

**ANALISA PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI  
SUMBER ENERGI PADA MESIN Pengeruk  
SAMPAH OTOMATIS**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :  
YOHANNES SINAGA  
12 813 0019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2018**

**ANALISA PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI  
SUMBER ENERGI PADA MESIN Pengeruk  
SAMPAH OTOMATIS**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
YOHANNES SINAGA  
12 813 0019**

**Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2018**

## Lembar Pengesahan


Judul Skripsi : Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai  
Sumber Energi Pada Mesin Pengeruk Sampah  
Otomatis


Nama : Yohannes Sinaga

NPM : 12 813 0019

Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
Ir. H. Amirsyam Nasution, MT  
Pembimbing 1

  
Ir. Amrinsyah, MM  
Pembimbing 2

  
Dr. Faisal Tanjung, S.ST, MT  
~~Dr. Ir. Amrinsyah Ginting, M.Eng~~  
DEKAN

  
Bobbi Sihot, ST, MT  
Ketua Jurusan

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian - bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, Juni 2018

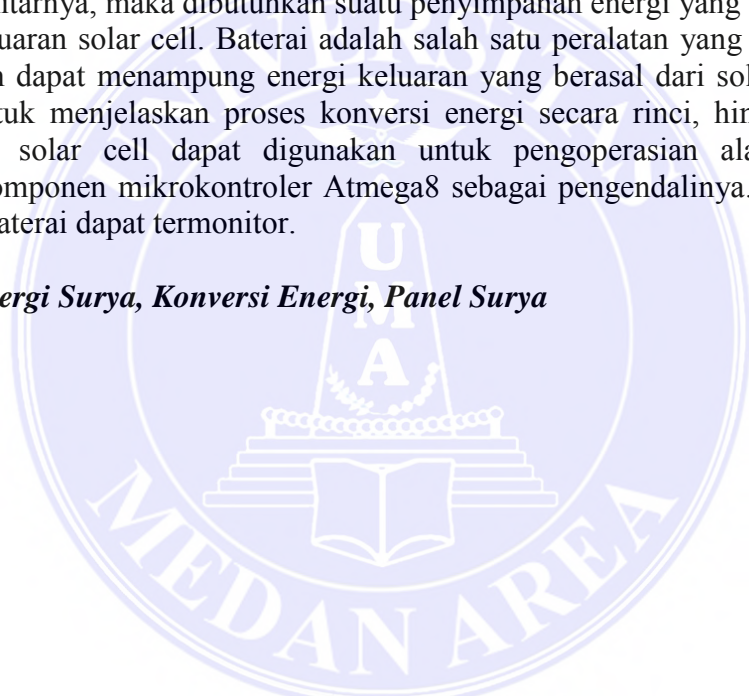
Yohannes Sinaga  
12.813.0019

## ABSTRAK

Judul Tugas Akhir ini “Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Mesin Pengeruk Sampah Otomatis”. Alat ini merupakan prototype mesin pengeruk sampah otomatis, yang mengaplikasikan solar cell sebagai sumber energi untuk pengoperasiannya, yakni dengan proses konversi energi.

Salah satu permasalahan dalam bidang energi listrik adalah keterbatasan sumber energi fosil yang merupakan sumber utama penghasil energi listrik di Indonesia. Untuk mengurangi dampak ketergantungan listrik terhadap ketersediaan bahan bakar fosil ini, maka dibutuhkan sumber energi listrik baru yang dapat diperbaharui. Solar cell merupakan salah satu sumber penghasil energi listrik yang bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas, dan ramah lingkungan. Dikarenakan sumber dari solar cell ini adalah matahari, maka keluaran dari solar cell ini pun tidak stabil, karena berubah-ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi dan lingkungan disekitarnya, maka dibutuhkan suatu penyimpanan energi yang dapat menampung energi listrik keluaran solar cell. Baterai adalah salah satu peralatan yang dapat menyimpan energi listrik dan dapat menampung energi keluaran yang berasal dari solar cell. Penelitian dilaksanakan untuk menjelaskan proses konversi energi secara rinci, hingga energi listrik yang dihasilkan solar cell dapat digunakan untuk pengoperasian alat. Alat ini juga menggunakan komponen mikrokontroler Atmega8 sebagai pengendalinya. Agar energi listrik yang masuk ke baterai dapat termonitor.

**Kata kunci : Energi Surya, Konversi Energi, Panel Surya**





## **ABSTRACT**

*The title of this final project is “The Analysis towards The Use of Solar Energy as The Energy Source in Automatic Garbage Dredging Machine”. This machine is a prototype of an automatic garbage dredging machine which applies solar cell as the energy source to operate; that is by a process of energy conversion.*

*One of big problems happening in electrical energy field is about the limited sources of fossil energy which in this case appears as the main electrical energy source in Indonesia. In order to reduce the impact of electricity dependence on the fossil fuels availability, It is a need to get a new source of renewable electrical energy. Solar cell is one of electrical energy sources which comes from the unlimited sun light, and of course it is environmentally friendly. And since the solar cell itself is about the sun, its output is possible to be unstable because it changes based on the climate change that happens around it. So, the best solution in this case is an energy storage to hold the electrical energy from the solar cell. Batteries are perfect tools to keep electrical energy and also to hold output energy from the solar cell. This research was done to explain the process of energy conversion in details, so that the electrical energy produced by the solar cell can be used to operate the machine. This machine also uses microcontroller Atmega8 component as the controller so that the electrical energy that comes in it can be totally monitored.*

**Keywords : Solar Energy, Energy Conversion, Solar Cell**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, pengetahuan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah **“ANALISA PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA MESIN Pengeruk Sampah Otomatis”**. Tugas Akhir ini disusun guna menyelesaikan Program Pendidikan Strata 1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, baik moral maupun materil dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberi do'a, semangat, dan dukungan secara moril maupun material.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Ir.H.Amirsyam Nasution, MT selaku pembimbing untuk Tugas Akhir ini. Yang telah memberikan banyak masukan berupa kritik dan nasihat, serta banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai.

5. Bapak Ir. Amrinsyah, MM selaku pembimbing untuk Tugas Akhir ini. Yang telah memberikan banyak kritik dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini sampai selesai.
6. Bapak Bobby Umroh, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
7. Bapak Ir. Darianto, Msc, Selaku Dosen Penasehat Akademik.
8. Seluruh staff pengajar Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak memberikan pembekalan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
9. Rekan-rekan kelas terkhusus untuk teknik mesin angkatan 2012 yang telah banyak memberikan kenangan manis berupa persahabatan dan kekeluargaan yang baik dan kerjasama dalam beberapa kesempatan.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam pembuatan Tugas Akhir ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini nantinya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun bagi dunia usaha dan pemerintah.

Akhirnya penulis kembali mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sehingga dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Medan, Juni 2018

Hormat Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ABSTRAK .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II. DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Sel Surya .....	6
2.2 Sejarah Sel Surya .....	6
2.3 Jenis – Jenis Panel Surya .....	9
2.4 Aplikasi Tenaga Surya .....	12
2.5 Keuntungan Menggunakan Panel Surya .....	13

2.6	Spesifikasi Solar Cell Polycrystalline 20 WP .....	14
2.7	Struktur Dan Cara Kerja .....	15
2.8	Struktur Sel Surya .....	16
2.9	Cara Kerja Sel Surya .....	18
2.10	Proses Konversi Dan Aplikasi .....	20
2.11	Distribusi Energi Listrik Dari Solar Cell Ke Baterai .....	28
2.12	Proses Penyerapan Dan Penyuplaian Energi Matahari .....	29
2.13	Perancangan Dan Realisasi .....	30
2.13.1	Modul Sel Surya .....	30
2.13.2	Modul Baterai .....	31
2.13.3	Modul Microcontroller .....	32
<b>BAB III.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1	Metode Penelitian .....	33
3.2	Termometer Digital.....	34
3.3	Anemometer.....	34
3.4	Multimeter Digital .....	35
3.5	Solar Power Meter .....	35
3.6	Blok Diagram Proses Kerja .....	36
3.7	Flow chart Sistem Kerja Alat.....	37
<b>BAB IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1	Tujuan Pengujian Alat .....	39
4.2	Prosedur Pengambilan Data .....	39

4.3	Perhitungan Solar Cell .....	40
4.3.1	Perhitungan energi surya yang datang (Pin) .....	40
4.3.2	Besar energi yang Dihasilkan Solar Cell (Pout) .....	40
4.3.3	Besar Efisiensi .....	41
4.3.4	Grafik Pengujian Intensitas Terhadap Waktu Dengan kemiringan Panel 30° Ke Arah Timur .....	41
4.3.5	Data Pengujian Intensitas Terhadap Waktu Dengan kemiringan Panel 30° Ke Arah Timur .....	42
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>43</b>
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	43
<b>Daftar Pustaka.....</b>		<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Keunggulan Dari Tiap Jenis Panel Surya .....	11
Tabel 2.1 Spesifikasi Solar Cell Polycrystalline 20 WP .....	14



