

dari pelat kaca dan tertutup dari pelat kaca. Untuk dioda silikon yang sambungannya paralel terbuka dari pelat kaca besarnya adalah 352×10^{-4} Joule pada temperatur pengamatan 39°C , sedangkan yang tertutup dengan pelat kaca energi listrik rata-ratanya adalah 233×10^{-4} Joule. Sementara untuk sambungan seri terbuka dari pelat kaca adalah 84×10^{-5} Joule dan sambungan seri tertutup dari pelat kaca energi listrik rata-rata yang dihasilkan besarnya adalah 68×10^{-5} Joule pada temperatur sekitar pada waktu pengamatan adalah 38°C .

3. Hasil-hasil diatas menunjukkan sel silikon yang lebih layak dipergunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah sel silikon yang disambung dengan sambungan paralel dan terbuka tanpa ditutup dengan pelat kaca. Arus listrik maksimum yang dihasilkan untuk jenis sambungan ini besarnya adalah $102,9 \times 10^{-2}$ milli ampere dan energi listrik rata-rata maksimum yang dihasilkannya adalah 352×10^{-4} Joule pada waktu pengamatan temperatur lingkungan 39°C .

DAFTAR PUSTAKA

- E. Klugman-Radziemska, E. Klugman, 1999. Alternative sources of energy Photovoltaic energetics, WEIS, Bialystok
- John A. Duffie and A. Beckman, 1994. *Solar Energy Thermal Processes*, Copyright (C) by John Willey & Son Inc.
- K. Nakajima, K. Ohdaira, K. Fujiwar, W. Pan, 2005. Solar cell system using a polished concave Si-crystal mirror. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 72 : 323-329
- Li Shengs, 1993. *Semiconductor Physical Electronics*. Plenum Press, New York.
- Shrotaya V., Li, G., Yao, Y. 2006. Accurate. Measurement and Characterization of Organic Solar Cells, *J.Wiley Interscience Journal*, 16: 2016-2023

STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN SEL SILIKON SEBAGAI PENGUBAH ENERGI MATAHARI MENJADI ENERGI LISTRIK

Maksi Ginting, Walfred Tambuhan, Minarni, Purnama

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Riau

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang “Studi Kelayakan Penggunaan Sel Silikon sebagai Pengubah Energi Matahari menjadi Energi Listrik” dengan metoda eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan cara merangkai dioda silikon selinder ke rangkaian bentuk paralel dan bentuk rangkaian seri pada pelat rangkaian PCB, kemudian rangkaian ini dimasukkan ke dalam suatu kotak terbuat dari kayu yang diisolasi dengan isolator kardus. Kotak tersebut ada yang dibuat terbuka tanpa pelat kaca dan ada yang dibuat tertutup dengan pelat kaca kemudian diletakkan ke tempat yang bebas cahaya matahari jatuh dengan mengarahkan dioda silikon tegak lurus terhadap cahaya matahari jatuh lalu diamati arus listrik yang dihasilkan dioda silikon setiap selang waktu 10 menit. Hasil yang diperoleh, arus listrik dihasilkan bernilai maksimum adalah untuk dioda sambungan paralel dan terbuka tanpa penutup pelat kaca sebesar $102,9 \times 10^{-2}$ milli ampere dengan energi listrik rata-rata yang dihasilkan $35,2 \times 10^{-3}$ Joule pada temperatur 39°C , sedangkan arus listrik minimum dihasilkan dari rangkaian dioda bentuk seri tertutup dengan pelat kaca sebesar 20 mikro ampere dengan energi listrik rata-rata dihasilkan sebesar 51×10^{-5} Joule. Dari hasil-hasil tersebut yang lebih bagus dan lebih layak digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah dioda silikon bentuk sambungan paralel terbuka tanpa memakai penutup pelat kaca.

