



UNIVERSITAS INDONESIA

**IMPLEMENTASI *SWITCHING REGULATOR* UNTUK
KOMPUTER BERGERAK DENGAN MENGGUNAKAN
TENAGA SURYA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

MUHAMMAD INSAN

040303073X

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
AGUSTUS 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad Insan

NPM : 040303073X

Tanda Tangan :



Tanggal : Agustus 2009

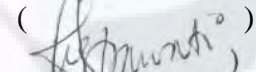
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muhammad Insan B
NPM : 0400303073X
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Implementasi *Switching Regulator* untuk
Komputer Bergerak dengan Menggunakan Tenaga
Surya

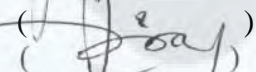
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

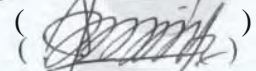
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. NR. Poespawati, M.T

()

Penguji : Arief Udhiarto, ST, MT

()

Penguji : Aji Nur Widyanto, ST, MT

()

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang telah memberi petunjuk kami kepada jalan ini. Kami tidak akan mendapatkan petunjuk ini seandainya Allah tidak berkenan memberikannya kepada kami.

Puji syukur ke hadirat Allah Azza wa Jalla yang telah memberikan hidayah serta kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini dapat terselesaikan atas bantuan serta dukungan banyak pihak. Pertama penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Ir. NR. Poespawati, M.T

sebagai dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan saran, bimbingan, serta pengarahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Kedua orang tua penulis, **Bapak Muhammad Taufik** dan **Ibu Muniroh** serta kakak dan adikku, **Muhammad Ibadi Baitussalam**, **Muhammad Isnan Nanta**, **Muhammad Imroni Agung Fotamorgani** dan **Istiharoh Putri Pratama** yang selalu memberikan doa serta dukungan selama penulisan skripsi ini.
- (2) Teman-teman Elektro UI 2003 khususnya Fitria Yulinda dan Muhammad Syafiudin yang telah memberikan banyak bantuan dalam penulisan ataupun pembuatan alat.
- (3) Mutia Dhuhanovitri dan Jatu Nirmala Sari yang telah membantu menterjemahkan literatur .
- (4) Para sahabat yang selalu memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya Zulfahrizal, Lilik Priyanto, Panji Sudarmadji dan Titiek Retno Handayani.

Akhir kata, penulis berharap Alloh Azza wa Jalla berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Insya Alloh, penulisan skripsi ini dapat memberikan kontribusi bagi umat guna mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, Agustus 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Insan
NPM : 040303073X
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-eksklusif Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**IMPLEMENTASI SWITCHING REGULATOR UNTUK
KOMPUTER BERGERAK DENGAN MENGGUNAKAN
TENAGA SURYA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Agustus 2009

Yang menyatakan



(Muhammad Insan)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Insan Biosagita
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Implementasi *Switching Regulator* untuk Komputer Bergerak dengan Menggunakan Tenaga Surya

Komputer bergerak pada umumnya memiliki rentang nilai tegangan dari 15V – 18V, untuk itu regulator yang dibutuhkan yang mampu mensuplai rentang nilai tegangan tersebut. Selain itu perancangan sistem juga harus memiliki tegangan masukan yang sesuai dengan rentang tegangan panel surya yang memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 21V, dan daya maksimum yang sesuai dengan kebutuhan komputer bergerak. Untuk itulah dibutuhkan regulator yang mampu memenuhi akan tegangan masukan dari panel surya dan kebutuhan tegangan keluaran untuk beban dan daya maksimum. Regulator yang digunakan adalah *switching regulator*, hal ini karena tingkat efisiensi dari *switching regulator* sangat tinggi.

Untuk memenuhi semua kebutuhan beban dan sumber daya maka digunakan IC L4970 yang merupakan IC *switching regulator* yang memiliki kemampuan yang memadai untuk kebutuhan sistem ini. Implementasi dari *switching regulator* dengan IC L4970 ini menghasilkan regulator yang memadai dan memiliki tingkat efisiensi yang sangat baik.

Komputer bergerak toshiba dilakukan pengisian dari kondisi 60% selama 1 jam didapat hanya naik sebesar 10% menjadi 70%, padahal dengan adaptor toshiba itu sendiri mencapai 90% untuk waktu pengisian selama 1 jam, hal ini karena daya yang diberikan oleh panel surya bukan merupakan daya maksimum yang bisa diberikan ke komputer bergerak, sehingga pengisian dilakukan lebih lama dibandingkan adaptor toshiba itu sendiri. Hal ini juga berlaku terhadap komputer bergerak Acer.

ABSTRACT

Name : Muhammad Insan Biosagita
Study Program : Electrical Engineering
Title : Implementation of Switching Regulator to a Laptop Using
Solar Power

Laptops generally have a range of voltage 15V - 18V, for the regulator that is capable of the required supply voltage is the value range. In addition, the design system should also have a voltage input voltage range in accordance with the solar panel that has a maximum voltage value of 21V, and maximum power in accordance with the needs of mobile computers. It is necessary for the regulator will be able to meet the input voltage from solar panel and the need to load the output voltage and maximum power. The regulator switching regulator is used, this is because the level of the switching regulator efficiency is very high.

To meet all the needs and resources, the burden then used the IC L4970 IC is a switching regulator that has the ability adequate to the needs of this system. Implementation of the switching regulator IC with the L4970 is the regulator and has a sufficient level of efficiency that is very good.

Toshiba laptop made of the condition of 60% obtained for 1 hour only increased by 10% to 70%, with the adapter toshiba itself up to 90% for the time for 1 hour, this is because the power provided by solar panels is not the maximum power which can be given to moving the computer, so that the charging is done more than old toshiba adapter itself. This also applies to moving Acer computer.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
2. DASAR TEORI	4
2.1 Sel Surya	4
2.1.1 Struktur Sel Surya	4
2.1.2 Prinsip Kerja	5
2.1.3 Bentuk Fisik	6
2.1.4 Arus Hubung Singkat dan Tegangan Rangkaian Terbuka	9
2.1.5 Modul dan Array	11
2.2 <i>Switching Regulator</i>	17
2.2.1 Hukum Induktansi	17
2.2.2 Buck Regulator	18
3. Perancangan sistem Daya Tenaga Surya universal untuk Komputer Bergerak	21
3.1 Spesifikasi komputer bergerak	21
3.2 Perancangan Sistem	21

3.2.1 Sel Surya	22
3.2.2 Rangkaian <i>Switching Regulator</i>	23
4. ANALISIS	34
4.1 Analisa panel surya pada hasil uji coba	36
4.2 Analisis <i>Switching Regulator</i> pada uji coba	37
4.3 Analisis beban komputer bergerak pada uji coba	38
5. KESIMPULAN	39
DAFTAR REFERENSI	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1	Struktur Sel Surya Silikon(5)
Gambar2.2	Arus Internal Dalam Sel Surya(6)
Gambar2.3	Sel Surya Mengkonversi Energi Cahaya Menjadi Energi Listrik Melalui P-N <i>Junction</i>	...(6)
Gambar2.4	Konstruksi Sebuah Sel Surya	...(7)
Gambar2.5	Rangkaian Ekuivalen Sel Surya	...(8)
Gambar2.6	Karakteristik I-V Modul Sel Surya Di Daerah Terang Dan Gelap	...(9)
Gambar2.7	Kurva P-V Saat Sel Surya Disinari Matahari	...(10)
Gambar2.8	Perbedaan Sel, Modul Dan Array	...(11)
Gambar2.9	Karakteristik V Terhadap Intensitas Matahari	... (12)
Gambar2.10	Kurva Radiasi Matahari Terhadap Efisiensi Konversi Energi Sel Surya	...(12)
Gambar2.11	Kurva Kelley Cosinus Untuk Sel Surya	...(13)
Gambar2.12	Pengaruh Nilai Suhu Yang Bervariasi Terhadap Daya Keluaran	...(15)
Gambar2.13	Karakteristik P-V Sel Surya	...(16)
Gambar2.14	<i>Buck Regulator</i>	...(18)
Gambar2.15	Arus Induktor <i>Buck Regulator</i>	...(18)
Gambar2.16	Kapasitor paristik	...(19)
Gambar2.17	Contoh grounding yang baik	...(22)
Gambar2.18	Contoh layout grounding yang baik	...(23)
Gambar2.19	Mengukur <i>ripple</i> keluaran dengan metode differential	...(25)
Gambar2.20	Nilai rata – rata arus masukan	...(27)
Gambar 2.21	L-C filter digunakan pada pengukuran arus masukan DC	...(27)
Gambar3.1	Blok Diagram Perancangan Sistem Tenaga Surya Untuk Komputer Bergerak	...(29)
Gambar3.2	Tampak Atas L4970	...(30)
Gambar3.3	Blok Diagram IC L4970	...(31)

