

# ALAT PENGISI BATERAI TELEPON SELULER BERBASIS ENERGI MATAHARI

Faridah, Rismawan, Balza Achmad

Lab. Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, UGM

Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

e-mail: faridah@yahoo.com, balzach@ugm.ac.id

## Abstract

Cellular phone battery recharging using conventional energy source, i.e. electricity supply, has disadvantage within the areas that are not covered by electricity grids (PLN). This research designed a prototype of cellular phone battery charger based on solar energy. Some solar cells were used to convert solar energy into electricity currents that fluctuated due to variation of sun light with 10.11 volt maximum voltage. Reserved batteries were used for temporary storage of the generated currents. Boost converter was used to stable the output voltage about 8 volt with input above 3 volt. The test showed that there was a variation on nominal voltage increase of the phone battery. At sunny condition and while the reserve battery was fully charged, Nokia N3350 battery voltage increased to 0.03 Volt in 30 minutes. For Siemens C45 battery recharging, the system must be reconfigured. The reconfigured system increased nominal battery voltage of 0.2 Volt in 2 hours.

**Keywords:** Battery charger, solar cell, boost converter.

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, perkembangan dan penggunaan teknologi komunikasi di Indonesia sangat pesat. Salah satunya adalah telepon seluler yang penyerapan terus meningkat. Pengisian ulang baterai telepon seluler yang menggunakan sumber energi konvensional, yaitu jaringan listrik PLN, menjadi kendala pemerataan dan penyerapan teknologi komunikasi pada daerah-daerah yang belum memiliki akses pada jaringan listrik.

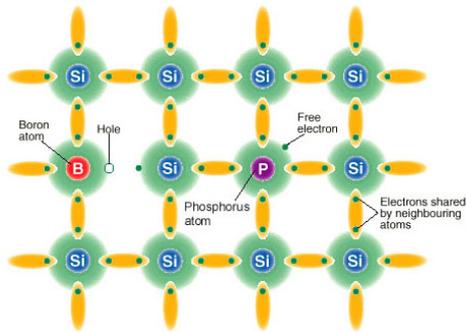
Indonesia yang tergolong kaya sumber energi matahari, mempunyai total intensitas penyinaran rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari. Di samping itu, karena letaknya tepat di garis khatulistiwa, lamanya matahari bersinar di Indonesia berkisar 2.000 jam per tahun [9]. Energi matahari yang sangat besar tersebut belum dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Energi matahari yang diterima permukaan bumi sering terabaikan, bahkan terkadang terasa mengganggu karena menyebabkan ketidaknyamanan tubuh. Gagasan pemanfaatan energi matahari untuk membangkitkan energi listrik merupakan gagasan yang bagus dan penting, sebagai upaya mencari sumber energi alternatif pembangkit listrik pengganti bahan bakar fosil yang cadangannya di perut bumi semakin menipis. Energi surya relatif lebih mudah diperoleh, dapat dikatakan tidak menimbulkan polusi sama sekali, dan tersedia hampir setiap hari.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat pengisi baterai telepon seluler dengan memanfaatkan energi matahari. Energi matahari dikoversi secara langsung oleh beberapa panel surya (*solar cell*) yang berukuran fisik kecil menjadi energi listrik. Dalam alat ini juga digunakan baterai cadangan sebagai unit penyimpanan sementara serta *boost converter* sebagai unit pengendali tegangan keluaran. Penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangan positif pada perkembangan alat-alat komunikasi di tanah air. Alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari bertenaga surya ini diharapkan dapat menggantikan alat isi ulang baterai konvensional, terutama pada daerah yang tidak terdapat jaringan listrik.

