

# Solar Cell

Mohammad Istajarul Alim, Gilang Baswara A P

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: physics.gilang@gmail.com

**Abstrak**—*Solar cell* atau yang disebut sel surya adalah suatu piranti atau alat yang dapat digunakan untuk mengubah foton cahaya matahari menjadi listrik. Tujuan dari praktikum sel surya yaitu untuk mengetahui karakteristik I-V dan P-V sel surya sebelum dan sesudah diberi sudut kemiringan, serta menyelidiki pengaruh sudut kemiringan pada sel surya terhadap daya keluarannya. Prinsip percobaan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu efek fotolistrik. Sel surya yang terdiri dari semikonduktor tipe n dan p dapat menghasilkan aliran elektron akibat adanya foton yang mengenai permukaan semikonduktor tipe n. Didalam semikonduktor tipe n adalah bagian semikonduktor yang kelebihan elektron. Sehingga elektron akan mengalir dari tipe n ke tipe p. Aliran tersebut merupakan aliran listrik yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Hasil yang didapat dari percobaan *sollar cell* tersebut terdiri dari hubungan antara I-V dan P-V terhadap sudut kemiringan dari sel surya. Kemudian didapatkan daya keluaran terhadap sudut kemiringan pada sel surya.

**Kata Kunci**—Daya, Semikonduktor, *Solar cell*, Sudut kemiringan.

## I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan yang ramah lingkungan saat ini sangat diperlukan agar berbagai polusi yang telah ada di bumi dapat berkurang. Berbagai alternatif energi mulai dari pembangkit listrik *geotermal* hingga pembangkit listrik tenaga matahari mulai tersebar diberbagai negara. Dari berbagai macam energi terbarukan tersebut yang bisa dikatakan yang murah dan berjangka panjang yaitu berupa pembangkit energi tenaga matahari. Pembangkit energi tenaga matahari memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik yang dapat disimpan kedalam baterai. Energi tersebut kemudian dapat digunakan bagi kehidupan masyarakat luas. Hal inilah yang melatarbelakangi dalam percobaan *solar cell* kali ini.

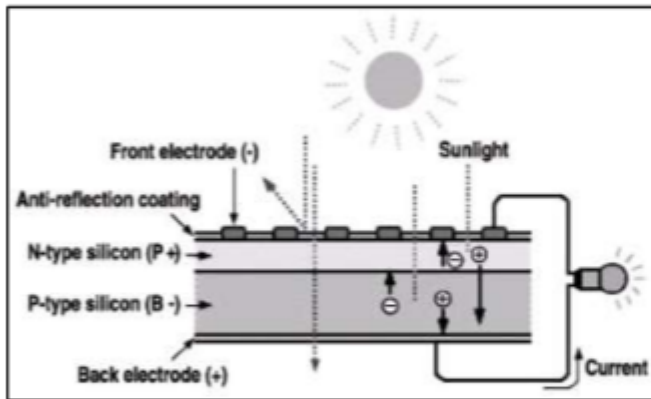
Atom merupakan satuan dasar materi. Istilah atom berasal dari bahasa Yunani yang berarti tidak terpotong ataupun sesuatu yang tidak dapat dibagi-bagi lagi. Komponen didalam atom disebut dengan struktur atom. Struktur atom merupakan satuan terkecil dari materi yang terdiri dari inti atom beserta awan elektron bermuatan negatif yang mengelilinginya. Inti atom terdiri dari proton yang bermuatan positif dan neutron yang bermuatan netral. Dengan begitu, antara proton dan elektron akan menghasilkan interaksi antar keduanya. Interaksi tersebut disebabkan oleh adanya gaya elektromagnetik, sehingga elektron-elektron dalam suatu atom akan mengelilingi inti atom dengan kecepatan tertentu. Kumpulan dari atom-atom tersebut dapat berikatan satu sama lainnya membentuk sebuah molekul. Atom yang mengandung jumlah proton dan elektron yang sama dapat dikatakan sebagai atom netral. Sehingga atom netral tidak akan berikatan dengan atom atom lain. Hal berbeda ketika suatu atom mengalami kelebihan atau kekurangan elektron.