Gambar3.4	Rangkaian <i>Switching Regulator</i>	...(31)
Gambar 4.1	Blok diagram pengujian sistem(35)



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Pengambilan data

...(41)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi dewasa ini begitu pesat, mulai dari peralatan rumah tangga, kendaraan bermotor, alat komunikasi hingga peralatan komputasi. Semua perkembangan teknologi tersebut memudahkan kita dalam kehidupan sehari – hari, dimana kebutuhan manusia saat ini sangat tergantung kepada teknologi tersebut. Namun yang perlu diingat bahwa semua teknologi yang ada saat ini membutuhkan sumber daya untuk dapat menghidupkannya. Padahal kita ketahui bahwa ada kenyataan yang sulit dibantah saat ini 220 juta jiwa penduduk negeri ini belum menikmati listrik. Banyak alasan yang menjadikan demikian. Mulai dari ketidakmampuan pemerintah menyediakan jaringan listrik, hingga harga yang sulit terjangkau oleh warga.

Mengingat banyaknya kebutuhan akan listrik untuk pemanfaatan teknologi, namun tidak ditunjang dengan tersedianya jaringan listrik di daerah – daerah terpencil, maka perhitungannya adalah dengan menggunakan tenaga matahari sebagai energi alternatif pembangkit tenaga listrik. Pertimbangannya meski dari sisi biaya investasi masih relatif tinggi, namun jika dibandingkan dengan membangun jaringan kabel, pengembangan penggunaan tenaga surya lebih memungkinkan.

Di luar negeri, pemanfaatan energi surya melalui sistem fotovoltaik sudah berlangsung lama dan banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Di Indonesia, pengembangannya sudah dilakukan pada tahun 1980-an. Penerapan pertama pemanfaatan energi surya oleh Lembaga Elektronika Nasional (LEN) yang juga diresmikan oleh Presiden Soeharto dilakukan di Kec. Sukatani, Kab. Purwakarta pada 1989. Hanya, dalam perjalanannya, kebijakan pemanfaatan energi surya seperti saat ini. Alasannya karena, skala kegiatan yang kurang ekonomis, sementara biaya investasi yang dibutuhkan sangat besar.

Indonesia sebagai negara yang terletak di khatulistiwa dengan energi radiasi matahari yang cukup tinggi dengan lama penyinaran rata – rata harian

mencapai lebih dari 6 jam. Tentunya bisa menjadi keuntungan bagi bangsa Indonesia untuk bisa memanfaatkan kondisi tersebut. Keuntungan menggunakan tenaga surya ini sepertinya sudah tidak bisa ditawar mengingat relatif lebih mudah dipasang dan dipelihara, ramah lingkungan, tahan lama, dan tak menimbulkan radiasi elektromagnetik yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, pemangkit listrik dengan tenaga surya bisa digunakan untuk segala keperluan, seperti penerangan rumah tangga, pompa air, atau telekomunikasi.

Pada skripsi ini, implementasi *Switching Regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan tenaga surya dirancang. Dengan menggunakan sel surya, kita dapat meningkatkan mobilitas penggunaan komputer bergerak di daerah – daerah yang tidak terjangkau jaringan dan distribusi listrik.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam merancang *Switching Regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan tenaga surya, spesifikasi sel surya harus memenuhi kebutuhan daya yang dibutuhkan komputer bergerak agar dapat bekerja optimal. Selain itu dibutuhkan pengaturan tegangan untuk menjaga tegangan yang masuk ke dalam komputer bergerak tetap stabil dan tetap berada pada wilayah tegangan yang sesuai dengan komputer bergerak. Pada skripsi ini lebih difokuskan pada pengaturan tegangan masukan dan besar daya yang dibutuhkan oleh komputer bergerak dengan *Switching Regulator*. Diharapkan rancangan sistem daya ini mempunyai stabilitas yang tinggi, berukuran kecil, dan disipasi daya yang sedikit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah :

1. Merancang *Switching Regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan tenaga surya
2. Merealisasikan hasil perancangan
3. Menganalisa hasil uji coba sistem

1.4 Batasan Masalah

Pada skripsi ini, Implementasi *switching regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan tenaga surya hanya difokuskan pada pembatasan masalah pada perancangan, realisasi, pengujian, dan analisa sistem.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penyusunan skripsi ini adalah dengan studi literatur mengenai sel surya dan *switching regulator*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman penulisan, skripsi ini dibagi dalam lima bab yang disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut : BAB I berisi pendahuluan yang mencakup latar belakang penulisan skripsi, perumusan masalah, tujuan penulisan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan; BAB II menguraikan teori dasar sel surya dan teori dasar *switching regulator*; BAB III menguraikan perancangan sistem; BAB IV menguraikan analisa hasil uji coba; BAB V berisi kesimpulan dari skripsi.

BAB II

DASAR TEORI

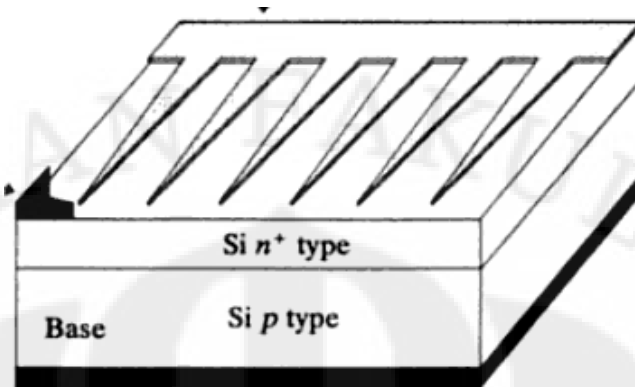
2.1 Sel Surya

Konversi energi yang dihasilkan oleh radiasi elektromagnetik cahaya menjadi energi listrik adalah fenomena fisik yang diketahui sebagai efek photovoltaik, di mana sel surya merupakan bagian terpenting pada konversi tersebut. Ketika cahaya matahari mengenai sebuah semikonduktor, maka foton yang ditransmisikan dari matahari akan memberikan energinya kepada elektron-elektron valensi semikonduktor tersebut. Saat foton mematahkan ikatan pada elektron valensi, maka sebuah elektron akan menjadi bebas, dan tempat yang ditinggalkan elektron bebas menjadi *hole*. *Hole* ini juga dapat bergerak seperti halnya elektron.

2.1.1 Struktur Sel Surya

Pada sel surya, medan listrik dibentuk di *junction* diantara dua wilayah dari kristal semikonduktor. Jika semikonduktor adalah silikon, maka salah satu wilayah (*tipe-n*) *doping* dengan *phosphorus*, yang mana mempunyai 5 elektron valensi (kelebihan satu ketimbang silikon). Wilayah ini mempunyai konsentrasi elektron lebih banyak daripada *hole*. Wilayah lain (*tipe-p*) *doping* dengan Boron, yang mempunyai tiga elektron valensi, di sini konsentrasi *hole* lebih besar daripada elektron. Perbedaan konsentrasi yang besar antar wilayah tersebut menyebabkan pergerakan medan listrik permanen dari wilayah *tipe-n* menuju wilayah *tipe-p*. Medan listrik ini akan memisahkan elektron dan *hole* tambahan saat sinar dari cahaya matahari mengenai sel surya.

Pada Gambar 2.1 ditunjukkan struktur sebuah sel surya.

