

4000005491



PEMBINAAN DAN PENGUJIAN SISTEM PANEL SURIA DI SST

HADIAH

HII LUH SIONG

TESIS INI DIMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN
KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MAC 2004

PERPUSTAKAAN UMS



1400005491



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pembinaan dan Pengujian Sistem Panel Ring
Di SST

Ijazah: Ijazah Sarjana Muda Sains dengan Kepujian

SESI PENGAJIAN: 2003 - 2004

Saya HII LUY SIONG

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sabaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau
kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam
AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan
oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 45C, Jalan
Tong Sang, 96000

Sibu, Sarawak.

Nama Penyelia

Tarikh: 13/03/08

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi
berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT
dan TERHAD.

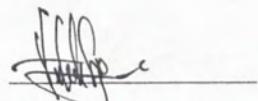
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau
disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda
(LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

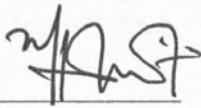
11 Mac 2004



HII LUH SIONG
HS2001-2658

DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA**

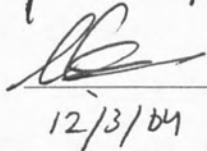
(PUAN ZULISTIANA ZULKIFLI)

**2. PEMERIKSA 1**

(PROF. MADYA DR. FAUZIAH BT. HJ. AZIZ)


12/3/04**3. PEMERIKSA 2**

(ENCIK ABDULLAH CHIK)


12/3/04**4. DEKAN**

(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)

**UMS**
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Dalam projek tahun akhir tersebut, saya telah menghadapi berbagai-bagai kesulitan tetapi dengan bantuan, nasihat dan tunjuk ajar daripada pihak yang tersenarai di bawah telah membawa ke arah kejayaan.

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia saya, Puan Zulistiana Zulkifli yang telah banyak memberi bantuan dan juga bimbingan kepada saya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pensyarah-pensyarah program Fizik Dengan Elektronik, iaitu Prof. Datuk Dr. Mohd Noh Dalimin, Prof. Madya Dr. Fauziah bt. Hj. Aziz, Dr. Jedol Dayou, Encik Saafie Salleh, Encik Alvie Lo dan Encik Abdullah Chik yang sudi membekalkan maklumat kepada saya.

Terima kasih kepada semua rakan seperjuangan saya di Sekolah Sains dan Teknologi yang bersedia mendengar segala keluhan dan bersama-sama menghadapi cabaran. Akhir sekali, saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada ibu-bapa saya atas dorongan dan galakan mereka.

HII LUH SIONG

HS2001-2658



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRAK

Komponen elektronik dan mekanikal merupakan elemen asas kajian terhadap litar sistem penjejakan suria. Sistem penjejakan suria ini membolehkan permukaan panel suria sentiasa bersudut tepat dengan gerakan matahari supaya tenaga suria yang maksimum dapat diterima. Dua kaedah yang berasingan dijalankan dalam kajian tersebut iaitu melalui sistem penjejakan suria dan sistem tanpa penjejakan suria. Di samping itu, sudut kecondongan panel suria dengan sinaran matahari juga diambil kira. Didapati bahawa keterikan sinaran matahari yang terang akan meningkatkan arus keluaran panel suria. Arus maksimum bagi sistem penjejakan suria adalah 0.164A dan arus maksimum bagi sistem tanpa penjejakan suria adalah 0.148A . Perlaksanaan kajian tersebut adalah untuk mendapatkan bandingan kuasa output antara sistem penjejakan suria dengan sistem tanpa penjejakan suria. Bandingan kuasa output yang paling rendah adalah pada jam 1200 dengan 0.206W . Daripada kiraan, julat perbezaan kuasa dalam kajian tersebut adalah 0.116W . Peratusan perbezaan kuasa output antara julat terbesar bagi sistem penjajekan suria adalah 59.59% dan bagi sistem tanpa penjajekan suria pula adalah 71.71%. Bandingan kuasa output ini juga dipengaruhi oleh sudut kecondongan antara sistem penjejakan suria dengan sistem tanpa penjejakan suria.