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya .....	15
Gambar 2.2	Struktur dari sel suryamenggunakan material silikon .....	16
Gambar 2.3	Junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n .....	18
Gambar 2.4	Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction .....	19
Gambar 2.5	Penggunaan panel surya pada satelit luar angkasa .....	20
Gambar 2.6	Jenis semikonduktor .....	21
Gambar 2.7	Semikonduktor jenis <i>p</i> dan <i>n</i> sebelum disambung .....	22
Gambar 2.8	Semikonduktor jenis <i>p</i> dan <i>n</i> sesudah disambung.....	23
Gambar 2.9	Elektron dari semikonduktor <i>n</i> bersatu dengan hole .....	23
Gambar 2.10	Penarikan kembali hole ke semikonduktor <i>p</i> dan elektron ke semikonduktor <i>n</i> .....	24
Gambar 2.11	Proses konversi energi matahari ke energi listrik .....	25
Gambar 2.12	Foto generasi electron hole .....	26
Gambar 2.13	Pergerakan electron dapat menyalakan lampu .....	27
Gambar 2.14	Sistem kerja panel surya .....	29
Gambar 2.15	Modul Cell Surya Polycrystalline .....	30
Gambar 2.16	Modul Baterai .....	31
Gambar 2.17	Microcontroller ATmega8 .....	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Kerja .....	33
Gambar 3.2	Termometer Digital .....	34
Gambar 3.3	Anemometer .....	34
Gambar 3.4	Multimeter Digital .....	35
Gambar 3.5	Solar Power Meter .....	35
Gambar 3.6	Flow chart Sistem Kerja Alat .....	37



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin berkembang pesat dewasa ini telah mampu menyentuh seluruh aspek kehidupan masyarakat, dari perkotaan sampai pedesaan. Tuntutan teknologi membawa manusia berpikir untuk menciptakan sesuatu yang baru. Berbagai program telah diterapkan oleh pemerintah Indonesia untuk membawa masyarakat ke kondisi tersebut, salah satunya mendorong pengembangan teknologi tepat guna di berbagai bidang, seperti pengadaan sarana dan prasarana untuk kepentingan masyarakat dan demi terciptanya lingkungan yang bersih. Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber aktivitas manusia maupun proses alam.

Sampah merupakan masalah di semua negara di dunia, sampah ada yang mudah terurai ada juga yang sulit terurai sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran tanah dan air, yang tentunya akan bermasalah dengan kesehatan lingkungan di sekitarnya. Untuk menjawab hal tersebut, hal yang paling dibutuhkan adalah kreativitas agar dapat menciptakan inovasi – inovasi terkait teknologi. Namun yang menjadi masalah besar saat ini yaitu ketersediaan sumber energi listrik yang menjadi kebutuhan utama di masyarakat.

Terbatasnya sumber energi fosil sebagai penghasil energi listrik telah mendorong penelitian dan pengembangan ke arah penggunaan sumber energi alternatif salah satunya adalah sumber energi matahari. Pemakaian energi surya di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik, mengingat bahwa secara geografis sebagai negara tropis, melintang di garis katulistiwa memiliki potensi energi surya yang cukup baik. Pemanfaatan Tenaga Surya melalui konversi Photovoltaic telah banyak diterapkan antara lain penerapan sistem individu dan sistem hybrid yaitu sistem penggabungan antara sumber energi konvensional dengan sumber energi terbarukan.

Sel surya ini akan menghasilkan listrik searah (DC) apabila permukaannya terkena sinar matahari dengan intensitas tertentu. Potensi dari sumber energy matahari dapat memberikan sumbangan yang besar bila dapat dimanfaatkan

secara optimal dengan mendesain suatu sistem pengubah energi yang dapat mensuplai kebutuhan energi. Penggunaan sumber energi matahari ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain tersedianya sumber energi yang cuma-cuma, ramah lingkungan sehingga bebas polusi dan tak terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian yang lebih detail untuk memahami sistem listrik yang berasal dari sumber energi matahari ini.

Satu masalah yang muncul pada penggunaan energi matahari ini adalah energi yang dihasilkan berubah-ubah tergantung pada musim dan lingkungan. Hal ini akan sangat dirasakan pada daerah-daerah dimana intensitas mataharnya berubah-ubah secara ekstrim. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem penyimpanan energi yaitu accumulator atau baterai. Energi matahari yang dihasilkan dari matahari dapat digunakan untuk mencharging daya ke accumulator untuk selanjutnya dari accumulator tersebut dapat digunakan langsung.

Berdasarkan hal tersebut diatas, peneliti merancang suatu alat pengeruk sampah otomatis menggunakan panel surya yang dilengkapi charger otomatis untuk mengisi baterai sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem ini terdiri dari sel surya (solar cell) sebagai penghasil energi listrik, mikrokontroler ATmega8 sebagai pengendali, baterai, dan inverter. Peneliti berupaya untuk menciptakan suatu sumber tenaga listrik mandiri sebagai sumber tenaga untuk mengoperasikan mesin pengeruk sampah otomatis. Dengan mendesain mesin pengangkut sampah yang dapat ditempel pada perahu dan mudah untuk dioperasikan. Karena dana penelitian yang disiapkan dalam penelitian ini sangat terbatas maka desain mesin pengangkut sampah ini didesain dalam kapasitas angkut yang kecil.

## **1.2 Batasan Masalah**

Penelitian ini hanya berfokus pada pemanfaatan energi surya menggunakan solar cell sebagai media untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik sebagai energi alternatif untuk pengoperasian mesin.

Penelitian ini bergantung pada cuaca yang dapat menentukan seberapa maksimal kinerjanya.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini menitik beratkan pada pembahasan:

1. Pemanfaatan energi surya untuk menggerakkan mesin pengeruk sampah otomatis.
2. Meneliti proses konversi energi matahari ke energi listrik.
3. Meneliti pengaruh perubahan intensitas cahaya dan suhu terhadap arus dan tegangan Solar Cell.
4. Menggunakan panel Solar Cell jenis *polycrystalline* berkapasitas 20 WP, arus maksimum 1 Ampere dan tegangan 8 - 20 Volt.
5. Menggunakan baterai 12 volt sebagai tempat penyimpanan arus listrik pada saat Solar Cell mendapat energi dari sinar matahari.
6. Apa yang menjadi keunggulan dan kelemahan penggunaan solar cell jenis ini

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan energi matahari melalui proses konversi energi yang terjadi pada panel surya, yakni proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Lalu membuat sistem solar cell menggunakan baterai sebagai salah satu upaya menghemat penggunaan energy listrik, sehingga energi matahari dapat menjadi sumber energi listrik mandiri yang dapat digunakan secara cuma-cuma untuk kebutuhan pengoperasian mesin pengeruk sampah otomatis, dengan harapan prototype ini dapat beroperasi dengan sendirinya tanpa bantuan tenaga manusia.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Bagi Mahasiswa

Sebagai sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan tentang energi baru dan terbarukan, serta mengembangkan potensi diri dalam mengembangkan ilmu mendesain, menganalisa, dan mewujudkan dalam sebuah model dari suatu alat atau prototype, sekaligus untuk mendalami dan memanfaatkan ilmu mengenai energy terbarukan.

Bagi Masyarakat

Sebagai solusi alternatif yang dapat membantu masyarakat untuk mengenal dan mulai mengaplikasikan energi surya di rumah tinggal.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, jadwal penelitian, dan analisis data.

### **BAB 2 : DASAR TEORI**

Berisikan tentang teori dasar yang bersangkutan tentang judul yang diangkat menjadi skripsi.

### **BAB 3 : METODE PENELITIAN**

Membahas tentang langkah-langkah penelitian dan juga tentang pembuatan sistem serta prinsip kerja.

### **BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan tentang hasil-hasil pengujian dan pengukuran dari penelitian.

### **BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN**

Membuat kesimpulan dan saran yang didapat dalam pembahasan masalah.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Sel Surya**

Sel surya pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaik sehingga dapat menghasilkan daya sebesar mungkin. Sel surya mempunyai pengertian yaitu suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Pengertian tersebut berdasarkan irisan sel surya yang terdiri dari bahan semi konduktor positif dan negatif dengan ketebalan minimum 0,3 mm, yang apabila suatu cahaya jatuh padanya, maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan sehingga menimbulkan suatu arus searah. Silicon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin sebagai terminal keluaran positif. Di bawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

#### **2.2 Sejarah Sel Surya**

Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek photovoltaik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Efek photovoltaic pertama kali dikenali pada tahun 1839 oleh Fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Akan tetapi, sel surya yang pertama dibuat baru pada tahun 1883 oleh Charles Fritts, yang melingkupi semikonduktor selenium dengan sebuah lapisan emas yang sangat tipis untuk membentuk sambungan-sambungan. Alat tersebut hanya memiliki efisiensi 1%. Russell Ohl mematenkan sel surya modern pada tahun 1946 (U.S. Patent 2,402,662, "Light Sensitive Device"). Masa emas teknologi tenaga surya tiba pada tahun 1954 ketika Bell Laboratories, yang bereksperimen dengan semikonduktor, secara tidak disengaja menemukan bahwa silikon yang didoping dengan unsur lain menjadi sangat sensitif terhadap cahaya. Hal ini menyebabkan dimulainya proses produksi sel surya praktis dengan kemampuan konversi energi surya sebesar sekitar 6



persen. Pertama kali penggunaan sel surya diperuntukkan bagi satelit-satelit ruang angkasa pada tahun 1958, dikarenakan ringan dan dapat diandalkan, tahan lama dan energi matahari di angkasa lebih besar dari bumi. Tapi penggunaan sel Surya pada masyarakat umum belum begitu meluas dikarenakan mahalnya biaya untuk instalasinya.

Solar cell adalah divais yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell bergantung pada penyinaran matahari. Pada solar cell ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi ke elektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah ke rangkaian luar. Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari solar cell. Umumnya, divais dari solar cell ini menggunakan prinsip PN junction. Pada pelaksanaannya, sel surya tidak dipakai sendirian, tetapi biasanya dirakit menjadi Modul Surya. Modul Surya (fotovoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.

Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film.

Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi. Modul photovoltaic tersusun dari beberapa sel photovoltaic yang dihubungkan secara seri dan paralel.