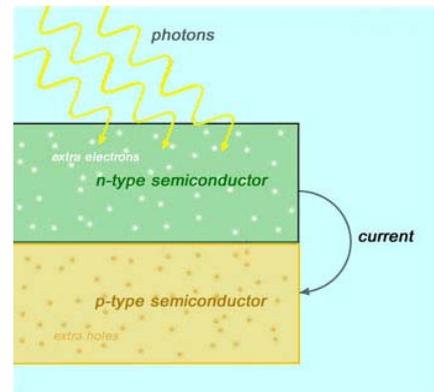
## 2. LANDASAN TEORI

Atom Silikon (Si) adalah atom yang mempunyai empat elektron valensi. Masing-masing elektron ini membentuk ikatan dengan elektron valensi dari atom-atom Silikon yang bersebelahan sehingga terbentuk molekul yang stabil.

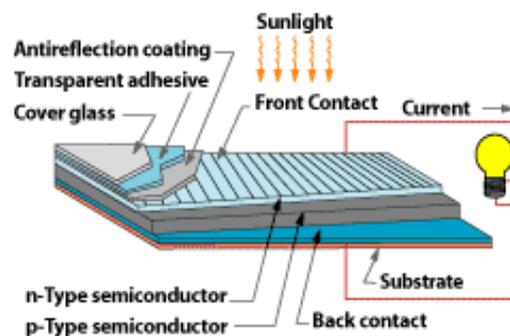
Kehadiran atom (*doping*) dengan jumlah elektron valensi ganjil memicu ketidakstabilan atom-atom Si. Kehadiran atom Phospor, yang mempunyai lima elektron valensi menyebabkan gabungan atom ini mempunyai kelebihan satu elektron untuk membentuk pasangan stabil. Atom Silikon seperti ini disebut sebagai Silikon jenis *p*. Jika atom Si ditambahkan dengan atom Boron, yang memiliki tiga elektron valensi, menyebabkan gabungan atom ini kekurangan satu elektron untuk membentuk pasangan stabil. Atom-atom Silikon pada keadaan ini disebut sebagai jenis *n*.



Gambar 1. Atom Si mendapat *doping* [7].



Gambar 2. Peristiwa terjadinya aliran elektron pada sel surya [7].



Gambar 3. Prinsip kerja sel surya [16]

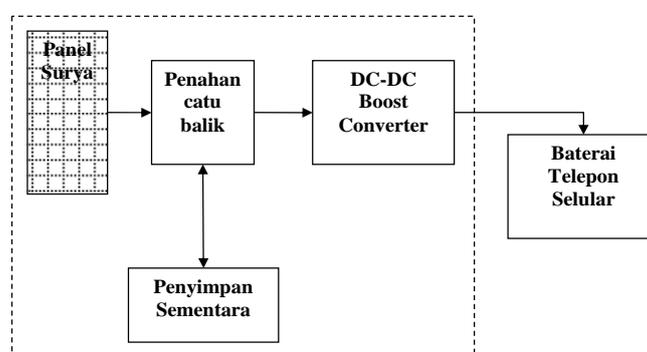
Jika kristal Silikon jenis *p* dan jenis *n* dipersatukan, secara listrik kekurangan dan kelebihan elektron pada tiap-tiap kristal akan saling berinteraksi. Elektron-elektron pada kristal jenis *p* akan tertarik dan mengalir ke arah *hole-hole* pada kristal jenis *n*. Saat terjadi keseimbangan listrik pada sambungan *p-n* ini, maka kristal jenis *n* mempunyai banyak elektron sehingga bersifat sangat elektronegatif sedangkan pada kristal jenis *p* kelebihan *hole* sehingga bersifat sangat elektropositif. Pada sambungan *p-n* terjadi pengosongan muatan sehingga tercipta lapisan kosong yang mempunyai medan listrik cukup kuat akibat beda muatan pada kristal *p* dan kristal *n*. Medan listrik ini dapat mempercepat elektron-elektron yang jatuh pada lapisan pengosongan (*depletion layer*). Lapisan pengosongan ini juga menciptakan *potensial barrier*, yaitu tegangan hambat agar elektron mampu melewati lapisan pengosongan.