ABSTRACT

The basic element of the research on sun tracking system is actually consisted of electronic and mechanical component. The sun tracking system enable the solar panel to be parallel condition to the movement of sun so that the solar panel can received the maximum solar energy. There were two separate methods used in this research, that are through the sun tracking system and solar panel without tracking system. At the same time, the gradient of the solar panel also been taken into account. It was found that the high capacity of sunshine produced high current output from the solar panel. The maximum current output for sun tracking system was 0.164A and the maximum current output for without tracking system was 0.148A. The purpose of this research was to compare the energy output from the sun tracking system and the solar panel without tracking system. From the result, it showed that low comparator of energy output is at 1200 hour with 0.206W. From the result taken, the range of the energy difference in this research was 0.116W. Output power differences percentage between the highest range for sun tracking system was 59.59% and for the solar panel without tracking system was 71.71%. The comparator of power output also affected by the gradient between the sun tracking system and solar panel without tracking system.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL	xii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 SEJARAH PERKEMBANGAN	2
1.3 KUASA TENAGA SURIA	2
1.4 SEL SURIA	3
1.5 OBJEKTIF KAJIAN	4
1.6 SKOP KAJIAN	4
 BAB 2 ULASAN LITERATUR	 6
2.1 CIRI-CIRI SEL SURIA	6
2.1.1 Penderma dan penerima	7
2.1.2 Simpang p-n	9
2.1.3 Sistem dan tatasusunan fotovolta	11
2.2 BINAAN ASAS SEL SURIA	12
2.3 CIRIAN ARUS-VOLTAN	13
2.4 ASTRONOMI SURIA	14
2.5 ALAT PENGUKURAN	15
2.5.1 Multimeter	15



2.6 HUKUM OHM	16
2.7 HUKUM KIRCHOFF	17
2.8 MOTOR	18
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH	19
3.1 PENGENALAN	19
3.2 SENARAI BAHAN-BAHAN YANG DIGUNAKAN	19
3.3 PEMAHAMAN TERHADAP LITAR	20
3.3.1 Litar sistem penjejakan suria	21
3.4 PEMBINAAN REKA BENTUK	22
3.5 PEMASANGAN PROJEK	24
3.6 PENGAMBILAN DATA	24
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	26
4.1 DATA-DATA YANG DIAMBIL	26
4.2 ANALISIS PADA ARUS OUTPUT	31
4.3 PENGIRAAN KUASA OUTPUT	33
4.4 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENGAMBILAN DATA DARIPADA PANEL SURIA	38
4.5 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SUDUT KECONDONGAN PADA PANEL SURIA	39
4.6 KETIDAKSESUAIAN MOTOR TERHADAP LITAR SISTEM PENJEJAKAN SURIA	39
BAB 5 KESIMPULAN	41
5.1 KESIMPULAN	41
5.2 CADANGAN MASA HADAPAN	42
RUJUKAN	44
LAMPIRAN	46
A. HELAIAN PENGIRAAN	46
B. HELAIAN FOTO	57



SENARAI JADUAL

Muka Surat

3.1	Senarai bahan dan peralatan yang diperlukan dalam kajian	20
4.1	Data yang diambil daripada panel suria pada hari pertama	27
4.2	Data yang diambil daripada panel suria pada hari kedua	27
4.3	Data yang diambil daripada panel suria pada hari ketiga	28
4.4	Data yang diambil daripada panel suria pada hari keempat	28
4.5	Data yang diambil daripada panel suria pada hari kelima	29
4.6	Data yang diambil daripada panel suria pada hari keenam	29
4.7	Data yang diambil daripada panel suria pada hari ketujuh	30
4.8	Sudut kecondongan pada ketujuh-tujuh hari	30
4.9	Pengiraan kuasa output daripada panel suria	34
4.10	Bandingan kuasa output	35