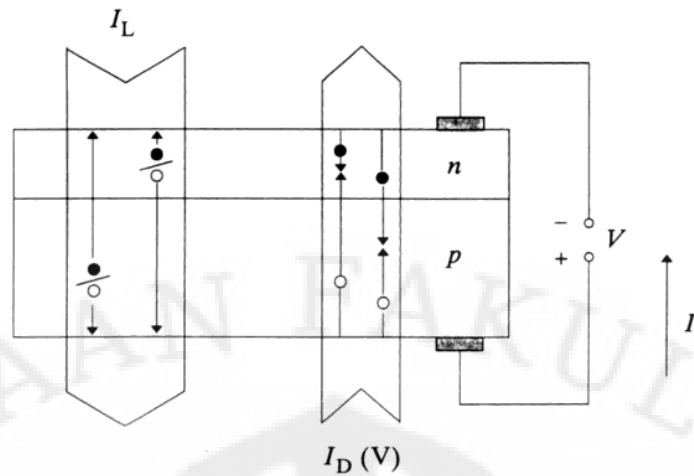


Gambar 2.1 struktur sel surya silikon [1]

2.1.2 Prinsip Kerja

Jika sebuah sel surya diberikan beban dan disinari, seperti pada Gambar 2.2, maka perbedaan potensial akan diproduksi dan akan terjadi aliran arus yang melewati beban. Arus meninggalkan sel surya dari kutub positif dan kembali ke kutub negatif. Kondisi operasi tersebut merupakan fungsi sel sebagai pembangkit energi, dan proses yang terjadi di dalam sel yaitu :

1. Foton yang masuk ke dalam sel surya yang memiliki energi sama atau lebih besar daripada energi jalur larangan (*bandgap*) akan diserap oleh semikonduktor, dan akan menghasilkan pasangan elektron – hole yang berfungsi sebagai pembawa arus.
2. Medan listrik atau perbedaan potensial diproduksi oleh sambungan p – n yang berfungsi untuk menyebarkan pembawa sebelum mempunyai kesempatan untuk bergabung kembali



Gambar 2.2 Arus internal dalam sel surya[1]

Kesimpulannya ketika sebuah sel surya yang terhubung dengan beban disinari, maka arus yang mengalir hasil dari dua aksi berlawanan dari arus internal:

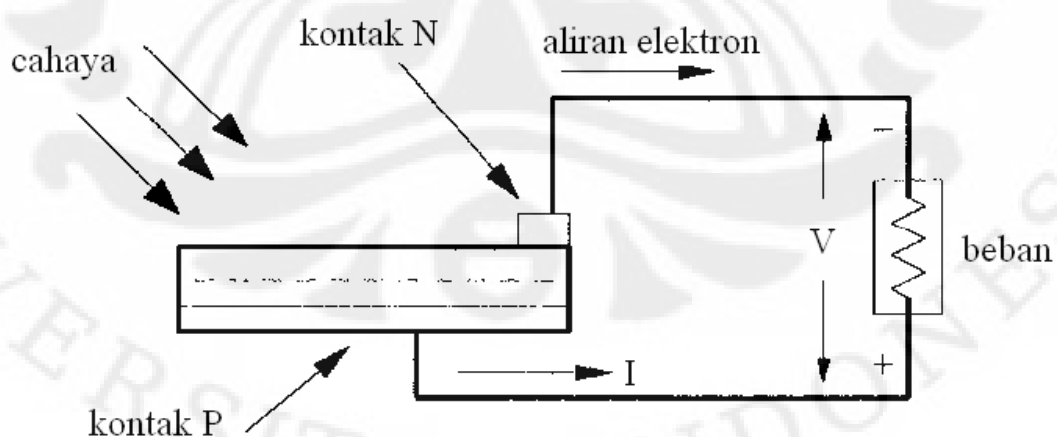
- Arus yang dihasilkan oleh cahaya, I_L
- Diode atau arus penghambat, I_D akibat rekombinasi karena dikendalikan pembawa dari tegangan luar

Sehingga dari kondisi tersebut bisa dituliskan besar arus totalnya adalah

$$I = I_L - I_D \quad (2.1)$$

2.1.3 Bentuk Fisik Sel Surya

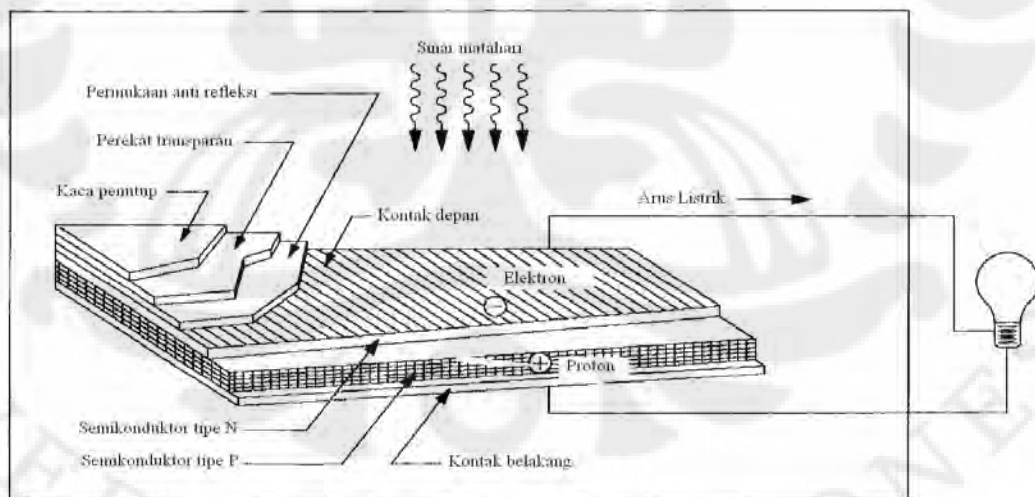
Pada Gambar 2.3 diperlihatkan bentuk fisik Sel Surya



Gambar 2.3 Sel surya mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui p-n junction [1]

Bentuk fisik sebuah sel surya mirip dengan *p-n junction*, energi yang diserap foton ditransfer ke sistem elektron material kemudian menghasilkan perbedaan tingkat energi di antara sambungan. Perbedaan tingkat energi ini dapat menghasilkan gradien energi yang menyebabkan percepatan di daerah medan listrik sehingga arus listrik mengalir di rangkaian. Arus yang mengalir pada hambatan merupakan energi yang dikonversi ke dalam bentuk energi listrik. Sisa energi foton menyebabkan suhu sel menjadi naik. Daerah potensial fotovoltaik adalah perbedaan potensial kimia yang disebut tingkat Fermi, dari elektron yang terpisah. ketika elektron dan hole bergabung maka sambungan akan mendekati sebuah kesetimbangan termodinamika yang baru. Kesetimbangan ini dapat dicapai bila tingkat Fermi di antara dua bahan sama. Hal ini menyebabkan terjadi aliran elektron dari satu bahan ke bahan lain. Perbedaan tegangan antara dua bahan yang mempunyai potensial nilai dengan perbedaan awal dari tingkat Fermi. Potensial ini mengemudikan arus listrik dari energi cahaya.

Gambar 2.4 menunjukkan konstruksi dasar sebuah sel surya. Untuk mengumpulkan *photocurrent*, logam kontak ke dua sisi sambungan digunakan untuk mengumpulkan arus listrik dari energi foton pada satu sisi.

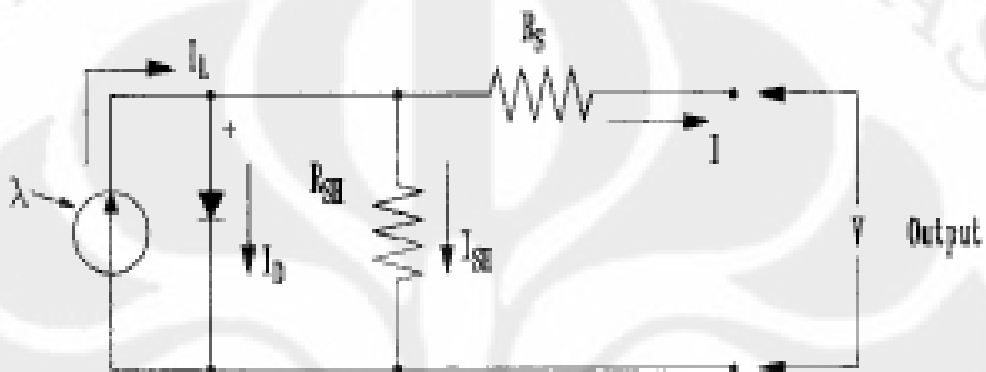


Gambar 2.4 Konstruksi sebuah sel surya[2]

Kontak timah induksi disediakan melalui bagian permukaan bawah (gelap) dan pada satu permukaan ujung atas (diterangi). Bagian atas ini mengumpulkan arus dan dapat digunakan saat terang. Tebalnya seratnya konduksi ini merupakan

perbandingan antara koefisien induksi listrik maksimum dan minimum dari cahaya. Penambahan pe-rangkat tambahan juga dilakukan misalnya bagian depan sel mempunyai lapisan anti-pemantulan untuk menyerap maksimal cahaya matahari. Selain itu untuk perlindungan dengan aplikasi kaca pelindung dengan perekat transparan.