Penyambungan kristal Silikon jenis *n* dan jenis *p* menciptakan dioda yang peka terhadap gangguan elektron pada daerah pengosongan. Cahaya Matahari merambat sebagai gelombang elektromagnetik dan sebagai materi yang disebut *foton*. Keberadaan *foton* mampu mempengaruhi elektron-elektron yang ditabraknya. *Foton* yang masuk daerah pengosongan dioda *p-n* akan mengionisasi atom-atom Silikon (atom Si). Atom-atom yang terionisasi akan mampu melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron yang terlepas dari atom Si akan memasuki daerah pengosongan kemudian dipercepat oleh medan listriknya.

Pengurangan dan penambahan elektron pada tiap-tiap kristal akan mempengaruhi kuat arus pada kristal. Jika beda potensial masing-masing ujung kristal dihubungkan dengan beban di luar kristal akan tercipta kalang aliran arus.

### 3. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap perancangan alat dan pengujian alat. Tahap perancangan dimaksudkan untuk menentukan komponen-komponen penyusun alat dan diagram blok dari alat. Studi pustaka dan studi literatur diperlukan dalam tahap ini untuk mendapatkan gambaran umum tentang alat yang akan dirancang. Dari sini juga didapatkan komponen-komponen yang dapat digunakan dalam alat dan prinsip kerjanya. Tahap pengujian alat dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik alat sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan hasil perancangan alat. Dalam tahap ini dimungkinkan dilakukan rekonfigurasi alat hasil perancangan yang telah dilakukan untuk mendapatkan konfigurasi komponen dari alat yang mempunyai unjuk kerja yang paling bagus.



Gambar 4. Diagram blok alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari hasil perancangan.

Perancangan alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari menitik beratkan pada upaya pencarian alternatif proses isi ulang baterai konvensional menggunakan tenaga listrik. Alat ini dirancang dengan memanfaatkan teknologi *switching mode power supply* (SMPS). Teknologi SMPS telah lama dikenal dan dipakai dalam regulasi catu daya. Dengan menggunakan teknologi ini bisa didapatkan tegangan yang lebih tinggi ataupun lebih rendah. Efisiensi dari regulasi tegangan menggunakan teknologi SMPS ini bisa lebih tinggi dari metode penaikan tegangan dengan cara konvensional (trafo) karena rugi-rugi daya pada komponen diperkecil dengan frekuensi kerja yang tinggi [2].

Gambar 4 menunjukkan diagram blok alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari hasil dari perancangan. Alat ini terdiri dari beberapa blok yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri. Masing-masing blok bisa dijelaskan sebagai berikut:

#### 4.1. Blok panel surya

Penggunaan panel surya pada sistem ini adalah sebagai sumber energi utama sistem. Energi matahari yang diterima panel surya diubah menjadi energi listrik yang besarnya tergantung pada tingkat radiasi matahari. Panel surya yang digunakan pada sistem ini ada dua jenis. Jenis pertama menggunakan panel surya mini sebanyak 6 buah. Masing-masing menghasilkan tegangan 1 Vp dan arus maksimum 400 mA. Untuk kebutuhan sistem ini keenam buah panel surya disusun seri sehingga menghasilkan tegangan sebesar 6 Vp. Jenis yang kedua, yaitu panel surya dari I-Sun. Mempunyai tegangan 10,11 Vp dan daya maksimum 2,2 watt pada tegangan 7,5 V.

#### 4.2. Penahan catu balik

Blok penahan catu balik berfungsi menjaga aliran arus agar selalu mengarah dari panel surya ke beban. Aliran arus ini tidak boleh terbalik. Jika arus berbalik arah dari beban ke panel

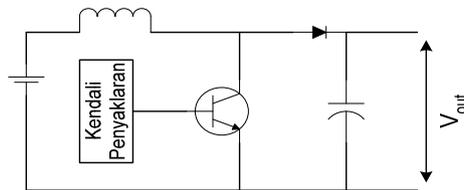
surya menyebabkan kerusakan pada panel surya. Sesuai dengan fungsinya sebagai penyearah arus, maka pada blok ini diletakkan dioda *p-n junction*.