Pemanfaatan energi surya mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan cuma-cuma
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah diinstalasi dan diperbesar kapasitasnya
3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan ditempat terpencil
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO<sup>2</sup> serta emisi gas buang lainnya

Pada sistem ini menggunakan solar cell jenis *polycrystalline* dengan kapasitas 20 WP (Wattpeak) yang akan menghasilkan tegangan antara 8-20V dengan arus maksimal 1A. Penggunaan solar cell 20 WP ini dipilih karena tegangan dan arus yang dihasilkan sudah cukup digunakan untuk melakukan pengisian pada accu dan efisien terhadap penggunaannya pada motor DC.

Pada solar cell ini, tegangan dan arus yang dihasilkan sangat berpengaruh pada intensitas cahaya matahari. Hal ini juga sangat berpengaruh terutama pada arus yang dihasilkan oleh solar cell. Maka dari itu, karena keterbatasan arus yang dihasilkan oleh solar cell, maka arus pengisian pada accu pun tidak bisa maksimal.

### 2.3 Jenis – Jenis Panel Surya

Panel surya terdiri dari susunan sel surya yang dihubungkan secara seri. Sel surya berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya umumnya dibuat dari silikon yang merupakan bahan semikonduktor. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Karena itu, pada saat pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan). Panel Surya type terbaru mempunyai daya 130 Wattpeak/m<sup>2</sup> .

**Berikut beberapa jenis panel surya :**

### **1. Polikristal (Poly-crystalline)**

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Jenis ini biasanya terdiri dari 28 – 36 sel surya dengan ukuran panjang 8,5 cm, lebar 5 cm, dan ketebalan 0.3 mm untuk satu keping selnya.

### **2. Monokristal (Mono-crystalline)**

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

### **3. Amorphous**

*Amorphous silicon* (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel surya photovoltaik pada kalkulator. Meskipun kemampuannya lebih rendah dibandingkan sel surya jenis c-Si, hal ini tidak penting pada kalkulator, yang memerlukan energi yang kecil.

### **4. Thin Film Photovoltaic**

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction* PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

Wattpeak menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan pada kondisi radiasi matahari 1000 W/m<sup>2</sup> dan suhu panel 25°C. Panel surya diproduksi dalam berbagai ukuran (daya terpasang). Konstruksi panel surya terdiri dari susunan sel surya, tutup kaca, bingkai Aluminium khusus dan soket. Panel surya memiliki usia yang relatif panjang yaitu minimal 20 tahun, dan umumnya supplier panel surya memberi garansi out put power hingga 10-25 tahun. saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

Dengan menambah panel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Contohnya ukuran a cm x b cm menghasilkan listrik DC (Direct Current) sebesar x Watt per hour/ jam.

### **Tabel 1.1 Perbandingan keunggulan dari tiap jenis panel surya**



	Efesiensi Perubahan Daya	Daya Tahan	Biaya	Keterangan	Penggunaan
<b>Mono</b>	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Kegunaan Pemakaian Luas	Sehari-hari
<b>Poly</b>	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Cocok untuk produksi massal di masa depan	Sehari-hari
<b>Amorphous</b>	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik	Bekerja baik dalam pencahayaan fluorescent	Sehari-hari & perangkat komersial (kalkulator)
<b>Compound (GaAs)</b>	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik	Berat & Rapuh	Pemakaian di luar angkasa



## 2.4 Aplikasi tenaga surya

Tenaga surya yang diserap bumi adalah sebanyak 120 ribu terawatt. Pada prinsipnya tenaga surya sebagai pembangkit listrik dengan dua cara:



-Produksi uap dengan ladang cermin yang digunakan untuk menggerakkan turbin.  
Pembangkit listrik tenaga surya besar.

-Mengubah sinar surya menjadi listrik dengan panel surya / *solar cell* photovoltaik. Pembangkit listrik tenaga surya portabel / kecil.

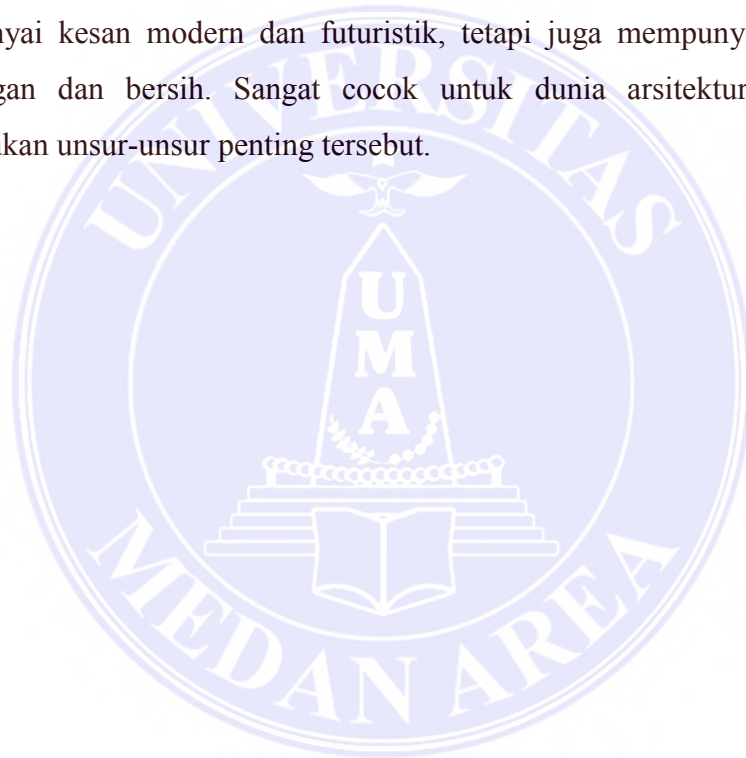
Tenaga surya dapat diaplikasikan sebagai berikut:

1. Tenaga surya untuk penerangan di rumah.
2. Tenaga surya untuk penerangan lampu jalan (PJU)
3. Tenaga surya untuk penerangan lampu taman
4. Tenaga surya sebagai sumber listrik untuk kamera CCTV.
5. Tenaga surya sebagai sumber listrik untuk instalasi wireless (WIFI), radio pemancar, perangkat komunikasi.
6. Tenaga surya untuk perangkat signal kereta api, kapal.
7. Tenaga surya untuk rumah walet, irigasi, pompa air.
8. Tenaga surya sebagai portable power supply
9. Tenaga surya sebagai pemanas untuk menggerakkan turbin sebagai pembangkit listrik tenaga surya seperti di Nevada Amerika.
10. Tenaga surya sebagai sumber tenaga untuk perangkat satelit.

## 2.5 Keuntungan Panel Surya

Mampu menyuplai listrik untuk lokasi yang belum dijangkau jaringan listrik PLN sehingga dapat digunakan untuk daerah yang terpencil. Listrik surya merupakan solusi yang cepat, karena proses instalasi yang relatif cepat untuk menghasilkan listrik penerangan dan lain-lain. Tenaga Surya merupakan energi

yang sangat bersih, karena sifatnya secara fisika dapat Meng-absorpsi UV radiasi (dari matahari), tidak menghasilkan emisi sedikitpun, tidak menimbulkan suara berisik dan tidak memerlukan bahan bakar yang perlu dibeli setiap harinya. Sistem tenaga Surya sudah terbukti handal lebih dari 50 tahun mendukung program luar angkasa, dimana tidak ada sumber energi lain, tidak juga nuklir, yang mampu bertahan dalam keadaan ekstrim di luar angkasa. Panel Surya merupakan salah satu alat yang dapat memanfaatkan potensi energi radiasi matahari sebesar 4,8 Kwh/ m<sup>2</sup> / hari (\* Data BPPT tahun 2005) yang merupakan potensial daya yang cukup besar dan belum maksimal dimanfaatkan di Indonesia Panel Surya mempunyai kesan modern dan futuristik, tetapi juga mempunyai kesan peduli lingkungan dan bersih. Sangat cocok untuk dunia arsitektur modern yang memadukan unsur-unsur penting tersebut.



## 2.6 Spesifikasi Panel Solar Cell *Polycrystalline* 20 WP

Panel Surya 20 WP *Polycrystalline* adalah Modul Solar Cell dengan efisiensi terbaik, menggunakan sel surya dengan lapisan SiN yang memberikan solusi kebutuhan listrik pedesaan bahkan perkotaan untuk solusi penghematan energi listrik dan aplikasi lainnya seperti *Solar Home System*, Pompa Air Tenaga Surya, CCTV Tenaga Surya atau juga PLTS Terpusat. Modul Solar Cell 20 WP menawarkan peningkatan efisiensi melalui penggunaan sel *Polycrystalline* terbaru, sehingga ideal untuk aplikasi pengisian daya baterai. Hal ini terbukti

kinerja pada suhu tinggi dan desain yang kuat yang membuat produk tahan lama di lapangan dan mudah untuk pemasangan.