Bentuk rangkaian listrik ekuivalen dari sel surya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Rangkaian ekuivalen sel surya[2]

Sebuah sel surya dapat digambarkan sebagai sebuah rangkaian listrik pada Gambar 2.5 dengan parameter sebagai berikut: terminal keluaran arus listrik (I) sama dengan cahaya yang dihasilkan saat (I_L). Arus diode (I_D) dan arus *shunt* bocor (I_{sh}), hambatan seri (R_s) menunjukkan hambatan dalam ke aliran listrik, dan tergantung pada kedalaman *p-n junction*, kemurnian dan koefisien hambatan. Hambatan *shunt* (R_{sh}) terkait dengan kebocoran arus ke *ground*. Dalam sebuah sel surya ideal $R_s=0$ dan R_{sh} tak hingga. Pada satu sel silikon berkualitas tinggi dengan satu inci persegi, $R_s = 0,05$ hingga $0,1$ ohm dan $R_{sh} = 200$ hingga 300 ohm. Efisiensi konversi sel surya terhadap variasi R_s yang kecil tapi dia tidak peka terhadap variasi R_{sh} . Peningkatan R_s dapat mengurangi keluaran sel secara signifikan.

Pada rangkaian ekuivalen, arus listrik yang dikirim ke beban eksternal sama dengan arus I_L yang dihasilkan oleh cahaya dikurangi arus diode (I_D) dan I_{sh} . Tegangan pada rangkaian terbuka V_{oc} dari sel diperoleh ketika arus beban nol. Ketika $I=0$, maka persamaan diberikan oleh [2] :

$$V_{oc} = V + IR_{sh} \quad (2.2)$$

Arus diode diberikan oleh persamaan arus diode yaitu[2] :

$$I_d = I_D \left[\frac{QV_{oc}}{AKT} - 1 \right] \quad (2.3)$$

dimana: I_D = arus saturasi dioda (amperemeter)

Q = muatan electron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

A = Konstanta kurva yang sesuai

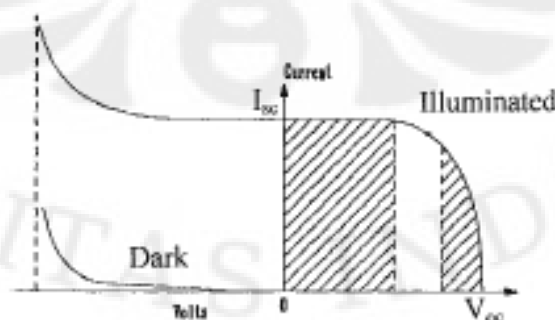
K = Konstanta Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule / K

T = suhu (Kelvin)

2.1.4 Arus Hubung Singkat dan Tegangan Rangkaian Terbuka

Dua parameter paling penting yang banyak digunakan untuk menjelaskan kinerja elektrik sel adalah tegangan rangkaian terbuka V_{oc} dan arus hubung singkat I_{sc} . Arus hubung singkat diukur dengan cara menghubungkan terminal output, dan mengukur arus terminal di bawah peninaran penuh. Menghindari dioda kecil dan ground-terminal tegangan dengan arus bocor di bawah nol. Arus hubung singkat pada kondisi ini adalah arus cahaya I_l . Tegangan cahaya maksimum dihasilkan saat tegangan rangkaian terbuka.

Gambar 2.6 menunjukkan karakteristik I-V modul sel surya pada dua kondisi gelap dan terang. Pada kuadran I, kiri atas kurva di nol tegangan disebut arus hubung singkat.

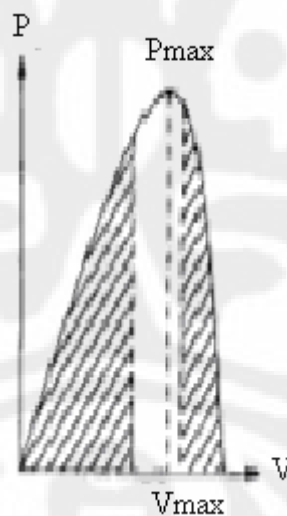


Gambar 2.6 Karakteristik I-V dari modul sel surya di daerah terang dan gelap [2]

Arus ini saat kita ukur dengan keluaran terminal hubung singkat (tegangan nol). Kemudian bawah kurva saat arus nol disebut tegangan rangkaian terbuka. Tegangan ini diukur dengan terminal ke luaran terbuka (arus listrik nol). Pada daerah bagian kiri yang diarsir, sel bekerja seperti sumber arus listrik yang konstan, menghasilkan tegangan untuk menyesuaikan dengan beban hambatan. Di daerah sebaliknya, arus listrik menurun dengan cepat dengan meningkatnya tegangan. Di daerah ini sel bekerja seperti sebuah sumber tegangan konstan dengan sebuah hambatan dalam.

Jika tegangan eksternal diterapkan dengan arah berlawanan, dapat dikatakan sistem dalam transient, arus listrik masih datar dan daya yang diserap oleh sel. Namun, di bagian tertentu tegangan negatif, sambungan *breakdown* sebagai indikator, dan arus listrik bertambah ke nilai tinggi. Pada saat gelap, arus listrik nol untuk tegangan sampai ke *breakdown* tegangan yang sama pada kondisi diterangi.

Daya keluaran panel adalah hasil kali tegangan dan arus ke luaran. Pada Gambar 2.7 ditunjukkan nilai daya terhadap tegangan.



Gambar 2.7 Kurva P-V saat sel surya disinari matahari [2]

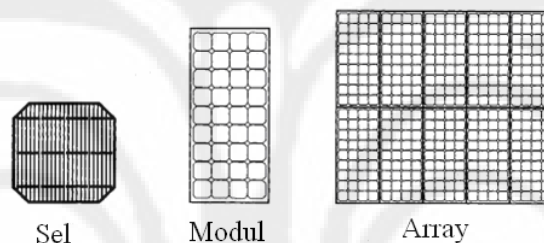
Efisiensi dari konversi energi surya dari sel surya dideskripsikan melalui persamaan[2] :

$$\eta = \frac{\text{Daya listrik keluaran}}{\text{Daya masukan dari surya}} \quad (2.6)$$

Tentunya dengan semakin besar nilai efisiensi, maka semakin tinggi daya keluaran sel surya yang kita peroleh di bawah sinar matahari.

2.1.5 Modul dan Array

Sel surya yang dijelaskan di atas merupakan bagian dasar yang membangun blok dasar sistem sel surya. Biasanya ini adalah dalam ukuran beberapa *inchi* persegi yang memproduksi satu watt daya. Untuk mendapatkan energi yang lebih tinggi maka sel-sel ini disusun secara seri maupun paralel pada area panel yang mempunyai luas beberapa kaki persegi. Pada Gambar 2.8 diperlihatkan perbedaan sel, modul dan array



Gambar 2.8 Perbedaan sel, modul dan array [2]

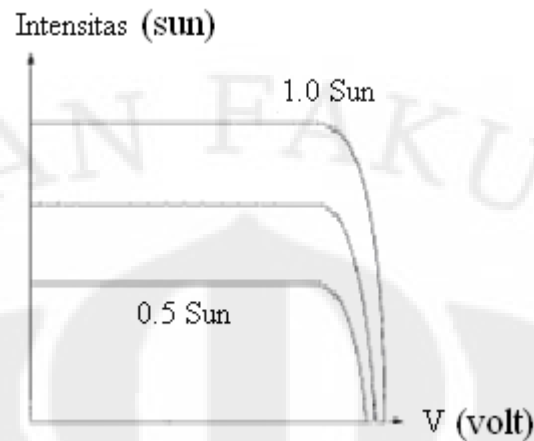
Panel surya atau array adalah suatu kelompok yang terdiri dari beberapa module elektrik yang terhubung dalam seri, paralel maupun kombinasinya untuk menghasilkan arus dan tegangan yang dibutuhkan.