#### 4.3. Blok penyimpanan sementara

Fungsi dari blok penyimpanan sementara adalah menyimpan produksi muatan dari panel surya jika tidak diumpankan ke beban. Penyimpanan muatan ini berarti sebagai cadangan energi sistem saat panel surya tidak mampu memberikan daya untuk kerja alat. Pada desain ini digunakan baterai GP jenis NiCad (Nikel Kadmium). Baterai isi ulang jenis AA. Memiliki kemampuan pelepasan arus hingga 700 mAh dan tegangan nominal terminal baterai sebesar 1,2 V.

#### 4.4. Blok boost converter

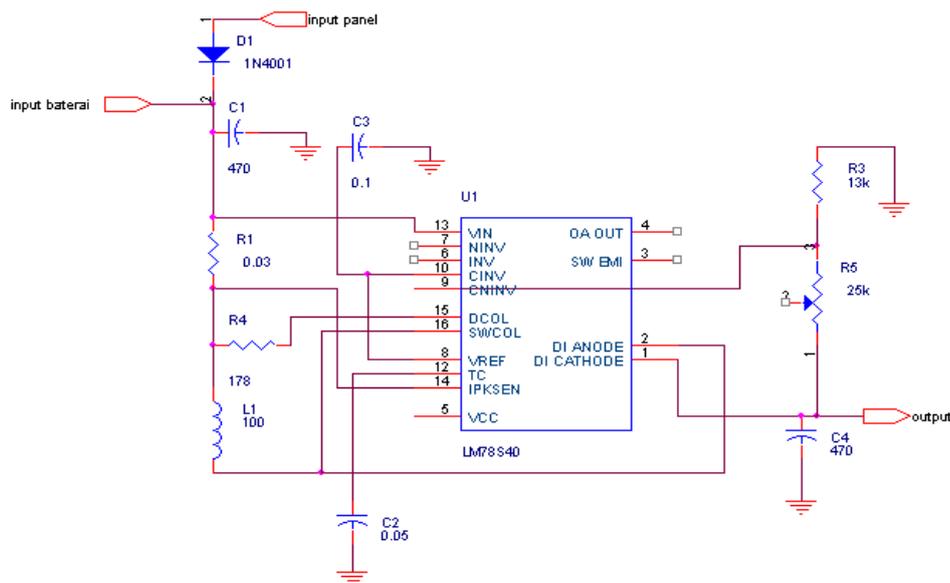
Unit *boost converter* merupakan unit penaik dan pengatur tegangan. Unit ini menjaga level tegangan keluaran dari sistem agar selalu pada level yang ditentukan. Rangkaian utama dari *boost converter* terdiri dari induktor sebagai penyimpan energi, dioda sebagai penyearah, dan kapasitor sebagai penyimpan energi akhir (Gambar 5). Dalam alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari, *boost converter* yang digunakan sudah berupa *Integrated Circuit (IC)* yaitu *IC switching regulator* LM78S40.



Gambar 5. Rangkaian dasar *boost converter* [8].

#### 4.5. Blok beban

Beban untuk sistem ini merupakan baterai pada telepon genggam. Rangkaian elektronika dari alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 6.



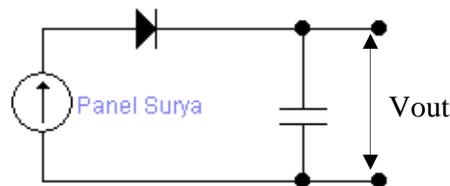
Gambar 6. Skema rangkaian alat.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik alat sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan hasil perancangan alat. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan unjuk kerja alat dan melakukan perbaikan-perbaikan pada alat hasil perancangan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan pada baterai Nokia N3350 dan Siemens C45.