Atom tersebut akan tidak seimbang sehingga akan mengalami interaksi dengan atom lain yang juga kekurangan atau kelebihan elektron hingga mengalami kesetimbangan. Kesetimbangan yang dimaksud yaitu atom atom membentuk *oktet* atau *duplet* [1].

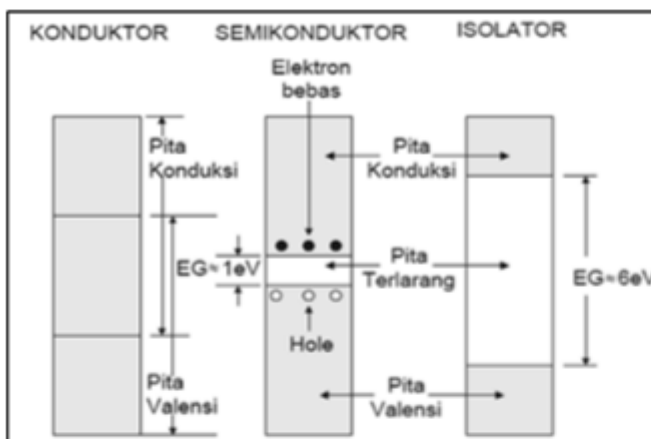
Eksitasi elektron atau yang disebut dengan perpindahan elektron akibat dikenai energi bisa dalam bentuk cahaya dari keadaan dasar menuju keadaan yang lebih tinggi. Eksitasi elektron dapat menyerap atau memancarkan energi. Ketika menyerap energi, berarti elektron berpindah dari lintasan yang dekat dengan inti atom dan akan menjauhi inti atom.. Selanjutnya ketika melepaskan energi, elektron berpindah dari lintasan yang jauh dari inti atom menuju ke lintasan yang dekat dari inti atom [1].

*p-n junction* adalah batas pertemuan antara kedua bahan semikonduktor tipe p dan tipe n yang ada didalam sebuah kristal semikonduktor yang merupakan cikal bakal komponen sel surya. Pada dasarnya, *p-n junction* terjadi karena elektron bebas pada semikonduktor tipe n mengisi *hole* pada semikonduktor tipe p. Area pertemuan ini disebut dengan *depletion region* atau area penipisan. Ketika persimpangan *p-n* terbentuk, beberapa elektron bebas dari area tipe n yang berhasil mencapai pita konduksi bebas akan menyebar dan mengisi lubang atau *hole* pada area p. Prinsip dasar dari *p-n junction* ini kemudian diterapkan pada berbagai komponen elektronika seperti pada sel surya. Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Akibat dari aliran elektron dan *hole*, maka akan terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *p-n junction*, maka akan mendorong elektron bergerak [2].

Efek fotolistrik merupakan suatu fenomena terlepasnya elektron dari permukaan konduktor atau semikonduktor ketika permukaan tersebut dikenai oleh cahaya. Elektron yang terpancarkan ini disebut dengan elektron foton. Dalam studi eksperimental terhadap efek fotolistrik, dapat dilakukan pengukuran laju dan energi kinetik elektron yang terpancar bergantung pada intensitas dan panjang gelombang cahaya. Percobaan efek fotolistrik dilakukan dalam ruang hampa. Hal ini dimaksudkan agar elektron tidak kehilangan energinya ketika mulai bertumbukan dengan moleku-molekul udara. Hal penting yang menjelaskan mengenai efek fotolistrik bahwa hanya berkas cahaya tertentu yang memungkinkan lepasnya elektron dari suatu permukaan. Adanya efek fotolistrik ditandai dengan terdeteksinya arus listrik pada kawat. Dengan begitu, efek fotolistrik dapat diterapkan pada prinsip dari adanya sel surya yang akan menghasilkan aliran listrik karena adanya cahaya yang mengenai permukaan semikonduktor dari sel surya tersebut. Apabila intensitas cahaya yang digunakan semakin besar, maka efek fotolistrik yang terjadi akan menghasilkan aliran elektron yang semakin banyak pula [3].