Faktor utama yang mempengaruhi desain array solar sel yaitu

1. Intensitas matahari

Besarnya dari *photocurrent* adalah maksimum di saat hari terang penuh (1 sun). Pada hari terang sebagian, *photocurrent* berkurang langsung sesuai porsi intensitas matahari. Karakteristik I-V yang bergeser ke bawah lebih rendah saat

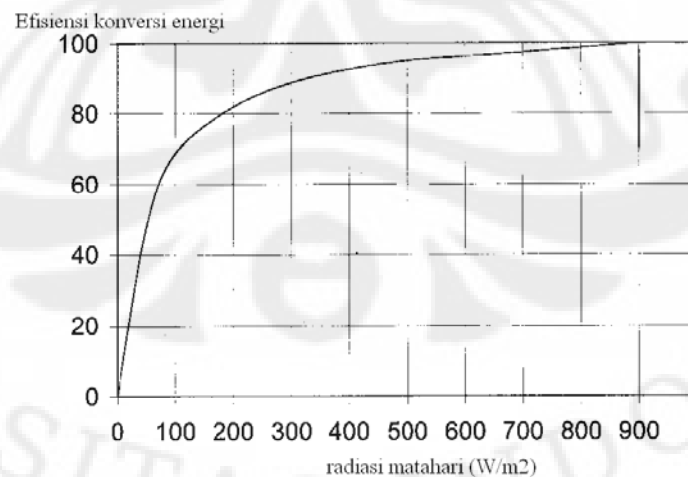
intensitas sinar matahari rendah seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.9



Gambar 2.9 Karakteristik V terhadap intensitas matahari [2]

Pada saat hari berawan, arus hubung singkat menurun secara signifikan. Pengurangan di tegangan rangkaian terbuka kecil.

Efisiensi konversi energi sel surya tidak terpengaruh dengan radiasi matahari pada saat bekerja. Sebagai contoh Gambar 2.10 menunjukkan bahwa efisiensi yang hampir sama di 500 w att/m² dan 1000 w att/m². Hal ini berarti bahwa efisiensi konversi sama saat hari cerah maupun berawan. Kita mendapat daya output yang lebih rendah pada hari berawan hanya karena energi matahari sedikit mengenai sel.

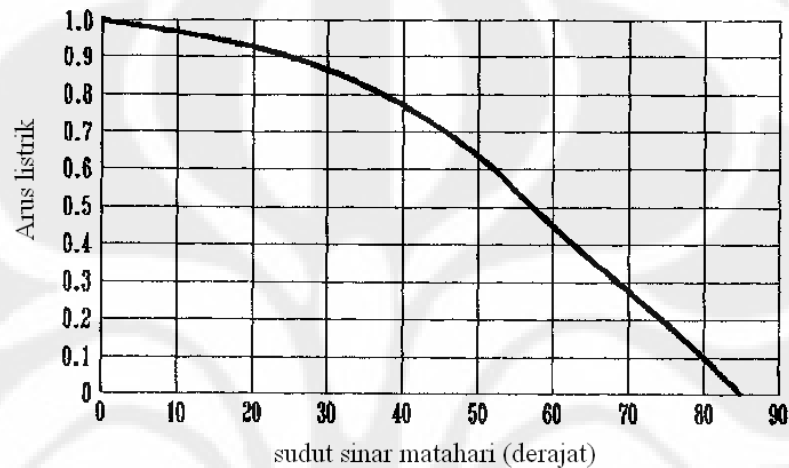


Gambar 2.10 Kurva radiasi matahari terhadap efisiensi konversi energi sel surya [2]

2. Sudut sinar matahari

Arus listrik output sel diberikan oleh persamaan $I = I_o \cos \theta$, dimana I_o adalah arus dengan sinar matahari (referensi) dan θ adalah sudut antara garis matahari yang diukur dari garis normal. Hukum cosinus ini berlaku untuk sudut matahari berkisar 0° hingga 50° .

Kurva ini berlaku terhadap sudut matahari dari sebuah sel surya disebut Kelly cosine dan ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kurva Kelley Cosinus untuk sel surya [2]

3. Efek bayangan

Bayangan dapat menyebabkan penyerapan energi matahari oleh sel surya berkurang. Metode yang biasa digunakan dengan memasang dioda, sehingga sel surya tidak menjadi beban ketika berada di daerah bayangan.

4. Efek suhu

Dengan menaikkan suhu, arus hubung singkat sel akan meningkat dimana tegangan hubung terbuka akan menurun. Pengaruh dari suhu pada kuantitas daya dianalisa melalui pemeriksaan pengaruh nilai arus dan tegangan secara terpisah. Misalnya I_o dan V_o adalah arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka pada suhu T dan koefisien suhu A dan B . Jika temperatur dinaikkan hingga ΔT , kemudian nilai arus dan tegangan diberikan oleh persamaan[2] :

$$I_{sc} = I_o (1 + \alpha \cdot \Delta T) \text{ dan } V_{oc} = V_o (1 - \beta \cdot \Delta T) \quad (2.7)$$

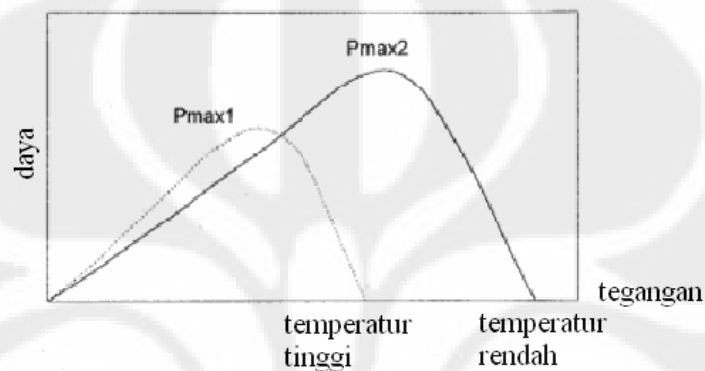
Maka nilai daya baru diberikan oleh persamaan :

$$P = V.I = I_o (1 + \alpha.\Delta T).V_o(1 - \beta.\Delta T) \quad (2.8)$$

Persamaan 2.8 dapat disederhanakan menjadi :

$$P = P_o [1 + (\alpha - \beta).\Delta T] \quad (2.9)$$

Pengaruh nilai suhu yang bervariasi terhadap daya ke luaran ditunjukkan oleh kurva daya terhadap tegangan pada Gambar 2.12



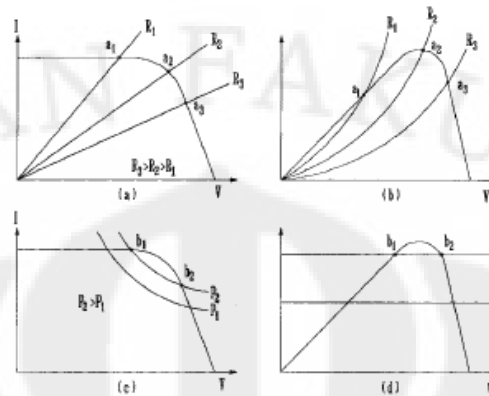
Gambar 2.12 Pengaruh nilai suhu yang bervariasi terhadap daya keluaran [2]

Gambar 2.12 memperlihatkan bahwa daya maksimum pada suhu yang rendah lebih tinggi dibandingkan jika suhunya tinggi. Maka temperatur rendah lebih baik untuk sel surya karena menghasilkan daya lebih besar. Namun, titik Pmax di atas bukannya pada tegangan yang sama. Untuk menghasilkan daya maksimum pada setiap suhu maka sistem sel surya harus dirancang sehingga tegangan keluaran modul dapat meningkat hingga V_2 untuk mendapatkan Pmax2 pada suhu lebih rendah dan dapat menurun hingga V_1 untuk mendapatkan Pmax1 pada suhu yang lebih tinggi.

5. Pengaruh iklim

Pada hari yang sebagian berawan sebuah sel surya dapat menghasilkan hingga 80% dari daya saat hari cerah. Bahkan saat hari cuaca sehari-harian mendung, sel dapat menghasilkan daya hingga 30%.