Kata kunci : *Diode silikon, energi listrik, energi matahari*

PENDAHULUAN

Krisis energi merupakan suatu persoalan bagi penduduk di dunia ini karena sumber energi yang paling lazim dihasilkan selama ini dari dalam perut bumi makin lama makin bekurang (misalnya: minyak tanah, batu bara dan lain-lain). Salah satu sumber energi yang dapat diperoleh secara cuma-cuma adalah energi matahari (John A. Duffie and A. Beckman, 1994) sehingga matahari yang merupakan sumber energi dewasa ini merupakan tumpuan para peneliti.

Salah satu cara yang dapat digunakan sehingga energi matahari ini dapat dimanfaatkan adalah dengan mengubahnya menjadi energi listrik. Cara perubahan energi matahari ini menjadi energi listrik dicoba dengan menggunakan bahan semikonduktor silikon yang telah diberi ketidakmurnian (doping) yang terdiri dari dua tipe yaitu tipe n dan tipe p (Li Shengs, 1993) Pada penelitian ini akan dipelajari kelayakan pengubahan energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel silikon. Sel silikon yang digunakan adalah sel silikon sambungan tipe-p dan tipe-n yang dirangkai secara seri dan paralel serta dihadapkan ke sumber cahaya matahari yang jatuh secara tegak lurus terhadap rangkaian sel silikon lalu diamati arus dan energi listrik yang dihasilkan.

METODE

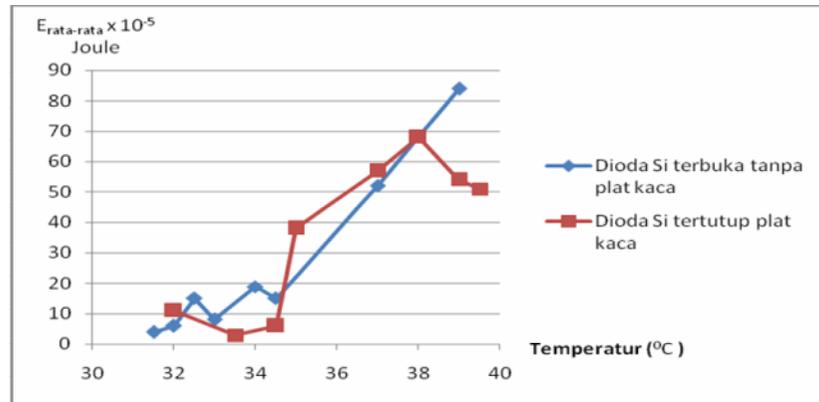
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, di mana semikonduktor sambungan p-n dari bahan silikon disusun sedemikian rupa di dalam suatu bagan sehingga sel tersebut dapat berfungsi sebagai penangkap radiasi matahari. Hal ini disebabkan karena jumlah pembawa muatan mayoritas pada tipe p akan bertambah dan pembawa muatan mayoritas elektron pada tipe n juga akan bertambah. Elektron-elektron pada tipe n dan pembawa muatan positron (hole) pada tipe p bergerak-gerak jika disinari oleh cahaya

ini disebabkan karena pada saat eksperimen berlangsung cuaca ekstrim artinya peralatan yang semula ditempatkan ke ruang terbuka dengan keadaan cuaca cerah lalu secara tiba-tiba cuaca berawan sehingga temperatur lingkungan menurun dan paparan radiasi matahari yang jatuh ke panel silikon intensitasnya menurun sehingga menghasilkan energi listrik yang rendah. Di samping itu termometer untuk mengukur temperatur lingkungan juga mempengaruhi hasil pengukuran sebab termometer yang digunakan pada penelitian ini menggunakan termometer skala, sementara alat ukur arus listrik dan tegangan listrik menggunakan multimeter digital, sehingga respon waktu alat ukur termometer bentuk skala sangat lamban transisinya ke skala sebenarnya jika cuaca keadaan berubah-ubah yakni cerah mendung cerah mendung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1. Arus listrik yang besar dihasilkan oleh dioda silikon sambungan hubungan paralel terbuka tanpa penutup pelat kaca dan tertutup dengan pelat kaca yang besarnya masing-masing untuk sambungan paralel terbuka dari pelat kaca adalah $102,9 \times 10^{-2}$ milliampere dan untuk sambungan paralel tertutup dengan pelat kaca adalah $91,14 \times 10^{-2}$ milliampere, sedangkan arus listrik yang dihasilkan kecil nilainya adalah dioda silikon yang sambungannya seri terbuka dari pelat kaca dan tertutup dengan pelat kaca, untuk dioda silikon yang terbuka dari pelat kaca besarnya adalah 25 mikroampere dan untuk dioda silikon tertutup dengan pelat kaca nilainya adalah 21 mikrometer.
2. Energi listrik rata-rata yang dihasilkan besarnya adalah untuk dioda silikon yang sambungannya paralel terbuka