Gambar 1. Pergerakan elektron pada sel surya

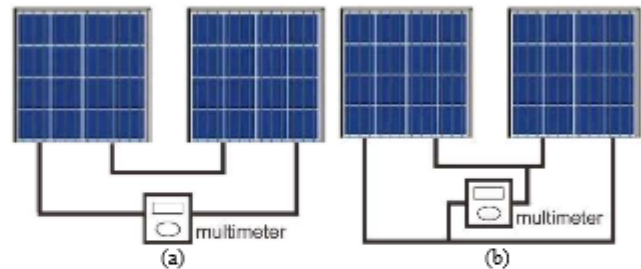


Gambar 2. Diagram pita energi

Sel surya merupakan sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Pada dasarnya, bahan semi konduktor yang digunakan pada sel surya yaitu silikon, titanium oksida, germanium dan lain sebagainya. Sel surya dapat bekerja berdasarkan prinsip p-n junction yang terdiri dari semikonduktor tipe n dan semikonduktor tipe p. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar [4].

Sel surya dapat bekerja karena adanya efek fotolistrik. Ketika cahaya matahari mengenai permukaan sel surya yang dalam hal ini adalah permukaan semikonduktor tipe n, elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe n ke tipe p. Proses tersebut dinamakan dengan efek fotofoltaik. Adapun proses terjadinya perpindahan elektron pada sel surya dapat dilihat pada gambar 1 [4].

Atom-atom tunggal dalam suatu bahan saling berdekatan sehingga membentuk suatu kisi-kisi kristal, maka atom-atom akan berinteraksi dengan mempunyai ikatan kovalen. Karena setiap elektron valensi level energinya tidak tepat sama, maka level energi jutaan elektron valensi dari suatu bahan akan membentuk range energi atau yang disebut dengan pita valensi. Suatu energi bila diberikan kepada elektron valensi, maka elektron tersebut akan meloncat keluar. Oleh karena elektron valensi terletak pada orbit terluar dari struktur atom, maka elektron tersebut akan meloncat ke daerah pita konduksi. Pita konduksi merupakan level energi dimana elektron terlepas dari ikatan inti atom atau menjadi elektron bebas. Jarak energi antara pita valensi dan pita konduksi disebut dengan pita celah atau daerah terlarang. Energi dari pita-pita tersebut tentunya berbeda-beda dalam setiap materi. Adapun diagram pita konduksi, pita valensi, dan pita terlarang terdapat pada gambar 2 [1].



Gambar 3. Rangkaian modul sel surya (a) seri, (b) paralel

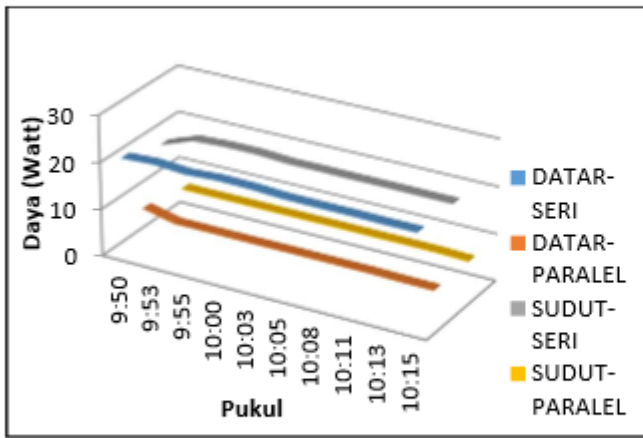
Dalam pembuatan sel surya, terdapat berbagai jenis sel surya yang dapat dihasilkan. Berdasarkan teknologi pembuatannya, sel surya dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu tipe *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *thin film solar cell*. Ketiga jenis sel surya tersebut memiliki efisiensi yang besarnya berbeda-beda. Efisienitas yang paling tinggi ada pada sel surya jenis *monocrystalline*. Tentunya sel surya jenis tersebut juga memiliki harga yang relatif lebih mahal dari sel surya jenis lain karena teknologi yang lebih mutakhir dan lebih efisien. [4].