6. Pemasangan beban listrik yang sesuai dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Karakteristik p-v sel surya [2]

Jika sumber sel surya mempunyai karakteristik p-v seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.13 sedang menyuplai daya ke hambatan R_1 , akan beroperasi pada titik A_1 . Jika beban hambatan bertambah ke R_2 atau R_3 , maka otomatis titik operasi akan bergerak ke A_2 atau A_3 . Daya maksimum dikembangkan dari modul ketika hambatan beban adalah R_2 (Gambar 2.13 b). Matahari mengisi beban dengan sumber sel surya selalu penting untuk daya maksimum yang dikembangkan oleh modul sel surya. Operasi dengan beban daya konstan ditunjukkan oleh gambar c dan d. Garis beban konstan mempunyai dua titik yang bersimpangan dengan garis sumber dan ditandai oleh B_1 dan B_2 . Hanya titik B_2 yang stabil, sebagai banyak gangguan darinya akan menghasilkan daya pemulihan untuk mengambil tindakan balik ke B_2 , sehingga sistem akan beroperasi pada B_2 .

Kondisi penting untuk kestabilan operasi listrik dari array solar mengikuti

persamaan :

$$\left[\frac{dV}{dV} \right]_{beban} \geq \left[\frac{dP}{dV} \right]_{sumber}$$

Beberapa beban seperti pemanas mempunyai beban yang konstan, dengan variasi daya dengan perkalian tegangan. Dengan kata lain, beberapa beban seperti motor induksi yang bersifat seperti beban daya yang konstan, menggunakan banyak arus listrik saat tegangan rendah. Pada banyak sistem dengan beban campuran, daya bervariasi mendekati garis yang sebanding dengan tegangan.

2.2 Switching Regulator

Saat ini *switching regulator* semakin populer karena dapat menawarkan keunggulan berupa efisiensi konversi daya yang lebih tinggi dan meningkatkan fleksibilitas desain (tegangan *output* jamak dari polaritas yang berbeda-beda dapat dihasilkan dari sebuah tegangan *input* tunggal).

Prinsip-prinsip operasi dari empat jenis konverter *switching* yang sering digunakan, yaitu:

- Buck*: digunakan untuk mengurangi tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah.
- Boost*: memberikan tegangan *output* yang lebih tinggi daripada *input*
- Buck-Boost (invert)*: tegangan *output* yang dihasilkan memiliki polaritas yang berlawanan dengan *input*nya.
- Flyback*: tegangan *output* yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada *input* dapat dihasilkan sama baiknya dengan *output* jamak.

Beberapa topologi konverter multi-transistor yaitu :

- Push-Pull*: Suatu konverter dua-transistor yang sangat efisien pada tegangan *input* rendah.
- Half-Bridge*: Suatu konverter dua-transistor yang banyak digunakan pada aplikasi-aplikasi *off-line*.
- Full-Bridge*: Suatu konverter empat-transistor (biasanya digunakan pada rancangan *off-line*) yang dapat menghasilkan daya *output* yang paling tinggi dibanding semua tipe yang terdaftar.

2.2.1 Hukum Induktansi

Apabila tegangan melalui sebuah induktor, maka arus akan mengalir melalui induktor tersebut (dan arus tersebut bervariasi sesuai waktu). Perlu diperhatikan bahwa arus yang mengalir dalam suatu induktor akan bervariasi sesuai waktu walaupun tegangan yang masuk konstan.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa apabila arus yang bervariasi terhadap waktu dialirkan ke dalam suatu induktor, maka akan terjadi tegangan di sepanjang induktor.

Hukum dasar yang menjelaskan hubungan antara tegangan dan arus dalam sebuah induktor adalah rumus berikut:

$$V = L (di/dt) \quad (2.10)$$

Pada hukum induksi terdapat dua karakteristik induktor, yaitu:

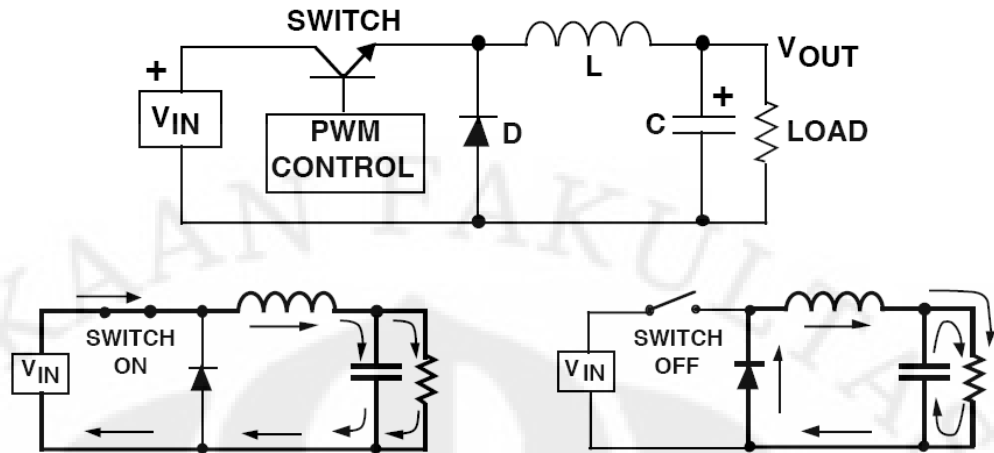
- a. Tegangan di sepanjang induktor dihasilkan hanya dari suatu arus yang berubah terhadap waktu. Arus DC yang stabil dalam induktor tidak menghasilkan tegangan di seberangnya (kecuali untuk tegangan jatuh yang kecil di seberang inti yang digunakan di lilitan)
- b. Arus yang mengalir dalam sebuah induktor tidak dapat berubah dengan drastis (dalam waktu nol detik), karena akan membutuhkan tegangan sebesar tak hingga untuk membuat kondisi tersebut terjadi

2.2.2. Buck Regulator

Switching converter yang paling sering digunakan adalah *buck regulator*, yang digunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan DC dengan nilai potensial yang lebih rendah dan polaritas yang sama. Ini sangat penting dalam sistem yang menggunakan *range* tegangan (seperti 24 sampai 48 volt), yang akan dikonversi menjadi nilai tegangan tertentu seperti 5V, 12V atau 15V.

Buck Converter menggunakan sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar yang akan berfungsi untuk mengalirkan dan memutuskan tegangan *input* ke sebuah induktor.

Gambar 2.14 menjelaskan kondisi jalannya arus saat saklar berada dalam kondisi terhubung dan terputus.



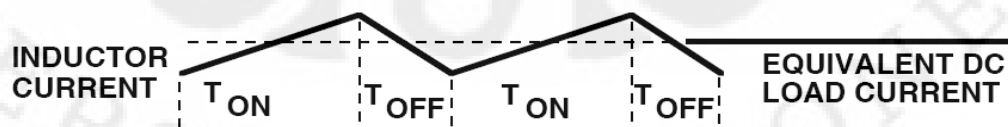
Gambar 2.14 buck regulator[3]

Ketika saklar terhubung arus mengalir dari tegangan *input* ke induktor. Akibat adanya perbedaan tegangan *input* dan *output* menyebabkan arus yang mengalir melalui induktor bertambah besar.

Selama waktu ini, arus pada induktor menuju ke beban R dan kapasitor output. (kapasitor melakukan pengisian pada kondisi ini).

Ketika saklar terputus, tegangan *input* yang diberikan ke induktor terlepas. Karena pada induktor perubahan arus tidak akan pernah terjadi secara mendadak, maka arus masih mengalir melalui induktor, dan pada kondisi ini induktor berfungsi sebagai sumber arus. Arus yang mengalir dalam induktor perlahan-lahan akan turun akibat tidak adanya tegangan input yang diberikan ke dalam induktor, dan dalam kondisi ini dioda berada dalam kondisi bias maju, sehingga arus tetap mengalir menuju ke beban dan kembali ke induktor.