Spesifikasi	Keterangan
Tenaga Maksimal (Pmax)	20 WP
Tegangan maksimal (Vmp)	17.2 V
Arus Maksimal (Imp)	1.16 A
Tegangan circuit terbuka (Voc)	21.6 V
Hubungan Arus Pendek (Isc)	1.3 A
Suhu Nominal Operasi Sel (NOCT)	45±2°C
Tegangan Maksimal Sistem	1000 V
Sekering Seri Maksimal	16 A
Berat	2.0 Kg
Ukuran	530 x 350 x 25 mm

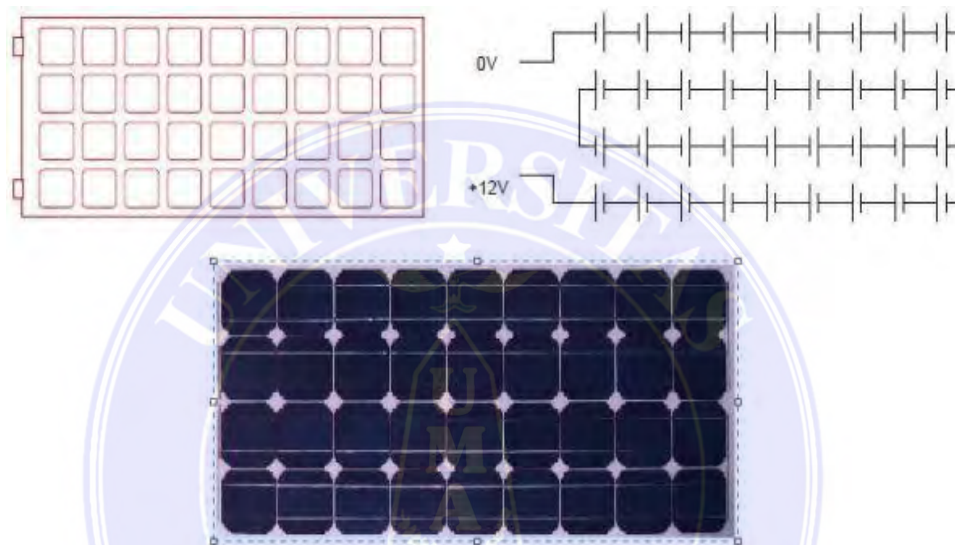
Tabel 2.1 Spesifikasi Solar Cell *Polycrystalline* 20 WP

## 2.7 Struktur Dan Cara kerja

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc

sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar dibawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.

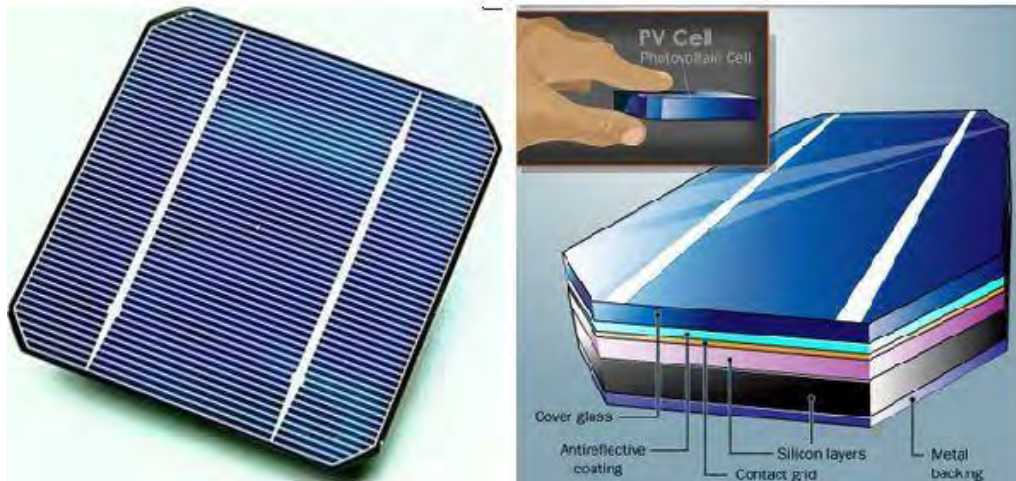


Gambar 2.1 Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output

## 2.8 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains&teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula (Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya : Jenis-jenis teknologi”). Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).





Gambar 2.2 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

### 1. Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

### 2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$  (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti  $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$  (CZTS) dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (copper oxide).



Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

### 3. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

### 4.Lapisan anti reflektif

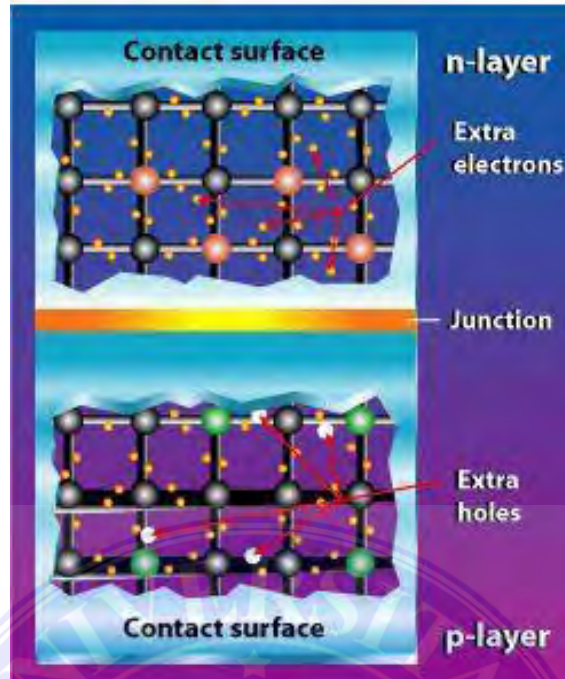
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

### 5.Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

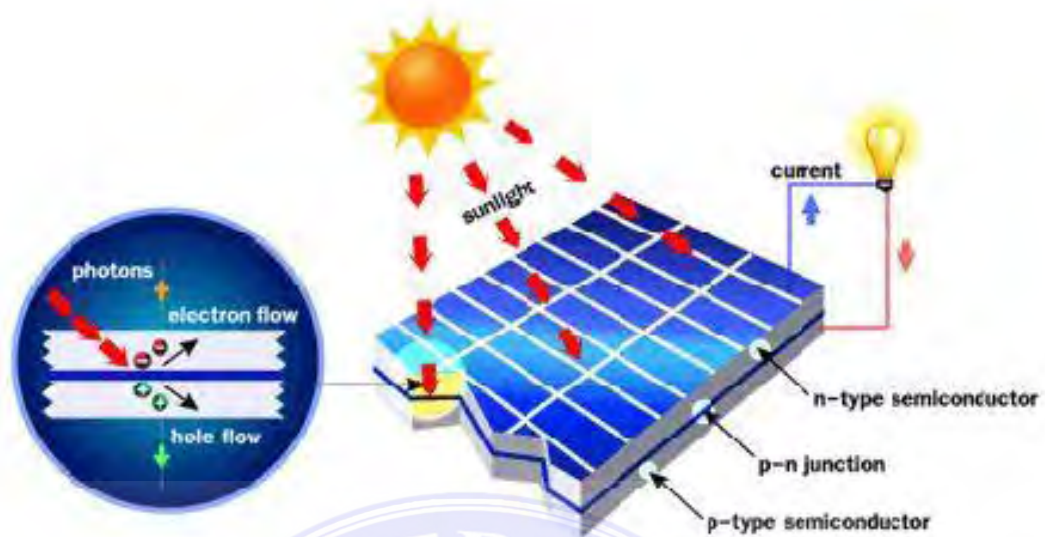
## 2.9 Cara Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.3 Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.



Gambar 2.4 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

## 2.10 Proses Konversi, Aplikasi dan Sel Surya

### Cara Pemanfaatan Energi Surya

Sel surya/*solar cell*, *photovoltaic*, atau fotovoltaiik sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam atau batu bara, tidak pula dengan menempuh jalan reaksi fisi nuklir. Sel surya mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari, sejak dari Maroko hingga Merauke, dari Moskow hingga Johannesburg, dan dari pegunungan hingga permukaan laut.



Gambar 2.5 Penggunaan panel surya pada satelit luar angkasa

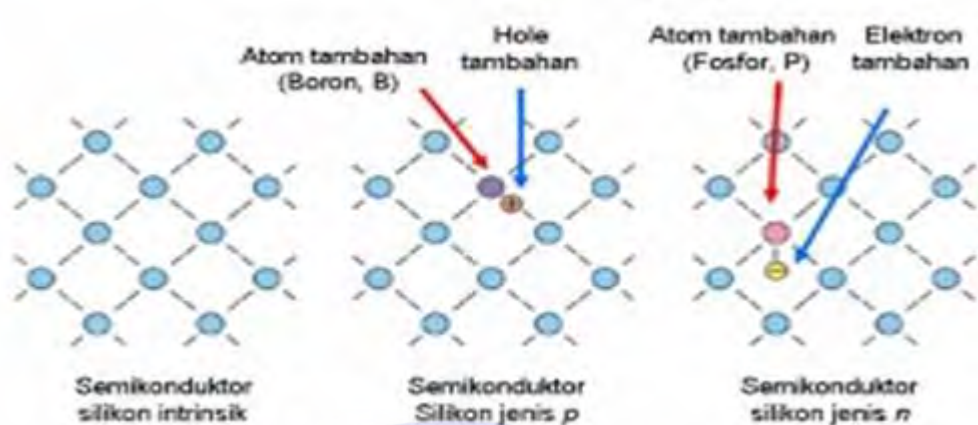
Sel surya dapat digunakan tanpa polusi, baik polusi udara maupun suara, dan di segala cuaca. Sel surya juga telah lama dipakai untuk memberi tenaga bagi semua satelit yang mengorbit bumi nyaris selama 30 tahun. Sel surya tidak memiliki bagian yang bergerak, namun mudah dipindahkan sesuai dengan kebutuhan. Semua keunggulan sel surya di atas disebabkan oleh karakteristik khas sel surya yang mengubah *cahaya* matahari menjadi listrik secara *langsung*.

### 1. *Proses konversi*

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas *dua* jenis semikonduktor; yakni jenis *n* dan jenis *p*.

Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (*n* = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan *p* (*p* = positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.





Gambar 2.6 Jenis semikonduktor

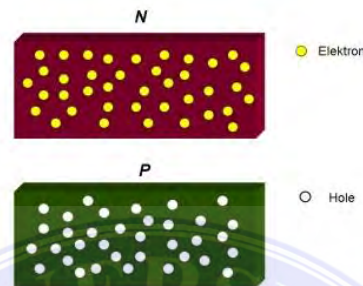
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

Misal semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis *p*, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si. Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis *n* dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan *doping* yang jumlahnya tidak lebih dari 1 % dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-*doping*.