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Struktur jalur semikonduktor jenis-n	8
2.2 Struktur jalur semikonduktor jenis-p	9
2.3 Fotovolta n ke p	11
2.4 Binaan asas sel suria	13
2.5 Cirian arus-voltan bagi sel suria	14
2.6 Arus pada pengkonduksi sebagai fungsi beza keupayaan	17
2.7 Motor ringkas	18
3.1 Litar sistem penjejakan suria	21
3.2 Sudut antara panel suria dengan aliran sinaran matahari	23
3.3 Reka bentuk rak bagi sistem tanpa penjejakan suria	23
4.1 Arus yang diambil mengikut sistem penjejakan suria	31
4.2 Arus yang diambil mengikut sistem tanpa penjejakan suria	32
4.3 Kuasa output bagi kedua-dua sistem	37



SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
4.1 Reka bentuk sistem penjejakan suria	40



SENARAI SIMBOL

\pm	Lebih atau kurang
\approx	Lebih kurang sama
=	Sama dengan
+	Positif
-	Negatif
Ω	Ohm
A	Ampere
V	Volt
W	Watt
°	Darjah
K	Kelvin



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Matahari merupakan punca utama tenaga yang ada di permukaan bumi. Sumber tenaga suria merupakan salah satu fenomena semula jadi yang datang daripada pancaran matahari dan dapat berubah kepada tenaga yang berguna. Tenaga suria ini mempunyai keupayaan yang lebih sempurna jika berbanding dengan sumber fosil seperti petroleum, arang batu dan sebagainya. Tenaga suria tergolong dalam tenaga yang boleh diperbaharui. Tenaga yang boleh diperbaharui tersebut memainkan peranan yang penting untuk mempertahankan aspek kestabilan ekonomi dan pemulihian alam sekitar.

Tenaga pembaharuan diperoleh daripada matahari secara terus dan juga percuma. Penjanaan kuasa elektrik tersebut tidak mendatangkan sebarang pencemaran bunyi dan juga pencemaran udara yang datang daripada pembakaran dan sebagainya. Unsur yang paling penting adalah masalah kelupusan bekalan tidak akan merungsingkan orang ramai dengan sebab bumi akan menerima pancaran dari matahari pada setiap hari siang. Dengan demikian tenaga suria akan semakin dititikberatkan serta digemari oleh orang ramai pada abad yang seterusnya.



1.2 SEJARAH PERKEMBANGAN

Teknologi sel suria telah dikembangkan sejak abad ke-19. Pada tahun 1839, seorang ahli fizik yang bernama Antoine-Cesar Becquerel didapati bahawa arus elektrik terhasil apabila sinaran cahaya menerjun ke dalam bahan konduksi melalui satu elektrod. Russell Ohl pula adalah ahli sains yang mencipta sel suria silikon yang pertama pada tahun 1941. Sejak tahun 1950, perkembangan sel suria semakin pesat melalui Telefon Bell dan Makmal RCA. Sel tersebut merupakan punca kuasa yang baik kepada manusia dan lebih daripada 1000 satelit mendapatkan bekalan kuasa daripada sel suria sejak 1960-an dan 1970-an (William & Paul, 1980). Pasaran sel suria telah dibuka sejak tahun 1975 dan kita boleh dapatkannya dengan mudah terutama sel suria jenis silikon. Kemajuan pembinaan sel suria masih pesat dibangunkan pada zaman sekarang dengan kehendak dan permintaan pengguna.

1.3 KUASA TENAGA SURIA

Tenaga yang diterima secara langsung daripada pancaran matahari dikenali sebagai tenaga suria. Secara amnya, tenaga suria adalah kesemua tenaga yang diterima oleh bumi yang datang dari matahari. Tenaga ini memberikan cahaya pada hari siang di bumi sebagai tenaga pemanasan di bumi dan juga mendatangkan banyak faedah seperti memberikan tenaga kepada tumbuh-tumbuhan untuk menjalankan proses fotosistesis. Tanpa matahari, tiada kehidupan akan hidup di bumi ini.