##### 4.1. Pengujian terhadap penggunaan boost converter.

Unit *boost converter* digunakan untuk menjaga level tegangan keluaran dari sistem agar selalu pada level yang ditentukan. Tetapi, disatu sisi, unit ini membutuhkan catu daya, yang pada alat ini diperoleh dari sel surya. Sehingga bisa mengurangi efisiensi energi yang dihasilkan sel surya. Oleh karena itu dilakukan pengujian penggunaan *boost converter*. Dari sini akan diketahui seberapa perlu pemakaian *boost converter* pada alat ini. Untuk pengujian ini dibuat alat pengisi baterai berbasis energi matahari sederhana tanpa menggunakan *boost converter* merupakan *solar* sistem yang sangat sederhana seperti pada Gambar 7. Panel surya menggunakan jenis panel surya mini. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.



Gambar 7. Alat pengisi baterai berbasis energi matahari sederhana tanpa *boost converter*.

Tabel 1. Hasil uji alat Gambar 7 (panel surya mini) pada Nokia N3350

Pengujian ke-	$V_{ohp}$ (volt)	Indikator baterai awal	Indikator proses	$V'_{hp}$ (volt)	Indikator baterai akhir
1	3,73	Satu strip	Mengisi sesaat (5 detik) kemudian berhenti.	3,73	Satu strip
2	3,6	kosong	Mengisi sesaat (5 detik), kemudian berhenti	3,6	kosong
3	3,75	Satu strip	Mengisi sesaat kemudian berhenti.	3,6	kosong
4	3,75	Satu strip	Mengisi sesaat kemudian berhenti.	3,6	Satu strip sesaat (2 detik) kemudian kosong.

Tabel 2. Hasil uji alat Gambar 7 (panel surya mini) pada Siemens C45

Pengujian ke-	$V_{ohp}$ (volt)	Indikator baterai awal	Indikator proses	$V'_{hp}$ (volt)	Indikator baterai akhir
1	3,7	Kosong	Pengisian berjalan selama 16 detik berulang-ulang dengan interval 1 detik.	3,5	Satu strip sesaat (2 detik), kemudian kosong
2	3,6	kosong	Pengisian berjalan selama 16 detik berulang-ulang dengan interval 1 detik.	3,5	kosong
3	3,8	Dua strip	Pengisian berjalan selama 16 detik berulang-ulang dengan interval 1 detik.	3,7	Satu strip.
4	3,8	Dua strip	Pengisian berjalan selama 16 detik berulang-ulang dengan interval 1 detik.	3,5	Dua strip sesaat kemudian kosong.
5	3,85	Dua strip	Pengisian berjalan selama 16 detik berulang-ulang dengan interval 1 detik.	3,6	Dua strip sesaat kemudian kosong.

Keterangan:

$V_{ohp}$  = Tegangan awal baterai telepon seluler sebelum pengujian (volt)

$V'_{hp}$  = Tegangan akhir baterai telepon seluler setelah pengujian (volt)

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa proses pengisian tidak dapat berlangsung dengan baik pada kedua baterai, baterai Nokia N3350 dan baterai Siemens C45. Hasil akhir pengujian setiap selang waktu 30 menit menunjukkan hasil tidak memuaskan. Pengukuran tegangan pada baterai telepon genggam menunjukkan penurunan. Sehingga bisa disimpulkan proses yang terjadi di sini bukan sepenuhnya pengisian baterai, namun juga terjadi pengosongan muatan pada baterai. Indikasi lebih mencolok terlihat pada indikator muatan baterai pada telepon seluler.

Hal ini bisa terjadi ketika panel surya dan kapasitor mampu menyediakan tegangan minimal operasional pengisian baterai dalam perangkat telepon seluler sebesar 5 volt. Ketika tegangan ini tidak tercapai, disebabkan melemahnya intensitas sinar matahari, maka pengisian tidak berlangsung. Oleh karena itu pada pengujian selanjutnya digunakan rangkaian *boost converter* sebagai unit penaik dan pengatur tegangan. Diharapkan rangkaian ini mampu mengatasi ketidakaturan sumber panel surya akibat fluktuasi dari radiasi cahaya matahari.