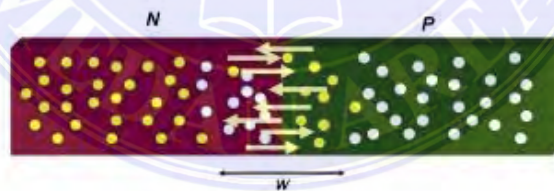
Dua jenis semikonduktor  $n$  dan  $p$  ini jika disatukan akan membentuk sambungan  $p-n$  atau dioda  $p-n$  (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / *metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis  $p$  dan  $n$  sebelum disambung.



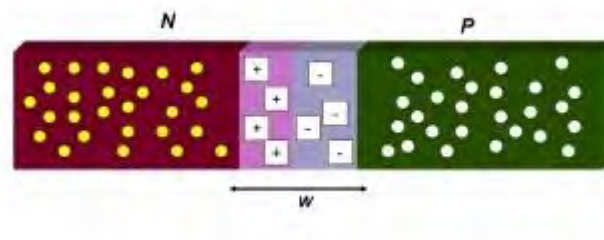
Gambar 2.7 Semikonduktor jenis  $p$  dan  $n$  sebelum disambung

2. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor  $n$  menuju semikonduktor  $p$ , dan perpindahan hole dari semikonduktor  $p$  menuju semikonduktor  $n$ . Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



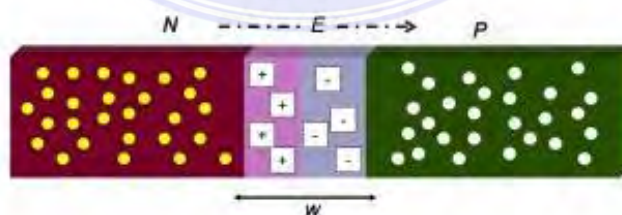
Gambar 2.8 Semikonduktor jenis  $p$  dan  $n$  sesudah disambung

3. Elektron dari semikonduktor  $n$  bersatu dengan hole pada semikonduktor  $p$  yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor  $p$  akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor  $p$  bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor  $n$  yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



Gambar 2.9 Elektron dari semikonduktor  $n$  bersatu dengan hole pada semikonduktor  $p$

4. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf  $W$ .
5. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
6. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor  $p$  dan elektron ke semikonduktor  $n$ . Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).

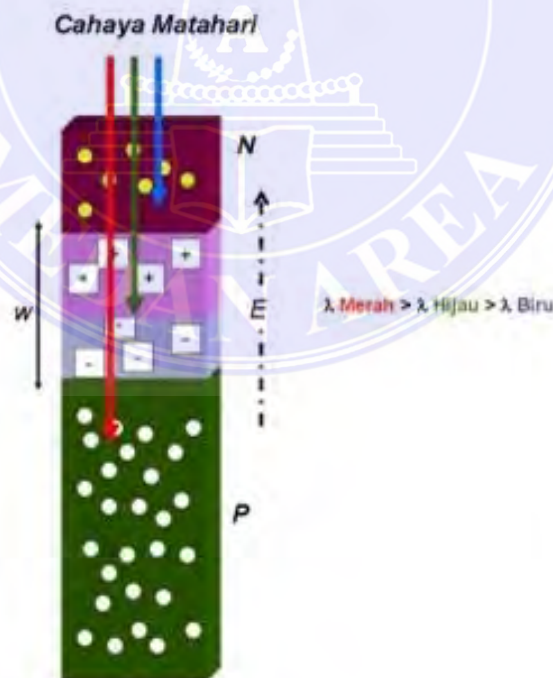


Gambar 2.10 Penarikan kembali hole ke semikonduktor  $p$  dan elektron ke semikonduktor  $n$

7. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan  $pn$  berada pada *titik setimbang*, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari

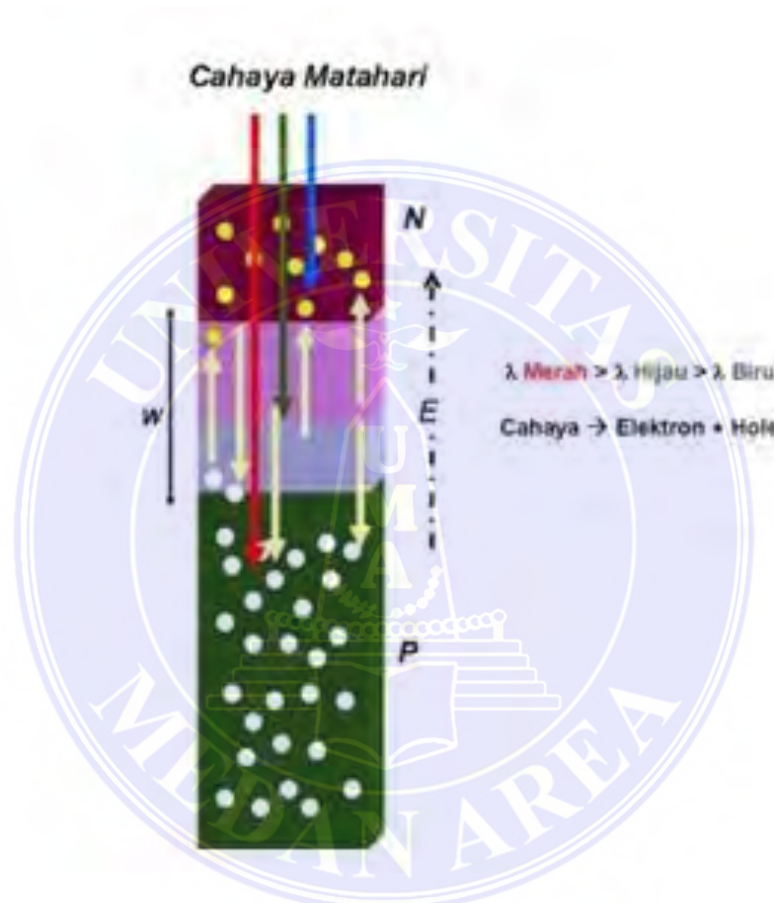
semikonduktor  $p$  ke  $n$  dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor  $p$  akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor  $n$  ke  $p$ , dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor  $n$  akibat tarikan medan listrik  $E$ . Dengan kata lain, medan listrik  $E$  mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain.

Pada sambungan  $p-n$  inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor  $n$  berada pada lapisan atas sambungan  $p$  yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor  $p$ , sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor  $p$ .



Gambar 2.11 Proses konversi energi matahari ke energi listrik

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor  $n$ , daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



Gambar 2.12 Foto generasi electron hole

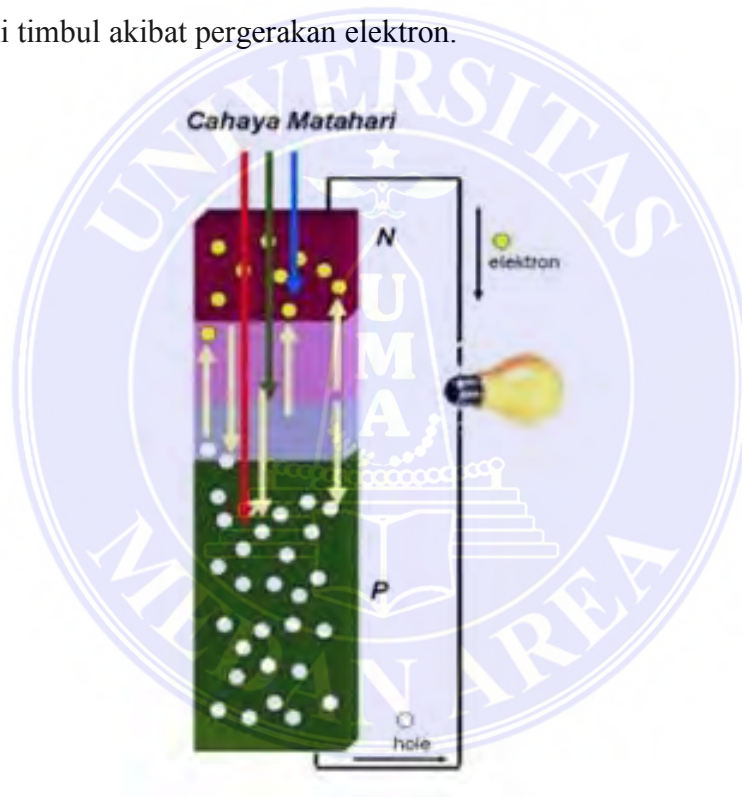
Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda” sbgn di gambar atas ) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan  $pn$  berada pada bagian sambungan  $pn$  yang berbeda pula.

Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor  $p$  yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana.

Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor  $n$ .

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan  $pn$  terdapat medan listrik  $E$ , elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor  $n$ , begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor  $p$ .

Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.13 Pergerakan electron dapat menyalakan lampu



### 2.11 Distribusi Energi Listrik dari Solar cell ke Baterai

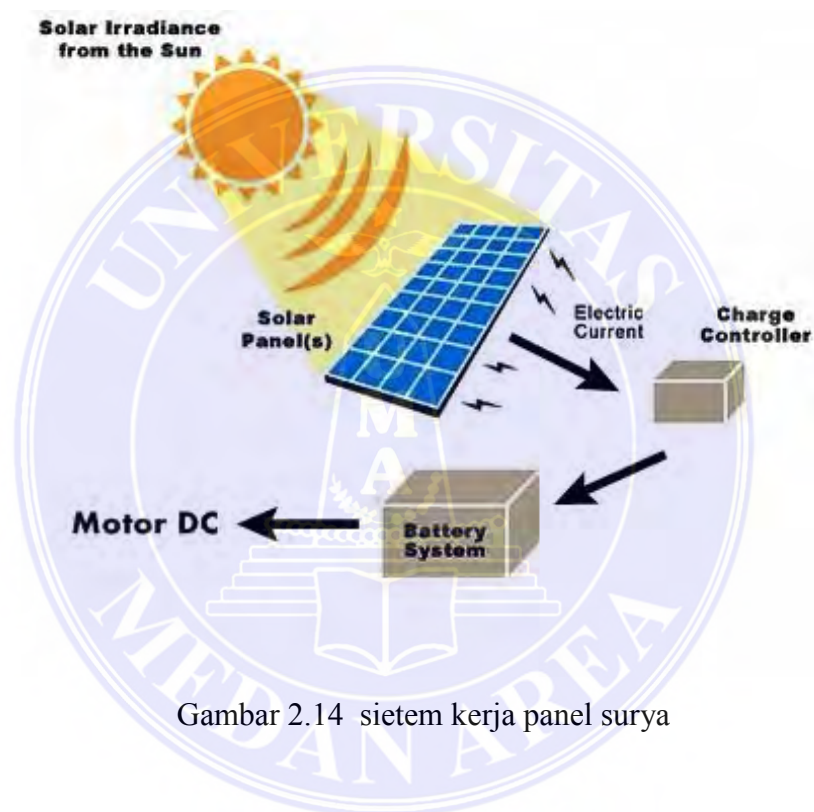
Solar cell merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga ramah lingkungan, selain itu tidak menghasilkan suara yang bising, dan tahan lama. Seperti pada penjelasan sebelumnya bahwa solar cell sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang masuk pada permukaannya.

Yang terjadi adalah bahwa daya yang disuplai oleh solar cell ini berubah-ubah dan tidak stabil tergantung kondisi penyinaran saat itu, sehingga apabila solar cell ini dihubungkan secara langsung ke beban, maka dapat merusak beban tersebut. Solusinya adalah dengan menggunakan sistem penyimpanan energi yang menyimpan energi listrik tersebut untuk kemudian disambungkan ke beban, sehingga apabila kondisi penyinaran matahari dalam keadaan mendung, dari sistem penyimpanan energi tersebut masih dapat menyuplai beban secara stabil.

Sistem penyimpanan energi yang sering digunakan adalah baterai/ accumulator. Solar cell yang memiliki nominal tegangan 12 V, biasanya dapat menghasilkan tegangan yang berubah dari 8 - 20 V, sedangkan baterai yang digunakan mempunyai tegangan nominal 12 V. Adanya perbedaan antara tegangan keluaran dari solar cell dan baterai tentu saja memiliki dampak, yaitu kerusakan pada baterai yang berakibat akan mengurangi lifetime dari baterai. Oleh karena dibutuhkan regulator tegangan yang mengubah tegangan solar cell tersebut ke 12 V. Regulator ini selain berfungsi sebagai regulator tegangan, juga harus mempunyai fungsi sebagai dioda proteksi, sehingga hanya melewatkan arus yang menuju baterai dan tidak ada arus balik ke solar cell. Apabila sore, dengan tidak adanya penyinaran dari matahari, tegangan dari solar cell bisa lebih kecil dari baterai yang memungkinkan adanya arus balik dari baterai ke solar cell, tapi dengan adanya dioda proteksi ini hal tersebut tidak terjadi. Regulator ini juga disebut sebagai Charger.

## 2.12 Proses Penyerapan Dan Penyuplaian Energi Matahari

Energi listrik yang disuplai ke baterai dapat langsung digunakan oleh motor dikarenakan energi yang tersimpan adalah dalam bentuk arus DC (Direct Current / Arus Searah) dan motor yg digunakan adalah motor DC.

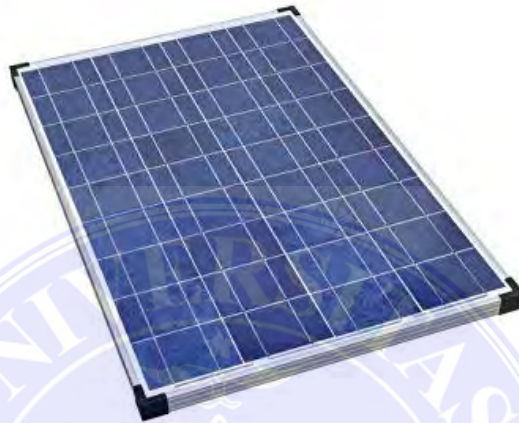


Gambar 2.14 sietem kerja panel surya

## 2.13. Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras

Perangkat keras alat ini terdiri dari beberapa Modul :

### 2.13.1 Modul Sel Surya



Gambar 2.15 Modul Cell Surya Polycrystalline

Modul surya (polycrystalline) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, biasanya terdiri dari 28-36 sell untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi.

### 2.13.2 Modul Baterai

Battery berfungsi sebagai media penyimpanan energi yaitu energi listrik dari panel surya. Battery yang digunakan adalah battery kering jenis lead acid dengan tegangan kerja 12 V, 7.2 AH. Penggunaan battery ini dikarenakan tidak konstannya tenaga matahari dalam menghasilkan listrik. Dalam keadaan berawan / mendung listrik yang dihasilkan tidak cukup untuk menggerakkan rangkaian sehingga dibutuhkan battery agar energi listrik tetap tersedia walau di malam hari.



Gambar 2.16 Modul Baterai

### 2.13.3 Modul Microcontroller

Mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Mikrocontroller berfungsi sebagai pengendali system dimana microcontroller diprogram dengan bahasa C, yaitu CVAVR, Versi 2,04,9. Fungsi controller pada rangkaian adalah mengendalikan motor penggerak melalui deteksi sensor selain itu controller juga mengatur pengisian battery dari solar panel. Microcontroller yang digunakan pada alat adalah ATmega8, jenis ini memiliki 28 pin yang memiliki peran masing – masing, baik sebagai port maupun fungsi lainnya.

Mikrocontroller mengatur pengisian baterai melalui deteksi tegangan battery jika tegangan dalam keadaan rendah dibawah 12 V, maka mikrocontroller akan mengaktifkan relay sehingga proses pengisian battery dilakukan dan jika tegangan battery telah penuh yaitu mencapai 14,4 V relay akan dimatikan oleh mikrocontroller



Gambar 2.17 Microcontroller ATmega8



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

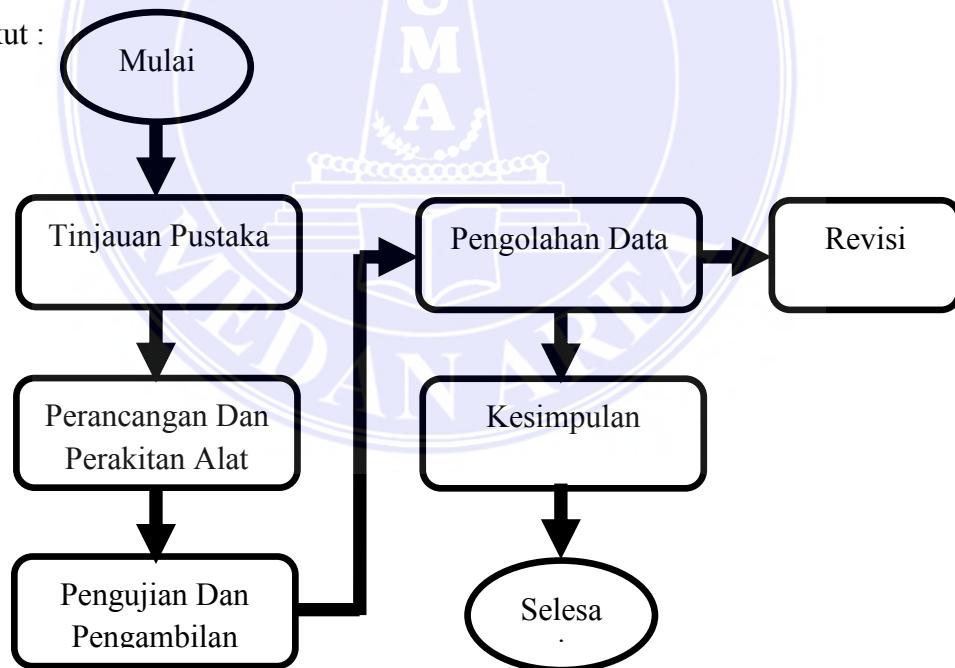
Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif untuk mengoperasikan mesin pengeruk sampah otomatis. Selain itu pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dan unjuk kerja sistem yang akan menghasilkan sebuah data untuk di analisa.

### 3.2 Waktu dan Tempat.

Perancangan dan penelitian alat akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area.

### 3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Adapun diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Kerja

### 3.4 Peralatan Pengujian

Berikut adalah beberapa alat ukur yang digunakan pada penelitian ini:

#### 1. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu, jugadipakai untuk mengetahui suhu pada panel solar cell dimana termometer di letakkan di bagian atas solar cell saat di lakukan pengukuran dalam sekali 20 menit.



Gambar 3.2 Termometer Digital

#### 2. Anemometer

*Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang banyak di pakai dalam bidang metrologi dan geofisika atau stasiun prakiraan cuaca. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Perancang pertamadari alat ini adalah Leon Battista Alberti pada tahun 1450. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin dimanasaat pengukuran tekanan angin posisi *anemometer* di arahkan pada tekanan angin.