Apabila pengawalan sesuatu tenaga terjadi maka proses ini dikenali sebagai kuasa. Dengan hal demikian, kuasa tenaga suria adalah satu proses di mana

pengawalan tenaga yang diterima secara terus dari matahari dijalankan. Tenaga suria ini dapat dikumpulkan dan menukarkannya kepada kerja. Untuk mendapatkan tenaga suria ini daripada matahari dengan sempurna maka masalah pengumpulan dan pengawalan tenaga harus dihapuskan. Pengumpulan tenaga suria adalah susah sekali pada waktu malam dan juga hari mendung. Dengan demikian, regulator harus dihasilkan iaitu litar penyambungan antara panel suria dengan bateri. Kegunaan regulator adalah untuk mengawal arus yang diterima dari panel suria supaya arus dapat dicaskan ke dalam bateri dan berfungsi sebagai suis. Dengan adanya pengumpulan tenaga dalam bateri maka penggunaan kuasa elektrik dapat dijalankan bila-bila masa tanpa menimbangkan waktu malam ataupun hari mendung.

1.4 SEL SURIA

Sel suria merupakan litar yang menukar pancaran cahaya kepada kuasa elektrik secara langsung. Sel suria juga dikenali sebagai sel fotovolta (PV). Fotovolta ialah peranti yang menjana voltan apabila cahaya matahari tertuju ke atasnya (Zol Azlan, 1996). Daripada sel fotovolta, ia mempunyai makna yang berlainan iaitu foto sama dengan cahaya dan volta sama dengan kuasa elektrik. Pembinaan teknologi sel fotovolta (PV) biasanya adalah penggabungan beberapa sel semikonduktor (wafer) yang berbentuk segi empat (Mukund, 1999). Foton dalam sel suria digunakan untuk menukar pancaran cahaya kepada kuasa elektrik. Semakin banyak gabungan sel suria akan meningkatkan kuasa elektrik keluarannya. Sel suria digabungkan untuk menjadi satu keping susunan yang dikenali sebagai panel suria.

1.5 OBJEKTIF KAJIAN

Projek ini dijalankan untuk menyediakan sistem penjejakan suria dan membuat kajian terhadap litar sistem penjejakan suria. Sistem penjejakan suria ini membolehkan permukaan panel suria sentiasa bersudut tepat dengan gerakan matahari supaya tenaga suria yang maksimum dapat diterima.

Projek ini dilaksanakan untuk menguji arus dan voltan yang akan diterima pada panel suria. Pengujian ini dijalankan dan keputusan akan diambil melalui sistem penjejakan suria dan sistem tanpa penjejakan suria dengan mengasingkan panel suria kepada dua sistem yang berasingan. Di samping itu, sudut kecondongan panel suria dengan sinaran matahari juga diambil kira. Seterusnya, kuasa output daripada kedua-dua sistem akan dianalisiskan.

Selain itu, peranan komponen-komponen dalam litar seperti diod, perintang, transistor, kapasitor dan sebagainya dapat dikaji.

1.6 SKOP KAJIAN

Skop kajian ini adalah mengkaji litar sistem penjejakan suria ini yang dengan bantuan gerakan motor elektrik.

Di samping itu, nilai-nilai yang diterima oleh sistem panel suria diukur mengikut sistem penjejakan suria dan sistem tanpa penjejakan suria. Nilai-nilai

tersebut akan diukur dengan multimeter. Data-data yang diterima dikumpulkan dan dijadualkan.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 CIRI-CIRI SEL SURIA

Sel suria yang paling umum digunakan pada masa sekarang adalah diperbuat daripada semikonduktor. Semikonduktor adalah suatu bahan yang sifat-sifat elektroniknya terletak di antara sifat logam dan penebat. Pembawa cas semikonduktor adalah terdiri daripada lohong dan elektron. Apabila pancaran cahaya dikenakan ke atas sel suria, semikonduktor akan menyerapkannya ke dalam. Ini bermaksud tenaga yang datang daripada pancaran cahaya ke atas sel akan diserap oleh semikonduktor. Secara fizikal, ciri-ciri sel suria ada serupa dengan diod simpang p-n.