## II. METODE PENELITIAN

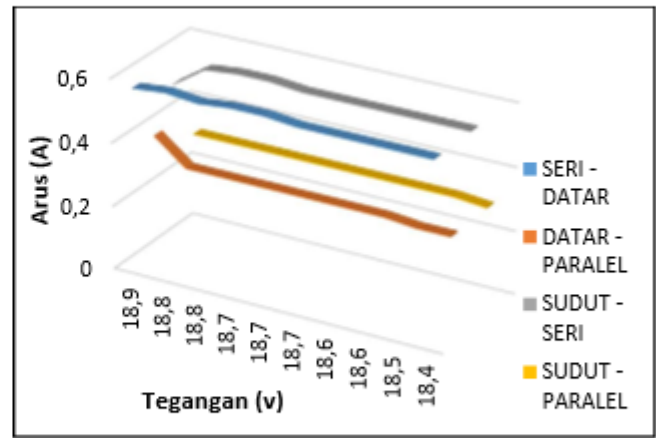
Pada percobaan *solar cell* digunakan beberapa alat yang membantu selama proses pengambilan data berlangsung. Alat-alat yang digunakan tersebut terdiri dari dua buah modul sel surya yang digunakan untuk menghasilkan arus listrik dari sinar matahari yang mengenai permukaan dari modul sel surya, lux meter digunakan untuk menganalisa nilai radiasi matahari didekat modul sel surya, dua buah multimeter yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh modul sel surya, beberapa kabel untuk menyalurkan aliran listrik sehingga didapatkan nilai tegangan dan arus listrik, serta yang terakhir hambatan geser yang digunakan sebagai hambatan dalam rangkaian sehingga tidak terjadi arus pendek.

Langkah-langkah dilakukannya percobaan kali ini yaitu modul sel surya, multimeter, dan hambatan geser dirangkai. Adapun rangkaian modul sel surya dengan multimeter dapat dirangkai seperti pada gambar 3. Bagian atas modul sel surya dibersihkan agar jalannya sinar matahari ke permukaan modul sel surya tidak terdapat faktor hambatan. Kemudian, lux meter digunakan untuk menentukan besarnya radiasi sinar matahari didekat modul sel surya. Percobaan pertama, modul sel surya disusun tanpa memiliki kemiringan atau didatarkan dengan permukaan tanah. Selanjutnya ditentukan nilai dari hambatan gesernya. Hasil arus dan tegangan yang ditampilkan oleh multimeter lalu dilakukan pencatatan. Kemudian hubungan antara tegangan dan arus dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya daya maksimum. Percobaan tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali dalam sekali pengambilan data adalah kurang lebih 5 menit. Percobaan tersebut kemudian diulangi untuk modul sel surya yang memiliki kemiringan. Sudut kemiringan didapatkan dengan menggunakan persamaan trigonometri. Hasil tegangan dan arus yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan hasil modul sel surya tanpa kemiringan. Selanjutnya seluruh percobaan tersebut dilakukan variasi berdasarkan rangkaian seri dan paralel. Data yang didapat kemudian dicatat untuk menentukan besarnya daya maksimum.

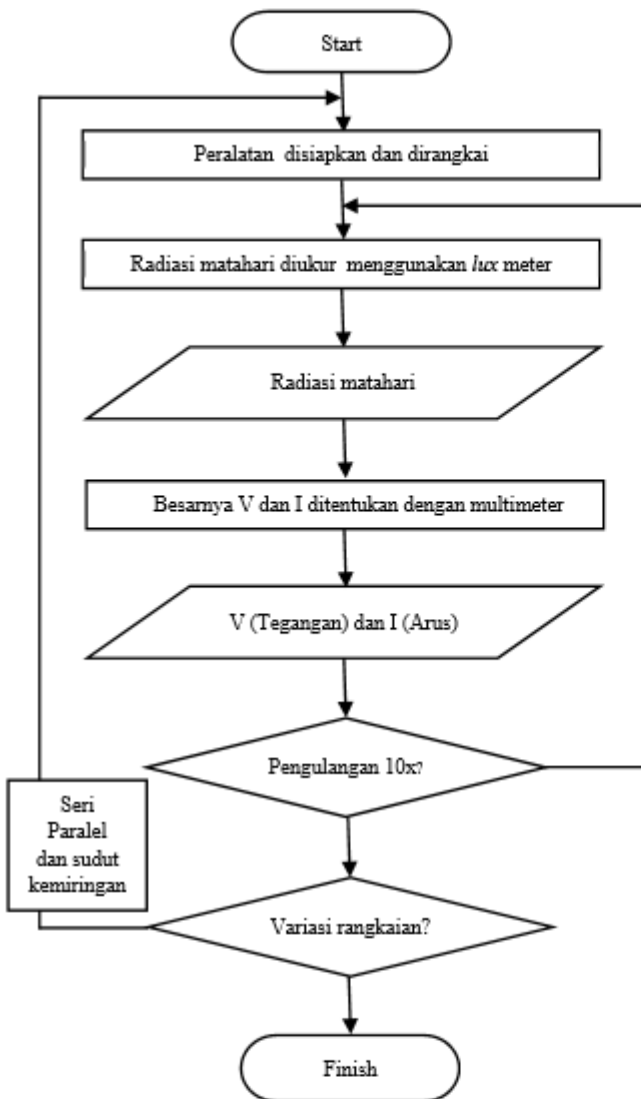
Dalam melakukan percobaan *solar cell* dapat dibuat diagram alir percobaan. Adapun diagram alir tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik hubungan daya dengan waktu



