	5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board	–	–	23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1820 1-Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

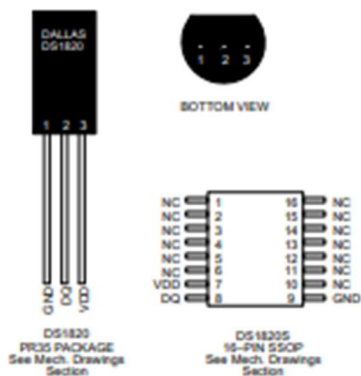
- Unique 1-Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is -67°F to $+257^{\circ}\text{F}$ in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9-bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9-bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

GND	– Ground
DQ	– Data In/Out
VDD	– Optional VDD
NC	– No Connect

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

2. TECHNICAL DATA

2.1 SPECIFICATIONS OF CM 21 PYRANOMETER ACCORDING TO ISO 9060 LISTING

Spectral range:	305-2800 nm (50% points) 335-2200 nm (95% points)
Sensitivity:	between 7 and 17 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$
Impedance:	40 -100 Ohm
Response time:	5 s (95% response) 1.6 s (83% response)?
Non-linearity:	$< \pm 0.2\%$ ($< 1000 \text{ W/m}^2$)
Spectral selectivity:	$\pm 2\%$
Temperature dependence of sensitivity:	$< \pm 1\%$ (-20°C to +50°C)
Directional error:	$< \pm 10 \text{ W/m}^2$ (beam 1000 W/m^2)
Tilt error:	$< \pm 0.2\%$ (beam 1000 W/m^2)
Zero-offset due to FIR	$< 7 \text{ W/m}^2$ at 200 W/m^2 net thermal (Ventilated) radiation
Zero-offset due to temp. Changes:	$< 2 \text{ W/m}^2$ at 5 K/h temp. change
Operating temperature:	-40°C to +80°C
Viewing angle:	$2 \pi \text{ sr}$

Max. irradiance:	0 - 4000 W/m ²
Non-stability:	< ± 0.5% sensitivity change per year
Cosine response:	max. ± 2% deviation from ideal at 60° solar zenith angle in any azimuth direction. max. ± 6% deviation from ideal at 80° solar zenith angle in any azimuth direction.

Construction

Receiver paint:	Carbon black
Quartz domes:	Schott K5 optical glass 2 mm thick, 30 mm and 50 mm outer diameter
Desiccant:	Silica gel
Spirit level:	Sensitivity 0.1 degree (bubble half out of the ring) Integral with base of instrument. Detector surface and base are coplanar within 0.1°
Materials:	Anodised aluminium case Aluminium levelling screws Stainless steel screws etc. White plastic screen, ASA Drying cartridge, PMMA
Weight:	930 g
Cable length:	10 m
Dimensions:	W x H 150 x 95 mm. See figure 2

CM 21 specifications compared against the WMO 1996 qualification classes are shown in appendix I.

--halaman ini sengaja dikosongkan--

RIWAYAT HIDUP



Putra Arif Wardhana lahir di Pati 31 Oktober 1994. Menempuh pendidikan SD di SD Sidokerto 03 Pati, SMP di SMPN 3 Pati, SMA di SMAN 1 Pati . Selanjutnya menempuh pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di D3 Teknik Elektro Otomasi dan lulus pada 2015. Kemudian melanjutkan S1 jurusan Teknik Elektro Teknik Sistem Tenaga di kampus yang sama dan lulus pada 2020.

Riwayat organisasi pernah menjadi Staf dan Kepala Departemen Kominfo di HIMAD3TEKTRO FTI-ITS. Memiliki ketertarikan yang kuat dalam bidang engineering .Penulis dapat dihubungi melalui Email dengan alamat putraarifw@gmail.com