Gambar 7. Grafik energi listrik rata-rata (E) Joule yang dihasilkan panel diode sel silikon terhadap temperatur (T) °C untuk hubungan rangkaian seri

Grafik-grafik tersebut memperlihatkan energi listrik rata-rata yang paling besar dihasilkan dari dioda sel silikon yang dihubungkan secara sambungan paralel dan terbuka tanpa penutup pelat kaca nilainya adalah 352×10^{-4} Joule dengan temperatur lingkungan pada waktu pengamatan 39°C , sedangkan energi listrik rata-rata yang paling besar dihasilkan dioda silikon paralel tertutup dengan plat kaca nilainya adalah 233×10^{-4} Joule dengan temperatur lingkungan pada waktu pengamatan 39°C .

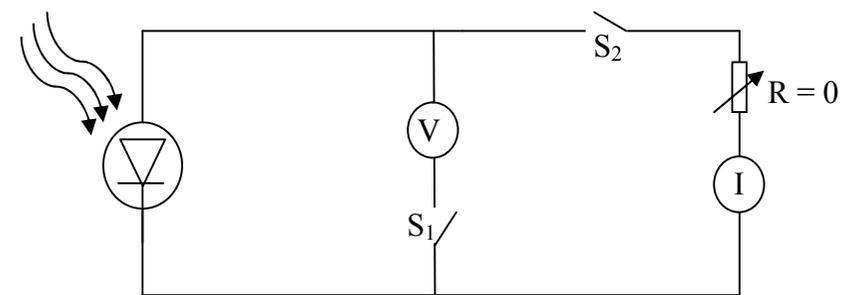
Untuk sambungan seri energi listrik rata-rata yang paling besar dihasilkan silikon tanpa penutup plat kaca nilainya adalah 84×10^{-5} Joule dengan temperatur lingkungan pada waktu pengamatan 39°C dan untuk sel silikon yang tertutup dengan pelat kaca nilai energi rata-rata yang dihasilkan adalah 68×10^{-5} Joule pada temperatur lingkungan waktu pengamatan 38°C .

Gambar-gambar tersebut memperlihatkan bahwa nilai energi rata-rata yang dihasilkan sel silikon berfluktuasi tidak teratur terhadap temperatur lingkungan saat pengamatan. Hal

matahari sehingga gerak pembawa muatan elektron dan pembawa muatan hole (positron) ini menghasilkan arus listrik (E.Klugman-Radziemska,E.Klugman,199). Radiasi energi matahari dapat berubah ke bentuk tegangan dan arus listrik dengan cara merangkai sel silikon tersebut seperti gambar rangkaian yang ditampilkan pada gambar. 1. Bila tegangan yang dihasilkan akibat penyinaran sel silikon adalah V dan kuat arus listrik adalah I maka daya listrik yang dihasilkan oleh sel silikon adalah :

$$P = V I \dots\dots\dots 1)$$

dimana : P = daya sumber listrik = watt, V = tegangan listrik = volt dan I = arus listrik = ampere. Dengan mengukur tegangan listrik (V) dan arus listrik (I) pada rangkaian sel silikon yang disinari dengan cahaya matahari maka dapat diperhitungkan daya dan energi listrik yang dihasilkan panel silikon tersebut. radiasi matahari