Pada kondisi tidak adanya tegangan *input* ini, kapasitor akan berada dalam kondisi *discharge* yang ikut memberikan kontribusi arus total yang diberikan ke beban (lihat Gambar 2.15)



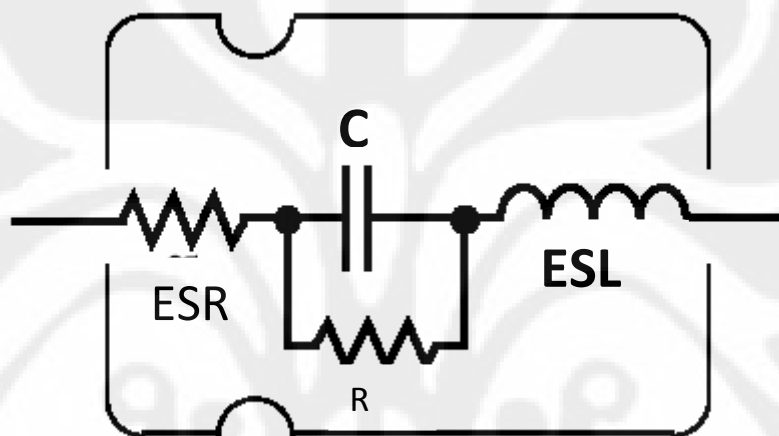
Gambar 2.15 Arus induktor buck regulator [3]

Sebagai penjelasan, arus yang melalui induktor akan naik ketika saklar terhubung (T_{on}) dan akan turun saat saklar terputus (T_{off}). Arus DC yang diberikan ke beban merupakan nilai rata – rata dari arus induktor.

2.2.3 Metode perancangan Switching regulator

Kapasitor Parasitik Mempengaruhi Kinerja *Switching Regulator*

Semua kapasitor mengandung unsur-unsur parasitik yang membuat kinerja mereka kurang ideal, dimana posisi kapasitor terlihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 kapasitor parasitik

ESR: ESR (*Equivalent Series Resistances*) menyebabkan pemanasan internal karena akibat adanya daya dissipasi dalam bentuk *ripple* yang mengalir ke dalam dan ke luar kapasitor. Kapasitor dapat gagal apabila arus *ripple* melebihi batas maksimum.

Tegangan keluaran *ripple* yang berlebihan akan diakibatkan dari ESR yang tinggi, dan ketidakstabilan putaran regulator juga memungkinkan. ESR sangat bergantung pada suhu, meningkat dengan cepat pada temperatur di bawah sekitar 10°C .

ESL: ESL (*Effective Series Inductance*) membatasi efektivitas frekuensi tinggi dari kapasitor. ESL yang tinggi merupakan penyebab *electrolytic capacitors* perlu *dibypassed* oleh film atau kapasitor keramik untuk memberikan kinerja frekuensi tinggi yang baik.

ESR, ESL, dan C pada kapasitor membentuk sebuah rangkaian resonansi, yang frekuensi resonansinya harus setinggi mungkin. *Switching regulators* menghasilkan tegangan *ripple* pada keluarannya dengan komponen berfrekuensi tinggi (>10 Mhz), yang dapat menimbulkan bunyi pada tegangan keluaran apabila frekuensi resonansi kapasitor cukup rendah untuk berada di dekat frekuensi ini.

Kapasitor masukan

Semua *switching converters* yang digunakan pada umumnya beroperasi sebagai D C-DC *converters* yang “memotong” tegangan masukan D C pada frekuensi yang sangat tinggi. Sebagai *converter switches*, harus mengambil pulsa – pulsa arus dari sumber masukan. Impedansi sumber sangat penting, bahkan induksi dalam jumlah kecil dapat menghasilkan bunyi yang signifikan dan lonjakan tajam sesaat tegangan pada masukan dari konverter.

Perancangan yang terbaik adalah dengan selalu menyediakan kapasitor *bypass* yang memadai sedekat mungkin pada masukan *switching converter*. Untuk hasil yang terbaik, sebuah *electrolytic* digunakan dengan *film capacitor* (dan mungkin kapasitor keramik) secara paralel untuk frekuensi tinggi *bypassing* yang optimal.

Efek ESR kapasitor keluaran

Fungsi utama pada kapasitor keluaran dalam *switching regulator* adalah penyaringan. Sama halnya dengan pengoperasian konverter, harus mengalir masuk dan keluar kapasitor penyaring. ESR dari hasil keluaran kapasitor secara langsung akan mempengaruhi kinerja pada *switching regulator*. ESR ditetapkan sebagai kapasitor berkualitas baik, tetapi pastikan bahwa itu ditetapkan pada frekuensi yang ditentukan.

Pada umumnya *electrolytic* hanya menentukan ESR pada 120 Hz, tetapi kapasitor untuk aplikasi *switching* berfrekuensi tinggi akan memiliki ESR yang dijamin berfrekuensi tinggi (sekitar 20 kHz sampai 100 kHz)

Beberapa parameter yang bergantung ESR:

Tegangan Ripple: Dalam banyak kasus, **mayoritas hasil keluaran tegangan ripple dihasilkan dari ESR pada kapasitor keluaran.** Jika ESR meningkat

(karena akan beroperasi pada temperatur rendah) tegangan ke luaran akan meningkat secara teratur.

Efisiensi: Selama arus *switching* mengalir ke dalam dan ke luar kapasitor (melewati ESR), kekuatannya menghilang ke dalam. ‘Terbuangnya’ ini mengurangi daya keseluruhan efisiensi regulator, dan juga dapat menyebabkan kapasitor gagal apabila *ripple*-nya melebihi jumlah maksimum yang diizinkan untuk spesifikasi kapasitor.

Stabilitas loop: ESR dari kapasitor keluaran dapat mempengaruhi kestabilan loop regulator. komponen seperti L M2575 dan L M2577 adalah kompensasi bagi stabilitas yang menganggap ESR dari keluaran kapasitor akan tetap dalam kisaran tertentu.

Mempertahankan ESR dalam rentang “stabil” tidak selalu mudah dalam desain yang harus beroperasi selama dalam rentang temperatur yang luas. **ESR yang khusus dari *aluminum electrolytic* dapat meningkat 40 kali selama suhu turun dari 25 °C sampai -40 °C.**

Dalam kasus ini, *aluminum electrolytic* harus diparalel dengan kapasitor jenis lain dengan ESR yang melengkung (seperti Film atau *Tantalum*) sehingga efektif ESR (yang merupakan nilai paralel dari dua ESR’s) tetap berada dalam rentang yang diizinkan.

(Catatan: Jika operasi **di bawah -40 °C** diperlukan, *aluminum electrolytics* tidak layak untuk digunakan.)

Kapasitor Bypass

Kapasitor *Bypass* berfrekuensi tinggi selalu direkomendasikan pada pin catu daya dari komponen IC, tetapi bila komponen yang digunakan dalam perancangan dekat dengan *switching converter*, maka kapasitor *bypass* mutlak diperlukan. Untuk memastikan pengoperasian rangkaian dengan benar semua pin catu daya IC harus di-*bypass* ke ground yang berinduksi rendah (untuk rincian tentang pelarangan, lihat bagian berikutnya).

Proper Grounding

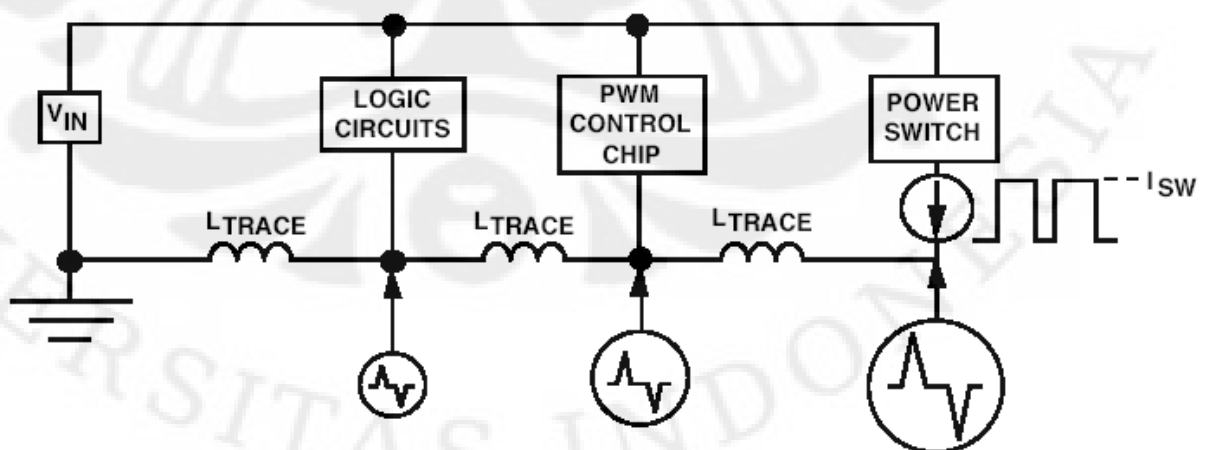
“Ground” pada rangkaian seharusnya berada di satu potensial, namun pada kenyataannya tidak. Ketika arus ground mengalir dalam sebuah jalur rangkaian yang mana tidak memiliki nol resistansi, perbedaan tegangan akan menghasilkan potensial yang berbeda di sepanjang jalur *ground*.