Gambar 3.3 Anemometer

### 3. Multimeter Digital

Alat ini berfungsi sebagai alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Sedangkan pada perkembangannya multimeter masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, yang maksudnya A (ampere), V (volt), dan O (ohm).



Gambar 3.4 Multimeter Digital

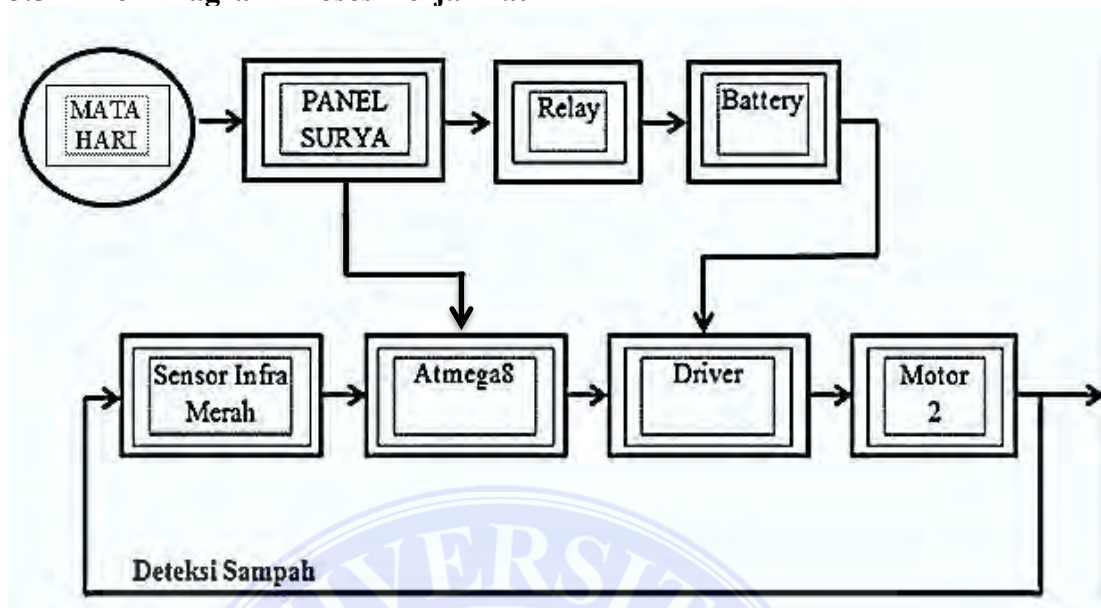
### 4. Solar Power Meter

Alat ini berfungsi sebagai alat untuk menguji, mengukur intensitas energi surya. Energi surya sendiri merupakan energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui perangkat lain menjadi sumber daya energi dalam bentuk lain. Energi surya sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. *Solar power meter* atau perangkat yang menguji tenaga surya, dimana sumber tenaga matahari ini dikonversi dari sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan *photovoltaic*.



Gambar 3.5 Solar Power Meter

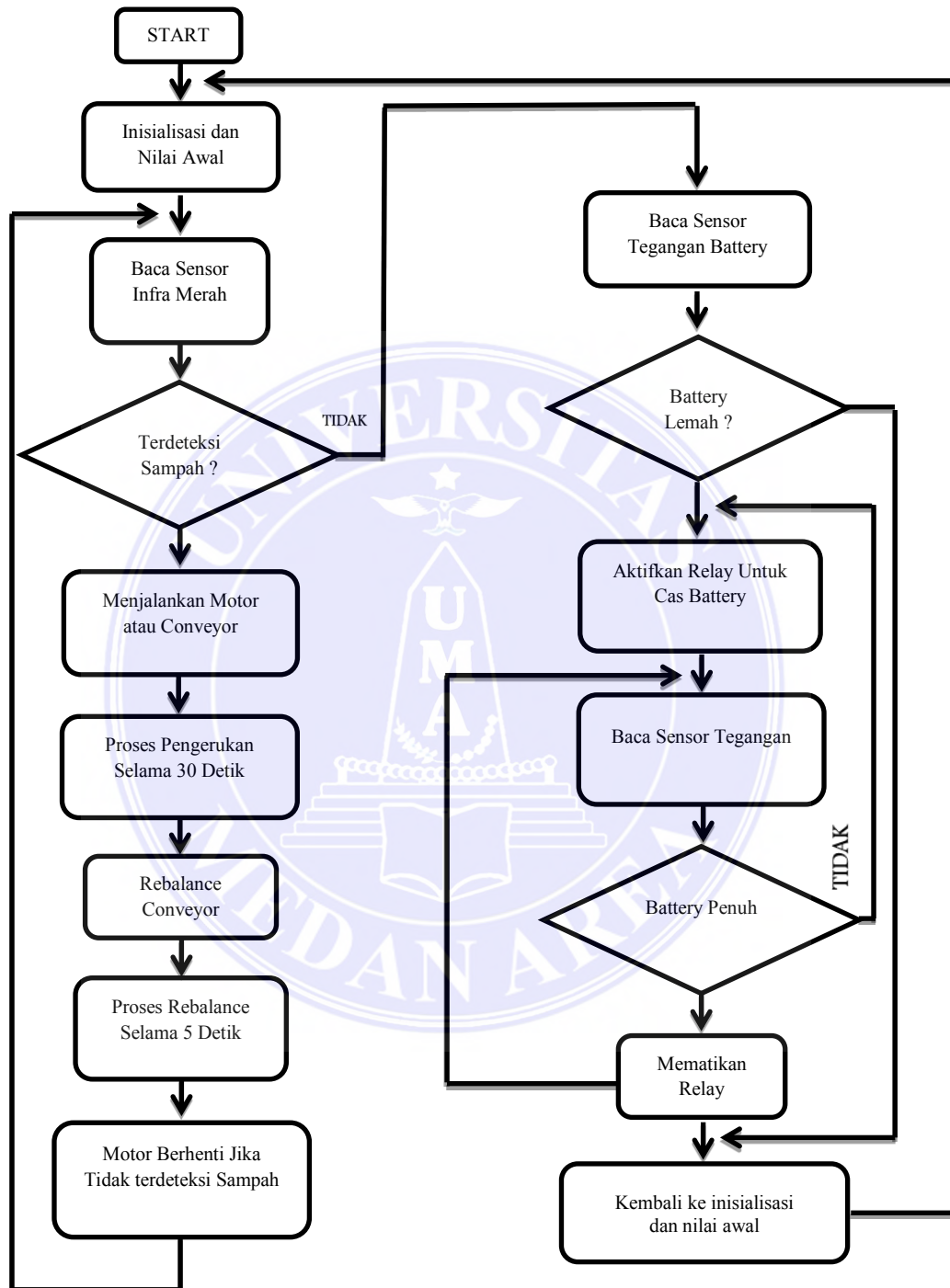
### 3.5 Blok Diagram Proses Kerja Alat



Gambar 3.6 Blok Diagram Proses Kerja

Pada Gambar 3.7 di atas blok diagram menjelaskan aliran proses, mulai dari *input* hingga *output*. *Input* sistem ada 2 yaitu energi matahari dan kondisi ada tidaknya sampah. Untuk *input* energi dilakukan konversi oleh sebuah panel surya dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Keluaran *solar cell* digunakan untuk pengisian battery dimana proses pengisian dikontrol oleh *microcontroller* ATmega8 *output* battery digunakan untuk menjalankan rangkaian termasuk motor penggerak. *Input* dari kondisi ada tidaknya sampah dideteksi oleh sensor inframerah. Dimana jika sensor mendeteksi tidak adanya penghalang diantara pemancar inframerah dan sensor logika keluaran sensor akan nol. Dan sebaliknya jika terdapat sampah diantara sensor akan berlogika 1 *output* sensor dibaca oleh *microcontroller*. Jika logika 1 dan sensor akan menyebabkan *microcontroller* mengaktifkan motor, melalui penguat arus. Pada sensor ini logika 0 = 0 volt, dan logika 1 = 5 volt.

### 3.6 Flow Chart Sistem Kerja Alat



Gambar 3.7 Flow chart Sistem Kerja Alat



### Keterangan *Flowchart* Kerja Alat

Dari *flowchart* yang di atas dilihat pada Gambar 3.3 merupakan diagram yang menjelaskan aliran program yang dibuat yaitu aliran proses kerja sistem dimulai dari inisialisasi dan nilai awal yaitu menentukan input dan output dan kondisi awal kemudian *controller* membaca sensor inframerah yaitu sensor yang mendeteksi keberadaan sampah pada aliran air jika sensor terhalang oleh sampah sensor akan bernilai 1 atau tinggi sehingga program akan mengaktifkan motor *conveyor* untuk mengangkat sampah ke atas. Proses kerja *conveyor* dilakukan secara sirkulasi dalam waktu 30 detik kemudian akan dilanjutkan pada proses *rebalancing* untuk menstabilkan *conveyor* dengan waktu 5 detik. Setelah itu motor akan dihentikan. Program juga akan mendeteksi kondisi battery jika battery dalam keadaan lemah *controller* juga akan mengaktifkan *relay charger* untuk mengisi kembali baterai dengan tenaga matahari.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tujuan Pengujian Alat

Setelah melakukan proses pembuatan alat selesai, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan uji kerja pada alat yang telah kita rancang. Pengujian dilakukan agar bisa mendapatkan data dari suatu sistem alat tersebut sehingga dengan data ini kita dapat mengetahui daya yang dihasilkan alat ini sudah cukup. Hasil uji dapat dijadikan sebagai suatu acuan dalam penganalisaan rangkaian. Adapun metode pengukuran yang kita lakukan adalah pengukuran dari beberapa hasil pengujian. Yakni pengujian secara berkala selama 3 hari berturut untuk mendapatkan hasil yang pasti.