#### 4.2. Pengujian terhadap alat hasil perancangan.

Pada bagian ini dilakukan pengujian terhadap alat pengisi baterai dengan menggunakan rangkaian *boost converter* dan penyimpanan sementara, seperti hasil perancangan pada Gambar 4. *Boost converter* yang digunakan dalam penelitian ini mampu menaikkan tegangan dengan baik dari 3 V hingga 40 V.

Pada kondisi penyinaran ideal, matahari bersinar cerah dan hanya sedikit tertutup awan, tegangan keluaran panel surya mini mencapai 3,01 V, sudah cukup untuk tegangan operasi minimal *boost converter* yaitu sebesar 3 V. Tegangan keluaran dari *boost converter* diset hingga 8 V. Namun, setelah dihubungkan dengan unit penyimpanan sementara mempunyai tegangan di atas tegangan panel surya maka arus dari panel surya terhalang untuk mengalir ke *boost converter*. Diperlukan keluaran panel surya yang lebih tinggi dari tegangan baterai pada unit penyimpanan sementara.

Tabel 3. Hasil uji alat gambar 4 (panel surya I-Sun) pada Nokia N 3350

Pengujian ke-	$V_{ohp}$ (volt)	$V_{oup}$ (volt)	Indikator proses	$V'_{hp}$ (volt)	$V'_{up}$ (volt)	Keterangan
1	3,8	3,94	Indikator pengisian berjalan sebentar (5 detik), kemudian berhenti. Muncul indikasi „sambung ulang pengisi“.	3,73	3,80	Cuaca mendung, baterai unit penyimpanan sementara belum terisi optimal.
2	3,86	4,23	Pengisian berjalan dengan baik	3,88	3,98	Cuaca berawan, baterai unit penyimpanan terisi penuh.
3	3,88	3,98	Indikator pengisian berjalan sebentar kemudian muncul indikasi „sambung ulang pengisi“.	3,82	3,76	Cuaca mendung, baterai unit penyimpanan tidak terisi dengan optimal.
4	3,86	3,95	Indikator pengisian berjalan lancar.	3,89	3,85	Cuaca cerah sedikit berawan.
5	3,89	3,85	Pengisian berjalan lancar	3,91	3,78	Cuaca cerah sedikit berawan

Tabel 4. Hasil uji alat gambar 4 (panel surya I-Sun) pada Siemens C45

Pengujian ke-	$V_{ohp}$ (volt)	$V_{obat}$ (volt)	Indikator proses	$V'_{1hp}$ (volt)	$V'_{1bat}$ (volt)	Keterangan
1	3,75	3,90	Indikator pengisian berjalan baik namun terkadang mati, kemudian mengisi kembali.	3,70	3,85	Cuaca mendung, baterai unit penyimpanan sementara belum terisi optimal.
2	3,90	4,10	Indikator pengisian berjalan baik namun terkadang mati, kemudian mengisi kembali.	3,85	3,98	Cuaca berawan, baterai unit penyimpanan terisi penuh.
3	3,88	3,98	Indikator pengisian berjalan baik namun terkadang mati, kemudian mengisi kembali.	3,82	3,76	Cuaca mendung, baterai unit penyimpanan tidak terisi dengan optimal.

Keterangan:

$V_{oup}$  = Tegangan awal baterai unit penyimpanan sebelum pengujian (volt)

$V'_{up}$  = Tegangan akhir baterai unit penyimpanan setelah pengujian (volt)