Biasanya semikonduktor silikon dipilih dalam pembinaan sel suria dengan sebab utama silika mempunyai sifat-sifat hablur. Silika sangat diminati kerana silika adalah unsur yang kedua banyak di permukaan bumi, ia mempunyai haba pendam terbesar dengan unsur lain dan mempunyai haba konduksi yang tinggi (William & Paul, 1980). Namun begitu, sel suria bagi semikonduktor GaAs dengan gabungan unsur-unsur kumpulan 13 dan 15 mempunyai kesan 25.1% berbanding dengan semikonduktor silikon yang mempunyai kesan 24.0% (Bett et al., 1999).



Walaubagaimanapun, semikonduktor silikon lebih diminati kerana harganya lebih murah dalam pasaran.

Setiap atom silika mempunyai 14 elektron dan dibahagi kepada tiga petala elektron. Hanya petala elektron yang terluar tidak diisi penuh dan mempunyai 4 elektron sahaja. Dengan demikian ia harus mengkongsi elektron dengan atom di sebelahnya. Struktur hablur silika memainkan peranan penting bagi sel suria.

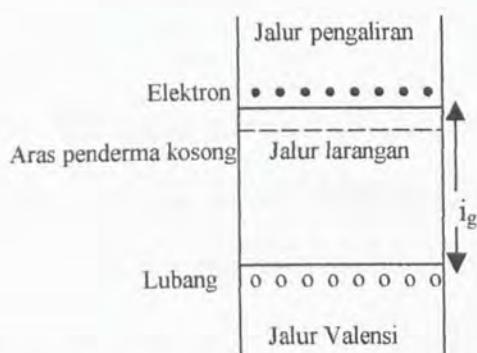
Pada suhu 0 K, semikonduktor dapat dianggap sebagai penebat (Muhammad, 1989). Atom-atom semikonduktor terikat kuat oleh ikatan kovalen. Dengan hal demikian, sifat konduksi dalam semikonduktor hanya akan berlaku pada $T > 0$ K. Secara umum, terdapat 2 jenis semikonduktor, iaitu semikonduktor instrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Semikonduktor instrinsik adalah semikonduktor yang tulen dan sifat-sifat konduksi ditentukan oleh bahan yang tidak dimasukkan bendasing. Semikonduktor ekstrinsik pula adalah semikonduktor yang tidak tulen dan sifat-sifat konduksinya ditentukan oleh bendasing kimia.

2.1.1 Penderma dan penerima

Menurut jadual berkala, atom silika mempunyai 4 elektron valensi. Dalam sel suria, bendasing harus ditambahkan ke dalam silika. Kita akan fikir bahawa bendasing ini membazirkan tetapi tanpa pertambahan bendasing kerja tidak akan dapat dilaksanakan. Ini kerana silikon tulen adalah konduktor lemah dan tidak mempunyai elektron yang bebas bergerak. Kita boleh mempertimbangkan fosforus sebagai bendasing dengan menggantikan atom Si. Oleh sebab fosforus mempunyai 5 valensi

maka terdapat satu lebihan elektron selepas penggantian atom Si. Kelebihan satu elektron ini tidak ikatan dengan elektron lain tetapi kekuatan positif nukleus fosforus masih mampu memegangnya supaya tidak mengalir keluar.

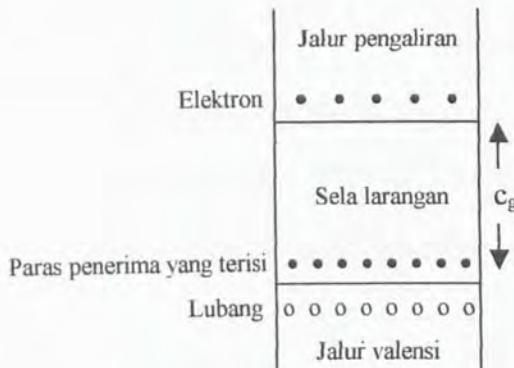
Menurut gambarajah di bawah, satu aras tenaga dibenarkan iaitu di antara jalur larangan dengan jalur pengaliran dan dinamakan sebagai aras penderma kosong. Pada suhu bilik, sebilangan besar elektron akan teruja ke jalur pengalir supaya dapat bersedia untuk pengaliran elektrik. Malah, setiap atom fosforus menyumbangkan satu elektron tunggal kepada jalur pengalir, maka atom ini disebut atom penderma (Zol Azlan, 1996). Dalam hal demikian, silikon adalah dinamakan semikonduktor jenis-n dan fosforus pula dinamakan bendasing jenis-n.