Gambar 6. Grafik hubungan arus dengan tegangan



Gambar 5. Diagram alir percobaan solar cell

III. HASIL DAN DISKUSI

Percobaan solar cell memiliki prinsip kerja dari proses efek fotolistrik dan p-n junction. Berdasarkan kedua prinsip tersebut, sinar matahari yang telah mengenai permukaan atas sel surya yang dalam hal ini adalah semikonduktor tipe n akan menghasilkan efek fotolistrik. Foton cahaya tersebut akan menggerakkan elektron di semikonduktor tipe n untuk bergerak ke semikonduktor tipe p. Hal ini dikarenakan pada

semikonduktor tipe n memiliki kelebihan elektron, kemudian untuk semikonduktor tipe p merupakan semikonduktor yang kekurangan elektron. Dengan begitu elektron pergerakan elektron dapat terjadi sehingga menghasilkan aliran listrik.

Data yang telah didapat dari percobaan solar cell merupakan besarnya tegangan, arus, dan daya. Data yang telah diperoleh dapat ditulis pada lampiran. Kemudian untuk hubungan daya dengan waktu dan arus dengan tegangan dapat dibuat dalam bentuk data grafik seperti pada gambar 4 dan gambar 6.

Hubungan yang pertama dapat kita bahas mengenai hubungan daya dengan waktu dalam pengambilan data. Dapat kita lihat pada gambar 4, bahwa berdasarkan variasi yang ada, besarnya daya yang paling besar adalah daya untuk data dengan rangkaian seri. Baik untuk modul sel surya yang tidak memiliki kemiringan dan yang memiliki kemiringan 13,09°. Hal tersebut dapat terjadi karena pada rangkaian seri, arus yang ada merupakan penjumlahan dari kedua modul sel surya. Sedangkan untuk rangkaian paralel, besarnya arus merupakan pembagian merata dari dua buah modul sel surya. Dengan begitu, karena besarnya arus dan tegangan adalah sebanding, apabila kita mencari untuk besarnya daya merupakan sebanding dengan besarnya arus beserta tegangannya. Selanjutnya antara variasi sudut kemiringan dalam rangkaian yang sama, besarnya daya memiliki hasil yang hampir setara. Hal ini dikarenakan besarnya sudut yang digunakan hanya 13,09° dan dalam mengambil data keadaan lingkungan memiliki radiasi matahari yang sangat tinggi. Dengan begitu, sudut kemiringan sebesar 13,09° tidak memiliki pengaruh yang berarti pada besarnya daya. Lalu kita dapat membahas mengenai hubungan yang sebenarnya terhadap besarnya daya terhadap waktu. Seharusnya, besarnya daya dalam percobaan semakin besar, karena waktu dalam pengambilan data mulai dari jam 9.50 hingga 10.15. Dapat dilihat bahwa semakin siang, radiasi matahari akan semakin besar dan tentunya sebanding dengan besarnya daya. Namun dalam percobaan yang telah dilakukan, besarnya daya terhadap waktu adalah bervariasi. Hal ini dikarenakan terdapat faktor adanya hambatan selama proses perjalanan foton cahaya saat mengenai permukaan modul sel surya yang dalam hal ini bisa dicontohkan adanya uap air atau awan.