Gambar 1. Rangkaian sel silikon untuk mengukur tegangan dan arus listrik

Jika rangkaian silikon disinari oleh cahaya matahari selama waktu t detik maka energi listrik yang dihasilkan oleh rangkaian ini adalah :

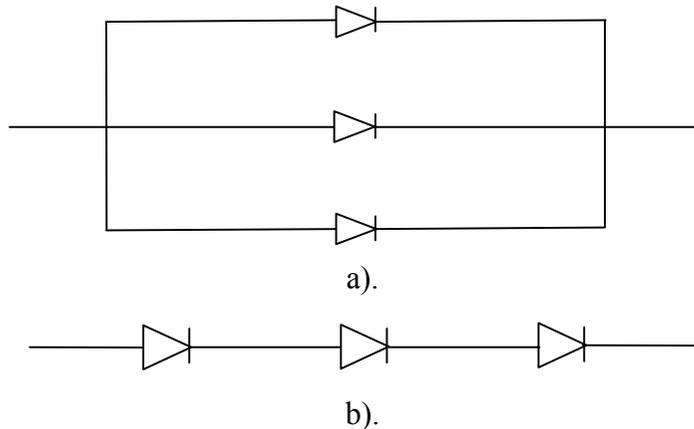
$$W = P.t \dots\dots\dots 2)$$

bila persamaan 1) disubsitusikan ke dalam persamaan 2) maka energi listrik yang diperoleh oleh sel (W.Pann, 2005) adalah :

$$W = V I t \dots\dots\dots 3)$$

dimana: W = energi listrik = Joule, V = tegangan listrik = volt,
 I = arus listrik yang dihasilkan = ampere, t = lama waktu
penyinaran sel silikon = detik

Sel silikon yang digunakan pada penelitian ini adalah sel silikon yang berbentuk selinder masing-masing jenis sel silikon ini disusun secara seri dan secara paralel seperti terlihat pada gambar 2, di atas sebuah PCB matrix dan membentuk satu kesatuan menjadi satu panel lalu panel silikon ini dimasukkan ke dalam kotak terbuat dari kayu yang konstruksinya ditampilkan seperti pada gambar 3.

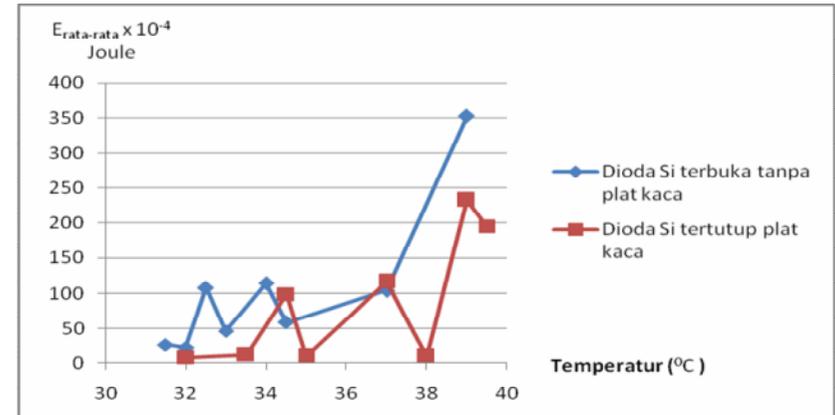


Gambar 2. a). Panel sel Si dalam hubungan paralel. b). Panel Si sel dalam hubung

Eksperimen

Sebelum pengukuran dimulai terlebih dahulu ditentukan lokasi tempat pengukuran di mana tempat yang radiasi matahari dapat langsung mengenai peralatan yang digunakan. Kemudian peralatan pada gambar 3 dijaga agar terlindung dari radiasi matahari dengan cara menutup peralatan tersebut dengan penutup. Lalu arahkan peralatan ini tegak lurus ke arah radiasi