Rajah 2.1 Struktur jalur semikonduktor jenis-n (Zol Azlan, 1996)

Dalam bahagian lain, silikon terdop dengan atom boron, di mana boron mempunyai 3 valensi di petala terluar. Boron memerlukan satu elektron yang datang daripada silikon untuk melakukan ikatan kovalen dan menghasilkan silikon jenis-p. Terdapat satu aras yang nipis di sela larangan dan aras ini mempunyai banyak kekosongan yang bilangannya sama dengan atom boron. Didapati bahawa pada suhu

yang rendah, elektron dari jalur valensi akan teruja dan mengisi kekosongan tersebut dengan mudah. Dengan demikian, boron dinamakan sebagai atom penerima. Kedua-dua silikon dan boron dikelaskan sebagai bahan jenis-p.



Rajah 2.2 Struktur jalur semikonduktor jenis-p (Zol Azlan, 1996)

2.1.2 Simpang p-n

Apabila tenaga dikenakan ke atas silikon tulen, ikatan elektron akan terputus dan mengakibatkan elektron bebas mengalir serta meninggalkan atom-atomnya. Elektron ini bebas bergerak di seluruh hablur dan akan mengalir untuk mengisi ke dalam lohong. Elektron tersebut adalah pembawa cas dan akan mengakibatkan arus terhasil tetapi penghasilannya adalah sedikit. Dengan demikian, silikon harus terdop dengan bendasing supaya penghasilannya lebih sempurna.

Setiap sel fotovolta mempunyai sekurang-kurangnya satu medan elektrik. Tanpa medan elektrik ini, sel tidak dapat menjalankan kerja walaupun tenaga dikenakan ke atas sel. Apabila silikon jenis-n bersentuh dengan silikon jenis-p, medan elektrik tersebut terhasil. Dengan medan elektrik tersebut, elektron bebas di bahagian n akan cenderung mengisi ke dalam lohong yang ada pada bahagian p.

Kelebihan elektron dalam silikon akan menyeimbangkan proton yang ada di fosforus dan kehilangan elektron pula akan menyeimbangkan proton yang ada di boron. Keadaan ini boleh diterangkan lubang yang berdekatan dengan simpang akan meresap dari bahan jenis-p ke bahan jenis-n dan elektron pula akan meresap dari bahan jenis-n ke bahan jenis-p. Dengan demikian, keneutralan silikon akan terpecah dan menghasilkan arus. Pada simpang, penggabungan terhasil dan mengakibatkan perpindahan elektron dari simpang n ke simpang p semakin susah. Pada akhirnya, keseimbangan terhasil dan terhasilnya dua bahagian medan elektrik.

Sel semikonduktor berbentuk segi yang dinamakan wafer menunjukkan simpang antara silikon jenis-p dengan satu lapisan nipis silikon jenis-n. Terdapat dua elektrod yang disambung sebagai litar luaran supaya fotoarus yang terjana dapat mengalir keluar melaluinya. Elektrod pada lapisan permukaan adalah sangat nipis supaya sinaran akan sampai ke simpang untuk menghasilkan kerja. Fotoarus yang terjana mengalir daripada bahan jenis-n kepada jenis-p. Fotoarus ini diberikan oleh

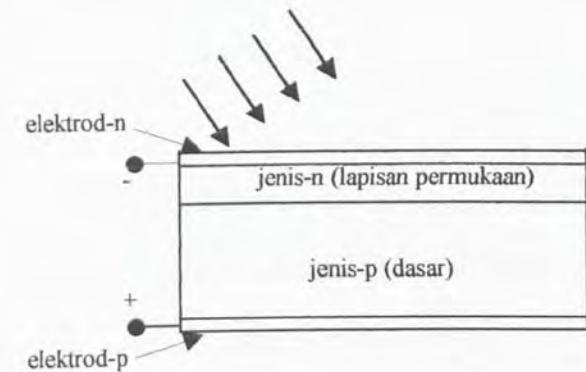
$$J_p = en \quad (2.1)$$

dengan n ialah kadar pembentukan pasangan lohong-elektron(per unit luas) (Zol Azlan, 1996).