Hubungan yang kedua yaitu hubungan antara arus dengan tegangan. Dapat kita lihat pada gambar 6, besarnya arus yang paling besar yaitu terdapat pada rangkaian seri. Hal ini tentunya seperti pada pembahasan sebelumnya, bahwa besarnya arus dalam rangkaian seri merupakan penjumlahan dari arus arus yang ada. Sedangkan untuk rangkaian paralel, besarnya arus yang ada merupakan pembagian merata dari

dua buah modul surya yang digunakan. Selanjutnya untuk perbandingan variasi sudut kemiringan dengan rangkaian yang sama, didapatkan bahwa besarnya arus adalah hampir sama. Hal ini dikarenakan sudut yang digunakan dalam percobaan kali ini hanya sebesar  $13,09^\circ$ . Sehingga besarnya arus yang didapatkan adalah hampir sama. Namun jika sudut kemiringan yang digunakan adalah besar hingga menuju ke  $90^\circ$ , maka besarnya arus yang ditampilkan akan mendekati nilai nol. Kemudian, untuk hubungan tegangan dan arus sendiri merupakan hubungan yang sebanding. Hal ini tentunya berkesesuaian dengan teori dari hukum Ohm.

Kemiringan sudut pada modul sel surya yang digunakan memiliki pengaruh yang bisa digambarkan seperti grafik eksponensial. Ketika modul mulai dimiringkan mulai dari  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ , maka besarnya daya maksimum yang dihasilkan akan menurun secara eksponensial. Artinya dengan sudut yang relatif sama didekat sudut  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  maka besarnya daya maksimum yang dihasilkan perbedaan nilainya relatif kecil. Dengan begitu, berdasarkan percobaan ini sudut yang digunakan sebesar  $0^\circ$  dan  $13,09^\circ$  akan memiliki daya maksimum yang nilainya hampir sama karena sudut yang digunakan relatif dekat.

Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi besarnya daya maksimum. Faktor-faktor tersebut diantaranya yaitu besarnya radiasi dari sinar matahari, rangkaian modul sel surya yang digunakan, serta faktor penghalang foton cahaya ketika mengenai permukaan sel surya. Faktor penghalang yang dimaksud terdiri dari dari banyak faktor, diantaranya faktor kelembaban udara, adanya awan, serta partikel debu yang menghalangi permukaan modul sel surya. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya daya maksimum dari modul sel surya yaitu faktor bahan teknologi pembuatan sel surya itu sendiri. Terdapat banyak jenis jenis sel surya yang dipasarkan. Dari berbagai jenis sel surya tersebut, jenis yang paling efisien adalah sel surya yang menggunakan bahan *monocrystalline*.

#### IV. KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hubungan I-V adalah sebanding. Sehingga apabila arus yang ada semakin tinggi, maka besarnya tegangan juga semakin tinggi. Sedangkan untuk hubungan P-V adalah sebanding. Sehingga apabila tegangan yang ada semakin tinggi, maka besarnya daya juga semakin tinggi. Selanjutnya untuk pengaruh sudut kemiringan pada sel surya terhadap daya keluarannya adalah berbanding terbalik. Apabila sinar datang yang mengenai permukaan sel surya dalam keadaan tegak lurus, maka daya maksimum yang dihasilkan akan semakin besar dari pada sel surya yang memiliki derajat kemiringan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan *solar cell* mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium Fisika Madya. Terimakasih saya sampaikan kepada saudara Gilang Baswara A P sebagai asisten laboratorium dari percobaan *solar cell*. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam praktikum *solar cell* baik saat melakukan percobaan serta dalam melakukan penyusunan laporan percobaan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beiser A. "Concepts of Modern Physics". New York : McGraw-Hill, Inc (1995)
- [2] Würfel P. "Physics of Solar Cells". Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA (2005)
- [3] Becchi C M, D'Elia M, "Introduction to Basic Concept of Modern Physics". Genova : Springer (2007)
- [4] Ashby N, Miller S C. "Principle of Modern Physics". San Francisco : Holden-Day, Inc (1970)

## LAMPIRAN

Adapun lampiran yang dapat ditulis yaitu analisa data dari percobaan *solar cell* dan tugas tambahan. Untuk analisa data yang didapat yaitu sebagai berikut.