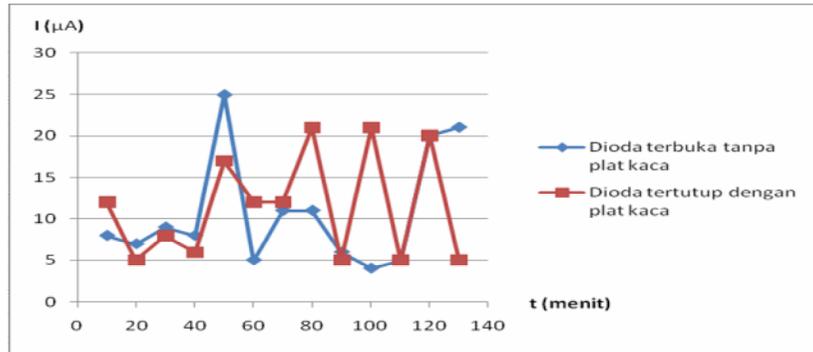
Di samping itu pada peralatan yang tertutup dengan pelat kaca memang banyak pemantulan berulang-ulang dari cahaya yang terbias di ruang yang dibatasi permukaan pelat kaca yang berhadapan dengan dioda silikon, jatuh ke dioda sehingga pemantulan cahaya yang berulang-ulang ini diharapkan dapat menyumbangkan penghasilan arus listrik pada panel silikon tetapi karena energinya kecil dan lebih kecil dari sela energi terlarang dioda silikon sehingga cahaya tersebut tidak mampu memindahkan elektron-elektron dari pita valensi ke pita konduksi di dalam dioda dan pada akhirnya tidak dapat menyumbangkan arus listrik hanya dapat menghasilkan panas (kalor) di ruangan tersebut.



Gambar 6. Grafik energi listrik rata-rata (E) Joule yang dihasilkan panel dioda sel silikon terhadap temperatur (T) °C untuk hubungan rangkaian paralel.

Gambar 6 dan gambar 7 adalah grafik hasil perhitungan energi rata-rata yang dihasilkan sel silikon terhadap temperatur sekitar selama waktu pengamatan dari pukul 10. 15 sampai dengan pukul 12. 25 untuk tujuh hari pengamatan.

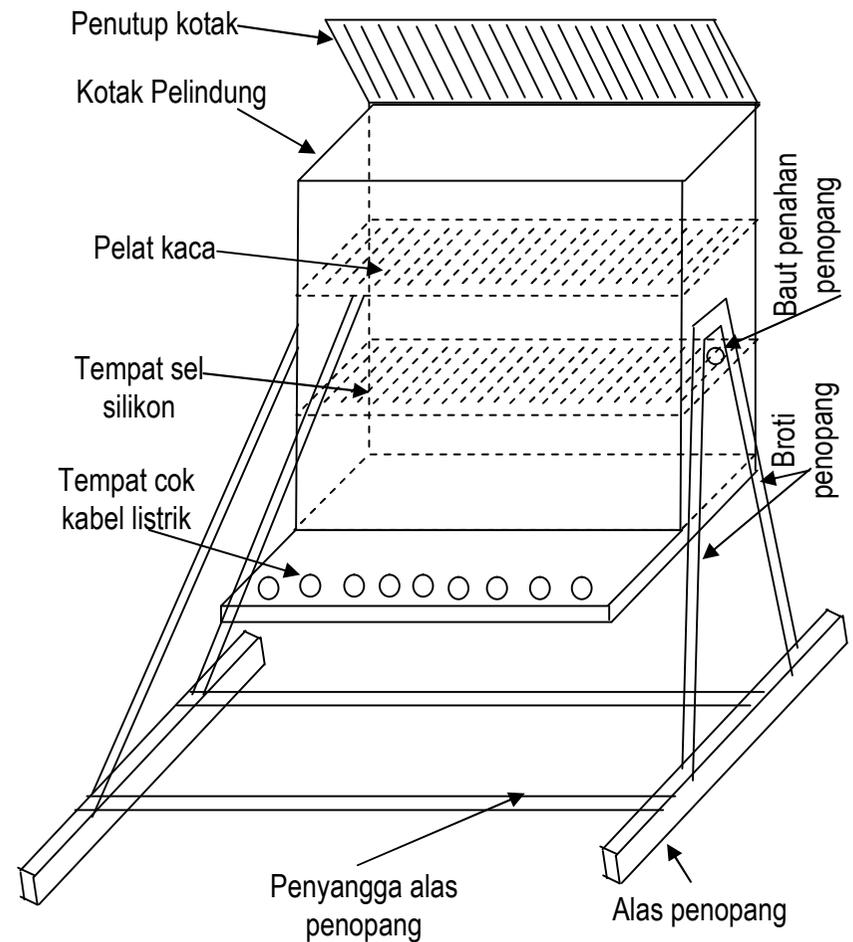
pita valensi bergerak berpindah ke pita konduksi menghasilkan arus listrik yang lebih besar.