Daripada gambarajah di bawah, didapati bahawa arus akan mengalir balik melalui litar luaran, iaitu mengalir daripada bahan jenis-p kepada bahan jenis-n. Arus ini merupakan ke depan dan dinamakan arus simpang, J_s . Arus simpang adalah bersamaan dengan fotoarus dan mempunyai perhubungan dengan voltan yang merentasinta, iaitu

$$J_p = J_s = J_0(e^{V_{tr}/kT} - 1) \quad (2.2)$$

dengan V_{LT} merujuk kepada voltan litar-terbuka.



Rajah 2.3 Fotovoltaik ke p (Zol Azlan, 1996)

Secara ringkasnya, terdapat dua prinsip asas kelakuan kerja bagi sel suria. Pertama, terhasilnya pasangan-pasangan cas positif dan negatif semasa sel suria menyerapkan pancaran cahaya suria. Kedua, perpisahan antara cas positif dan negatif berlaku dengan tenaga yang dikenakan ke atas sel suria itu.

2.1.3 Sistem dan tatasusunan fotovoltaik

Pengaliran elektron dalam sel fotovoltaik akan membekalkan arus dan medan elektrik sel menyebabkan voltan terhasil. Apabila gabungan arus dengan voltan terhasil kuasa, iaitu $P = I \times V$. Voltan keluaran fotovoltaik silikon tunggal selalunya $\approx 0.5V$, jadi ia tidak cukup tinggi untuk dalam penggunaan elektrik biasa (Zol Azlan, 1996). Untuk mendapatkan keluaran arus dan voltan yang lebih tinggi, gabungan beberapa sel secara sesiri dan selari diadakan untuk menghasilkan satu panel suria. Sambungan sel suria dalam panel secara sesiri dapat meningkatkan voltan dan sambungan secara selari akan menghasilkan lebih banyak arus. Menurut Japan Quality Assurance, sel

RUJUKAN

- Abdul Samad Hanif. 2000. *Prinsip Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Asiah Salleh (ptrj). 1992. *Fizik 2*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Bett, A.W., Dimroth, F., Stollwerck, G. dan Sulima, O.V., 1999. Materials Science & Processing. *III-V compounds for solar cell applications*, Appl. Phys.A69. 119-129.
- Yamamoto, K., Yoshimi, M., Tawada, Y., Okamoto, Y., Nakajima, A. & Igari, S., 1999. Materials Science & Processing. *Thin-film Poly-Si Solar Cells on Glass Substrate Fabricated at Low Temperature*, Appl. Phys. A 69, 179-185.
- Muhammad Bin Yahaya, 1989. *Pengenalan Fizik Keadaan Pepejal*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Mukund, R.P., 1999. *Wind and Solar Power Syatems*. U.S. Merchant Marine Academy Kings Point, New York.



Robert, L. B. dan Louis Nashelsky. 1996. *A Survey of Electrical Engineering Principles*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Roger Messenger dan Jerry Ventre. 2000. *Photovoltaic Systems Engineering*. Florida Atlantic University Boca Raton, Florida.

Sukhatme, S.P., 1996. *Solar Energy*. Indian Institute of Technologi, Mumbai.

Pauzi Abdullah, Shamsinar Wales Nasaruddin & Wan Amizah Wan Mahmud (ptrj). 1993. *Kaedah Anasis Beralatan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

William, C.D. dan Paul N.C., 1980. *Solar Energy Techology Handbook*. Part A Engineering Fundamentals.

Zol Azlan Haji Hamidin (ptrj). 1996. *Pengenalan Tenaga Suria untuk Ahli Sains dan Jurutera*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.