Tabel 1  
Data percobaan *solar cell* variasi datar-seri

Pukul	Radiasi	Arus	Tegangan	Daya
9:48	109200	0,57	36,7	20,919
9:52	120000	0,58	36,6	21,228
9:54	119900	0,57	36,4	20,748
9:58	119500	0,58	36,4	21,112
10:02	119700	0,58	36,2	20,996
10:04	119700	0,57	36,2	20,634
10:07	119400	0,57	36,1	20,577
10:10	119700	0,57	36,1	20,577
10:12	120000	0,57	35,9	20,463
10:14	120000	0,57	35,9	20,463

Tabel 2  
Data percobaan *solar cell* variasi datar-paralel

Pukul	Radiasi	Arus	Tegangan	Daya
9:50	116000	0,38	19	7,22
9:53	117100	0,3	18,8	5,64
9:55	119800	0,3	18,8	5,64
9:59	120100	0,3	18,7	5,61
10:02	119700	0,3	18,7	5,61
10:05	119800	0,3	18,7	5,61
10:08	119900	0,3	18,6	5,58
10:11	120000	0,3	18,6	5,58
10:13	120000	0,29	18,7	5,423
10:15	119900	0,29	18,5	5,365

Tabel 3  
Data percobaan *solar cell* variasi sudut 13,09°-seri

Pukul	Radiasi	Arus	Tegangan	Daya
9:51	112200	0,5	36,4	18,2
9:54	120200	0,57	36,2	20,634
9:57	120200	0,58	36,2	20,996
10:01	119600	0,58	36,2	20,996
10:03	119700	0,57	36,1	20,577
10:06	119700	0,57	36,1	20,577
10:09	119600	0,57	36	20,52
10:12	119600	0,57	36	20,52
10:13	119800	0,57	35,9	20,463
10:16	119800	0,57	35,9	20,463

Tabel 4  
Data percobaan *solar cell* variasi 13,09°-seri

Pukul	Radiasi	Arus	Tegangan	Daya
9:50	117500	0,3	18,9	5,67
9:53	114000	0,3	18,8	5,64
9:55	119800	0,3	18,8	5,64
10:00	120000	0,3	18,7	5,61
10:03	119600	0,3	18,7	5,61
10:05	120000	0,3	18,7	5,61
10:08	119600	0,3	18,6	5,58
10:11	119500	0,3	18,6	5,58
10:13	119600	0,3	18,5	5,55
10:15	119800	0,29	18,4	5,336

Kemudian untuk tugas tambahan yang telah diberikan terdiri dari dua buah nomor. Adapun soal dan jawaban tugas tambahan adalah sebagai berikut.

1. Mengapa energi elektron disebut diskrit dan bagaimana kediskritannya?

Jawab:

Sebelumnya kita dapat mendefinisikan terlebih dahulu apa itu diskrit. Diskrit adalah suatu elemen sejumlah berhingga elemen yang berbeda dengan antar elemen

tidak saling bersambungan. Fungsi diskrit biasanya berbentuk titik-titik. Apabila kita hubungkan dengan energi suatu elektron, maka diskrit tersebut adalah suatu bentuk energi elektron yang nilainya berpola dan tidak kontinu. Hal tersebut dapat terjadi karena elektron mengitari pusat atom pada lintasan masing-masing. Ketika elektron bergerak, elektron hanya bergerak pada lintasan pada kulit K, L, M, atau yang lainnya. Elektron tidak akan pernah berada diantara kulit-kulit tersebut, semisal kulit antara K dan L. Maka dengan begitu, besarnya energi elektron yang ada bersifat diskrit, tergantung pada lintasan elektron berada di kulit yang mana. Kemudian kediskritan dari energi elektron dapat diketahui berdasarkan teori Bohn, bahwa :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka setiap kulit atom yang berbeda ( $n=1,2,3,4,\dots$ ) maka besarnya  $E_n$  akan berbeda pula.

2. Apa yang dimaksud dengan pita valensi, pita konduksi, dan pita terlarang? Dan kenapa dikatakan sebagai pita?

Jawab :

- Pita konduksi  
pita energi dimana elektron terlepas dari ikatan inti atom atau menjadi elektron bebas.
- Pita valensi  
Pita energi yang terisi oleh elektron valensi.
- Pita terlarang  
Pita energi yang berada ditengah tengah pita konduksi dan pita valensi

Dikatakan pita, karena diagram energi yang terbentuk dari seluruh pita tersebut berbentuk pita atau seperti bar. Adapun untuk memahami secara detail bentuk pita masing-masing bahan dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.