#### 4.2 Prosedur Pengambilan Data

1. Lokasi pengujian telah ditentukan yaitu di gedung laboratorium teknik mesin Universitas Medan Area.
2. Perangkat pengujian di letakkan di halaman depan laboratorium teknik mesin Universitas Medan Area.
3. Pada pengujian ini menggunakan 4 buah alat ukur. Termometer digital yang diletakkan di atas panel solar cell surya untuk mengukur suhu pada solar cell dan diletakkan disamping perangkat pengujian untuk mengukur suhu lingkungan.
4. *Solar power meter* diletakkan disamping panel sell surya, untuk mengukur intensitas cahaya matahari.
5. Multimeter Digital dipasang pada bagian *output* solar cell, dan baterai untuk mengukur tegangan yang keluar.
6. *Anemometer* Digital diletakkan 2 meter dari panel solar cell surya untuk mengukur kecepatan angin sekitar.
7. Pengambilan data pada alat ukur dilakukan 20 menit sekali, pengujian dimulai dari jam 09 : 00 – 16 : 00 WIB.

### 4.3 Perhitungan Solar Cell

#### 4.3.1 Perhitungan energi surya yang datang (Pin)

Besar energi surya yang datang dapat dihitung dengan perhitungan intensitas cahaya matahari yang masuk yaitu :  $P_{in} = I \cdot A_{panel}$

Dimana :  $P_{in}$  = energi/daya yang masuk ke panel surya (Watt)

$A_{panel}$  = Luas permukaan panel ( $m^2$ )

$I$  = Intensitas radiasi cahaya matahari ( $W/m^2$ )

Dari hasil pengamatan diperoleh data diperoleh data dari pukul 09:00 – 16.00 untuk setiap selangwaktu 20 menit.

Data tersebut kemudian diolah untuk mengetahui besar energi surya yang datang. Sebagai contoh untuk data yang pertama, perhitungan  $P_{in}$  adalah sebagai berikut:  $I = 806 W/m^2$

$$A_{Panel} = 0,315 m^2$$

Sehingga :  $P_{in} = I \cdot A_{Panel} = 806 W/m^2 \cdot 0,315 m^2 = 253.89 \text{ Watt}$

#### 4.3.2 Besar energi yang Dihasilkan Solar Cell (Pout)

Besar energi yang dihasilkan dari panel surya ( $P_{out}$ ) dapat dihitung dengan mengukur voltage dan arus keluaran panel surya, sehingga energi yang dihasilkan merupakan daya keluaran dari panel surya, dapat dicari dengan rumus :  $P_{out} = V \cdot I$

Dimana :  $P_{out}$  = Energi/daya keluaran dari panel surya (Watt)

$V$  = Voltage yang terjadi (Volt)

$I$  = Kuat arus (Ampere)

Dari hasil pengamatan diperoleh data dari pukul 09:00 – 16.00 untuk setiap selangwaktu 10 menit. Data tersebut kemudian diolah untuk mengetahui besar energi suryayang datang. Sebagai contoh untuk data yang pertama, perhitungan  $P_{out}$  adalahsebagai berikut :  $V = 19,95 \text{ Volt}$   $I = 0,90 \text{ A}$

Sehingga :  $P_{out} = V \cdot I = 19,95 V \cdot 0,90 A = 17,95 \text{ Watt}$

### 4.3.3 Besar Efisiensi

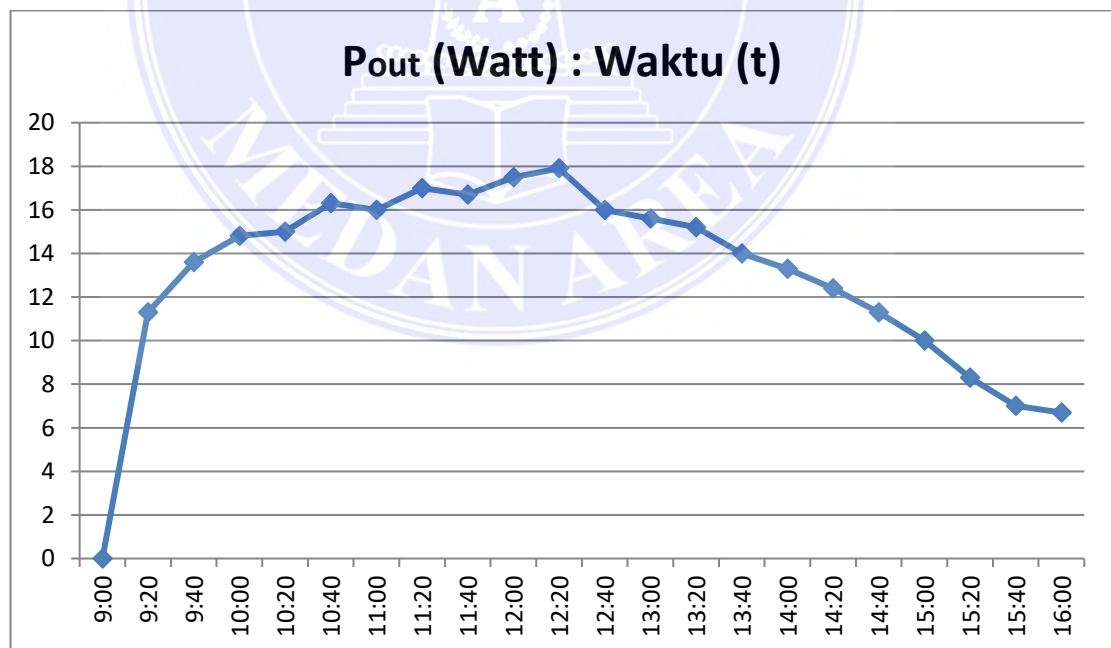
Besar efisiensi yang dihasilkan panel surya pada pengisian baterai dapat dihitung dengan terlebih dahulu menghitung besar energi surya yang masuk ( $P_{in}$ ) dan besar energi surya yang keluar ( $P_{out}$ ), sehingga efisiensi yang didapat merupakan efisiensi keluaran dari panel surya pada pengisian baterai. Berikut adalah perhitungan efisiensinya :

$$P_{in} = 253.89 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 17.95 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \\ &= \frac{17,95 \text{ watt}}{253,89 \text{ watt}} \times 100 \% \\ &= 7,06 \% \end{aligned}$$

### 4.3.4 Grafik Pengujian Intensitas Terhadap Waktu Dengan kemiringan Panel 30° Ke Arah Timur.



4.3.5 Data Pengujian Intensitas Terhadap Waktu Dengan kemiringan Panel 30° Ke Arah Timur.

Waktu (t)		Pout (Watt)	
9:00	12:40	0	16
9:20	13:00	11,6	15,5
9:40	13:20	13,5	15
10:00	13:40	14,3	14
10:20	14:00	13	13,2
10:40	14:20	16,5	12,4
11:00	14:40	17,16	11,2
11:20	15:00	15,17	10
11:40	15:20	16,8	8,2
12:00	15:40	17,5	7
12:20	16:00	18	6,4



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa di atas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan untuk melengkapi hasil dari rancang bangun prototype alat pengeruk sampah berbasis microcontroller dengan tenaga surya adalah sebagai berikut:

- a. Telah dilakukan analisa terhadap mesin pengeruk sampah otomatis menggunakan tenaga surya.
- b. Analisa dilakukan untuk mengetahui sekaligus menguji apakah prototype ini dapat dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari.
- c. Hasil dari pengujian membuktikan bahwa daya yang dihasilkan solar cell sudah cukup untuk pengoperasian alat selama kurang lebih 1 jam.
- d. Penggunaan panel surya jenis polikristal sangat cocok untuk daerah yang memiliki intensitas cahaya matahari berubah-ubah.
- e. Panel surya jenis polikristal memiliki efisiensi sebesar 7,06 %

#### 5.2 Saran

- a. Diharapkan agar prototype ini dapat di rancang dan diperbarui lagi dari segi fisik agar lebih kuat, tangguh dan tentunya lebih menarik.
- b. Lakukan penambahan panel surya yang dirangkai secara seri agar daya yang dihasilkan lebih besar, sehingga prototype ini dapat melakukan pengisian daya baterai lebih cepat dan bekerja lebih lama.
- c. Sebaiknya posisi kemiringan panel surya dapat dirancang otomatis agar dapat mengikuti arah gerak matahari.

## Daftar Pustaka

Abdul Kadir, ”*Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi*” Edisi kedua, cetakan pertama tahun 1995.

Atmel “Data Sheet 8-bit AVR Microkontroller ATmega16”, *Atmel Corporation*, 2002.

Battery and energy Technologies. 2005.

Christiana Honsberg & Stuart Bowden, “Photovoltaic: Devices, Systems, and Application PVCDROM Beta of the 2nd Edition“

Efficiency of the Single Crystal Silicon Solar Cells. Thailand: Thaksin University.

McMahon, T.J., & Von Roedern, B. (1997). Effect of Light Intensity on Current Collection in Thin-Film Solar Cells. California: Midwest Research Institute.

Michael Perdana Putra Sitompul “Rancang Bangun Prototype Pembersih Sampah Sungai Berbasis *Microcontroller* Dengan Energi Tenaga Surya” Skripsi 2017.

Tuantong, T., Choosiri, N., & Kongrat, P. Effect of Physical Properties on the

### Link Refrensi

<http://elektronika-dasar.web.id/tag/teori-microcontroller/>

<http://www.jasonvolk.com/wp-content/uploads/2010/04/mega328p.jpg>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell).

[www.academia.edu/Teknik\\_Mesin\\_-\\_Panel\\_Surya](http://www.academia.edu/Teknik_Mesin_-_Panel_Surya)