Gambar 5. Grafik arus listrik (I) terhadap lama waktu penyinaran (t) dari dioda Silikon untuk sambungan seri. Pengamatan dari pukul 10.15 sampai dengan pukul 12.25 temperatur lingkungan 34°C

Untuk peralatan yang tertutup dengan pelat kaca bagian energi radiasi matahari yang energinya sama atau lebih besar dari sel energi terlarang dari sel silikon kemungkinan lebih sedikit jatuh secara langsung ke sel silikon tersebut jika dibandingkan dengan sistem peralatan yang terbuka tanpa ditutup pelat kaca, hal ini disebabkan karena untuk peralatan yang tertutup dengan pelat kaca di permukaan pelat kaca yang menghadap ke arah radiasi matahari jatuh ke pelat terjadi dua proses yaitu: proses pembiasan dan proses pemantulan. Pada proses pembiasan cahaya, cahaya yang terbias menembus pelat kaca mengenai dioda silikon dan pada proses pemantulan cahaya, cahaya yang dipantulkan arahnya kembali menjauhi pelat kaca dan tidak mengenai pelat dioda silikon sehingga jumlah elektron-elektron yang bergerak berpindah dari pita valensi ke pita konduksi jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan peralatan yang terbuka tanpa pelat kaca dan pada akhirnya menghasilkan arus listrik yang lebih kecil.

matahari datang, setelah arahnya tegak lurus maka buka penutup kotak kemudian catat temperatur sekitar dengan termometer keadaan cuaca cerah dan waktu pada saat alat mulai beroperasi serta catat juga tegangan dan kuat arus listrik yang dihasilkan dari masing-masing sel silikon yang telah dibuat.



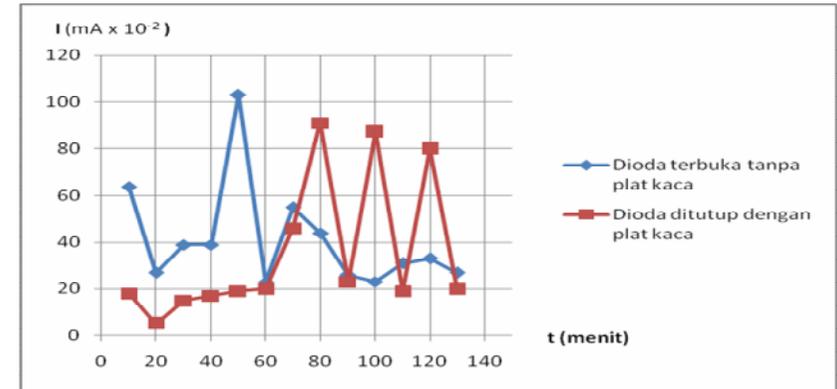
Gambar 3. Konstruksi peralatan eksperimen secara lengkap