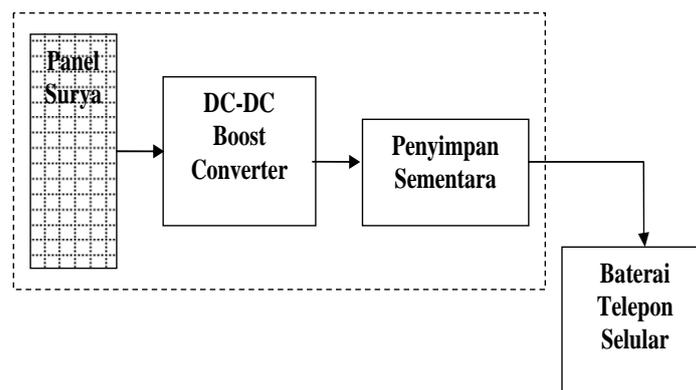
Penggunaan modul surya dengan daya lebih besar diharapkan mampu memperbaiki kinerja sistem. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan panel surya jenis I-Sun. Tegangan keluaran dari modul surya I-Sun mencapai 10,11 V pada kondisi puncak. Tegangan ini lebih tinggi dari tegangan unit penyimpanan sementara dan tegangan baterai telepon seluler. Hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada kondisi penyinaran ideal, matahari bersinar cerah, proses pengisian baterai telepon seluler Nokia N3350 dapat berjalan baik. Kenaikan tegangan tertinggi pada baterai telepon seluler sebesar 0,03 volt untuk pengujian selama 30 menit. Proses pengisian tidak berjalan lancar saat kondisi penyinaran yang lemah (cuaca mendung). Unit penyimpanan sementara pada alat ini yang berfungsi sebagai sumber daya cadangan untuk *boost converter* ketika masukan dari panel surya tidak mencukupi, kehilangan sebagian muatan. Sehingga saat tegangan panel surya lebih tinggi dari pada tegangan unit penyimpan sementara, maka yang terjadi adalah proses pengisian muatan pada baterainya. Hal ini mengakibatkan arus yang mengalir ke baterai telepon seluler menjadi kecil.

Pengujian pada baterai Siemens C 45 menunjukkan hasil yang tidak memuaskan dibandingkan pada baterai Nokia N3350. Hal ini bisa dikarenakan rangkaian internal dari telepon seluler, mengingat pengujian dilakukan saat telepon aktif. Untuk mengatasi hal ini dilakukan perubahan konfigurasi alat pengisi baterai untuk Siemens C45.

#### 4.3. Pengujian terhadap alat pengisi baterai Siemens C45 hasil rekonfigurasi.

Untuk alat pengisi baterai Siemens C45 dilakukan rekonfigurasi alat hasil perancangan sebelumnya, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari untuk Siemens C45, hasil rekonfigurasi.

Harga arus dan tegangan panel surya yang berfluktuasi menyebabkan sistem memperoleh suplai energi yang bervariasi pula. Tegangan keluaran sistem dijaga tetap pada nilai *setpoint* pada tegangan masukan panel surya yang berfluktuasi. Keluaran *boost converter* kemudian dihubungkan ke baterai. Baterai pada pengujian ini berlaku sebagai penyimpan sementara. Pada pengujian ini digunakan 6 buah baterai NiCad dengan tegangan nominal 1,2 V yang disusun seri sehingga menghasilkan tegangan teoritis 7,2 V.

Tabel 5. Hasil uji alat dengan konfigurasi Gambar 8 pada Siemens C 45

Pengujian ke-	Indikator pengisian	Hasil
1	Pengisian berjalan lancar. Tidak terjadi gejala sambung-putus.	Pengisian selama 2 jam menghasilkan kenaikan tegangan baterai dari 4 V menjadi 4,1 V.
2	Pengisian berjalan lancar. Tidak terjadi gejala sambung-putus.	Pengisian selama 2 jam menghasilkan kenaikan tegangan baterai dari 3,8 V menjadi 3,9 V.

Tabel 6. Hasil uji alat dengan konfigurasi Gambar 8 pada Nokia N3350

Pengujian ke-	Indikator pengisian	Hasil
1	Terjadi pengisian terus menerus saat penyinaran Matahari tidak terhalang.	Terjadi gejala sambung putus saat penyinaran tidak stabil.
2	Terjadi pengisian terus menerus saat penyinaran Matahari tidak terhalang.	Terjadi gejala sambung putus saat penyinaran tidak stabil.

Hasil pengujian pada Table 5 dan 6 menunjukkan bahwa pengisian berjalan baik untuk baterai Siemens C45. Pada Nokia N3350 pengisian bisa berjalan terus menerus tetapi terjadi gejala sambung putus saat penyinaran tidak stabil.