Perubahan kuat arus, tegangan listrik, temperatur sekitar dan keadaan cuaca diamati dan dicatat setiap 10 menit sekali. Selama pengukuran posisi peralatan harus diatur tetap supaya posisi permukaan sel silikon selalu tegak lurus terhadap radiasi matahari datang. Pada penelitian ini percobaan dilakukan pada daerah terbuka di depan Laboratorium Fisika Modern FMIPA Universitas Riau mulai dari tgl 25 Oktober 2012 sampai dengan 1 November 2012.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil eksperimen yang diamati untuk 50 sel silikon sambungan seri dan 50 sel silikon sambungan paralel merupakan bentuk grafik yang ditampilkan mulai gambar 4 sampai dengan gambar 7. Gambar 4 adalah gambar grafik antara arus listrik (I) yang dihasilkan sel silikon terhadap waktu penyinaran (t) untuk pengamatan setiap 10 menit dari 50 sel silikon sambungan paralel untuk konstruksi peralatan eksperimen terbuka tanpa penutup pelat kaca dan 50 sel silikon sambungan paralel tertutup dengan pelat kaca serta diarahkan terhadap arah radiasi matahari datang secara tegak lurus. Sedangkan gambar 5 adalah grafik antara arus listrik (I) yang dihasilkan sel silikon terhadap waktu penyinaran (t) untuk pengamatan setiap 10 menit dari 50 sel silikon sambungan seri terbuka dan 50 sel silikon sambungan seri tertutup dengan pelat kaca bening yang ketebalannya 1 mm. Grafik-grafik tersebut memperlihatkan bahwa arus listrik yang paling besar dihasilkan oleh dioda silikon jenis sambungan paralel terbuka tanpa pelat kaca yakni $102,9 \times 10^{-2}$ milli ampere dan jenis sambungan paralel tertutup pelat kaca sebesar $91,14 \times 10^{-2}$ milli ampere. Untuk sambungan seri arus listrik yang dihasilkan dioda silikon terbuka tanpa pelat kaca adalah 25 mikro ampere dan sambungan seri tertutup dengan pelat kaca adalah 21 mikro ampere. Hasil-hasil tersebut sesuai dengan hukum ohm bahwa arus listrik dari suatu bahan

selalu berbanding terbalik dengan hambatan (Shrotaya V., Li,G. Yao, 2006) sehingga hambatan total dari sambungan 50 sel silikon bentuk seri jauh lebih besar dari 50 sel silikon yang disambung secara paralel sehingga arus listrik yang dihasilkan jenis sambungan seri jauh lebih kecil jika dibandingkan dari jenis sambungan paralel.



Gambar 4. Grafik arus listrik (I) terhadap lama waktu penyinaran (t) dari dioda Silikon untuk sambungan paralel. Pengamatan mulai pukul: 10.15 sampai dengan pukul 12.25 temperatur lingkungan 34°C

Gambar 4 dan gambar 5 juga memperlihatkan arus yang lebih besar dihasilkan dari sistem peralatan sambungan silikon yang terbuka tanpa ditutup dengan pelat kaca untuk jenis sambungan paralel, sedangkan untuk jenis sambungan seri arus listrik yang lebih dihasilkan adalah dioda silikon terbuka tanpa penutup pelat kaca. Hal ini disebabkan untuk sistem peralatan yang terbuka tanpa ditutupi pelat kaca radiasi matahari yang datang secara tegak lurus ke pelat silikon bebas jatuh ke permukaan silikon tersebut sehingga kemungkinan energi dari radiasi matahari yang sampai ke permukaan silikon ini sebagian besar nilainya sama atau lebih besar dari nilai energi sela terlarang dioda silikon sehingga banyak elektron-elektron dari