## 5. SIMPULAN

Telah berhasil dibuat alat pengisi baterai telepon seluler berbasis energi matahari. Komponen alat ini terdiri dari panel surya, *boost converter*, dan unit penyimpan sementara. *Boost converter* mengendalikan tegangan keluaran sistem pada 8 volt dari tegangan masukan panel surya yang berfluktuasi dari 3 volt hingga 10,11 volt. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh unjuk kerja alat sebagai berikut:

1. Pengujian alat menunjukkan keberhasilan pengisian baterai telepon seluler Nokia N 3350. Kinerja pengisian sistem ditunjukkan dengan kenaikan tegangan tertinggi pada baterai telepon seluler sebesar 0,03 volt untuk pengujian selama 30 menit pada cuaca cerah (panel surya mampu mengalirkan arus hubung singkat lebih dari 200 mA).
2. Pengujian sistem pada perangkat Siemens C45 tidak menunjukkan keberhasilan pengisian. Untuk pengisian baterai telepon seluler merek ini perlu dilakukan perubahan konfigurasi alat. Baterai cadangan pada desain awal dipindah letaknya setelah *boost converter* dan tegangan keluarannya ditingkatkan hingga 7,2 volt dengan penambahan baterai. Dengan perubahan konfigurasi ini didapatkan kenaikan tegangan baterai tertinggi 0,2 volt untuk pengujian selama 2 jam pada cuaca cerah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ang, S., "**Power Switching Converter**", New York: Marcel Dekker Inc., 1995.
- [2]. Erickson, "**DC-DC Power Converter**", University of Colorado
- [3]. Fridianto, T., "**Instrumen Optimum Power Track Control untuk Pengisian Baterai pada Solar Home Sistem**", Skripsi Teknik Fisika UGM. Yogyakarta, 2005.
- [4]. Hariyadi, "**Sel Surya Menggunakan Bahan Organik**", Elektro Indonesia edisi 12, 1998.
- [5]. Jansen Ted, "**Rekayasa Energi Surya**", (Terjemahan oleh: Arismunandar, W), Pradnya Paramitha, Jakarta, 1995.
- [6]. Neville, Richard, "**Solar Energy Conversion**", Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1978.
- [7]. Preuss, "**The Photoelectric Effect**", <http://accept.asu.edu/PiN/rdg/photoelectric/photoelectric.shtml>, 2004.
- [8]. Roger E., "**Understanding Boost Power Stages in Switchmode Power Supplies**", Texas Instrument Application Reports, 1999.
- [9]. Wenas, WW. 1996. "**Teknologi Sel Surya: Perkembangan dewasa ini dan yang akan datang**", Elektro Indonesia edisi 4, 1996.
- [10]. ....., "**AN 711: LM78S40 Voltage Switching Regulator Applications**", [www.national.com](http://www.national.com), 2000.
- [11]. ....., "**Battery Charging**", [www.national.com](http://www.national.com), 2005.
- [12]. ....., "**Choosing Rechargeable Battery**", [www.jaycar.com.au](http://www.jaycar.com.au), 2005.
- [13]. ....., [http://gcep.stanford.edu/pdfs/energy\\_workshops\\_04\\_04/wind\\_erickson.pdf](http://gcep.stanford.edu/pdfs/energy_workshops_04_04/wind_erickson.pdf), Mei 2005.
- [14]. ....., "**Inductor Design in Switching Regulators**", Technical Bulletin. [www.mag-inc.com](http://www.mag-inc.com), 2000.
- [15]. ....., "**Solar Cell**", [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell), 2005.
- [16]. ....., "**The photo Electric Effect**", U.S. Department of Energy, [http://www1.eere.energy.gov/solar/printable\\_versions/photoelectric\\_effect.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/printable_versions/photoelectric_effect.html), 2005.
- [17]. ....., "**Undestanding of Switch Mode Power Suply**", [www.senscore.com](http://www.senscore.com), 2005.