Dalam DC atau rangkaian berfrekuensi rendah pengaturan *ground* relatif sederhana: satu-satunya parameter yang penting adalah hambatan DC dari sebuah induktor, karena hal tersebut menjelaskan jatuhnya tegangan untuk dapat menimbulkan arus. Pada rangkaian frekuensi tinggi, induktansi pada jalur rangkaian atau konduktorlah yang lebih penting.

Dalam *switching converters*, puncak arus pulsa berfrekuensi tinggi (>50 kHz), yang dapat menyebabkan masalah jika jalur rangkaian memiliki induktivitas yang tinggi. Kebanyakan dari “bunyi” dan “lonjakan” yang terlihat pada bentuk gelombang tegangan dalam *switching converters* merupakan hasil dari arus tinggi yang disalurkan melalui jalur parasitik (atau kabel) induktansi.

Arus pe nsaklaran pada frekuensi tinggi cenderung mengalir dekat permukaan konduktor (disebut “*skin effect*”), yang berarti jalur *ground* harus sangat lebar dalam sebuah rangkaian untuk bisa mengatasi masalah. Biasanya terbaik (bila mungkin) untuk menggunakan satu sisi pada papan rangkaian sebagai *ground plane*.

Gambar 2.17 berikut ini merupakan contoh grounding yang salah



Gambar 2.17 Contoh grounding yang salah

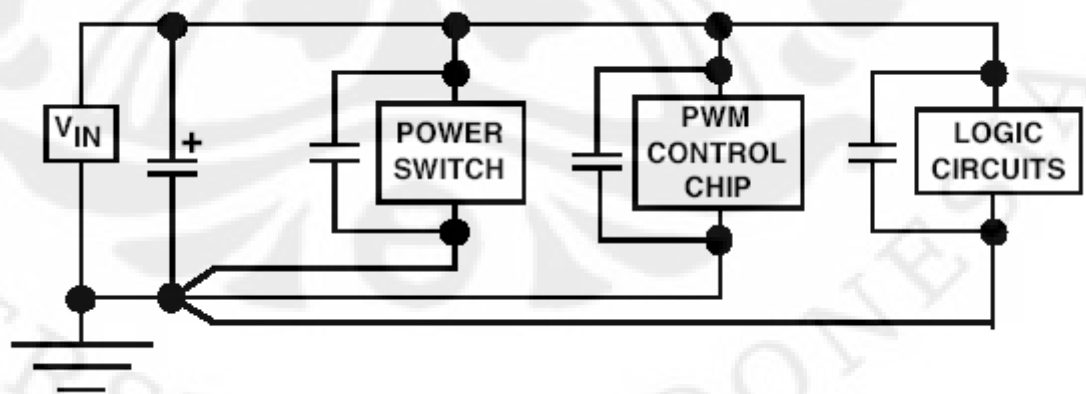
Gambar2.17 menunjukkan ada pengembalian *power switch* tinggi saat melewati jalur yang juga menyediakan pengembalian terhadap IC PWM dan rangkaian logika. Pulsa *Switching current* mengalir melalui jalur yang akan menyebabkan lonjakan tegangan (positif dan negatif) terjadi sebagai akibat dari meningkat dan menurunnya aliran saklar. Lonjakan tegangan berikut ini sesuai dengan persamaan $V = L (di/dt)$ yaitu hukum induktivitas.

Penting untuk dicatat bahwa besarnya lonjakan akan berbeda di semua titik sepanjang jalur, yang terbesar di dekat saklar listrik. Mengambil simbol ground sebagai titik acuan, ini menunjukkan bagaimana ketiga rangkaian akan terpental ke atas dan ke bawah. Lebih penting, mereka juga akan pindah sehubungan dengan satu sama lain.

Kesalahan operasi sering terjadi saat bagian sensitif dari rangkaian “berkelontang” ke atas dan ke bawah karena arus ground pada *switching*. Hal ini dapat menimbulkan kebisingan pada referensi yang digunakan untuk mengatur tegangan keluaran, sehingga menghasilkan *output ripple* yang berlebihan.

Sangat sering, regulator yang bermasalah dengan kebisingan tersebut menjadi tidak stabil, dan menyebabkan osilasi karena arus beban ditingkatkan (yang meningkatkan arus *ground*)

Layout yang lebih baik ditunjukkan dalam Gambar2.18



Gambar2.18 contoh layout ground yang baik

Penyempurnaan yang lebih baik telah dibuat dengan menggunakan *single-point grounding*. Kapasitor elektrolit yang baik (seperti *solid Tantalum*) digunakan dekat sumber tegangan masukan untuk menghasilkan *ground point* yang baik. Semua masing-masing elemen rangkaian dikembalikan ke titik ini menggunakan jalur ground yang terpisah. Hal ini mencegah pulsa arus *ground* dari terpentalnya rangkaian logik ke atas dan ke bawah.

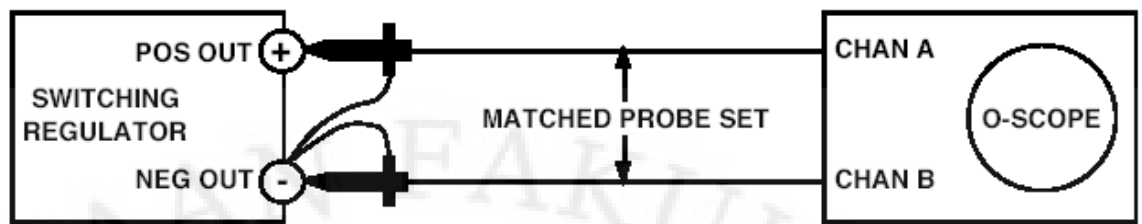
Penyempurnaan penting lainnya peningkatan daya saklar (yang memiliki arus pin ground tertinggi) terletak sedekat mungkin ke kapasitor masukan. Ini meminimalkan jejak induksitansi sepanjang jalur ground.

Hal ini juga harus dinyatakan bahwa tiap rangkaian individual blok “lokal” *bypass capacitor* terikat langsung dengan mereka. Tujuan dari kapasitor ini adalah untuk mem-*bypass RF*, sehingga seharusnya menjadi *film* atau kapasitor keramik (atau keduanya). Nilai yang baik untuk *bypassing logic device* adalah 0.01 MF *ceramic capacitor(s)*, didistribusikan sesuai kebutuhan.

Jika rangkaian yang akan di-*bypass* menghasilkan pulsa arus yang besar (seperti saklar daya), kapasitas yang lebih besar diperlukan. *Aluminium electrolytic bypassed* dengan *film* dan kapasitor keramik merupakan pilihan yang baik. Ukuran yang tepat tergantung dari puncak arus, tetapi semakin besar kapasitor digunakan, semakin baik hasilnya.

Mengukur Tegangan Ripple Keluaran

Munculnya *ripple* pada keluaran *switching regulator* dapat menjadi penting untuk rangkaian di bawah daya. Mendapatkan pengukuran yang akurat dari tegangan *ripple* keluaran tidak selalu mudah. Apabila bentuk gelombang tegangan ke luaran diukur dengan menggunakan *oscilloscope*, hasilnya yang akurat hanya dapat didapat dengan menggunakan metode pengukuran *differential* seperti pada Gambar 2.19.



Gambar2.19 Mengukur *ripple* keluaran dengan metode differential

Pengukuran *differential* ditampilkan menggunakan saluran ke dua dari *oscilloscope* untuk “menghapuskan” sinyal yang umum bagi kedua saluran (dengan membalikan saluran sinyal B dan menambahkan pada saluran A).

Alasan metode ini perlu digunakan adalah karena komponen *fast-switching* pada *switching regulator* menghasilkan tegangan yang meningkat yang memiliki energi signifikan yang berfrekuensi sangat tinggi. Sinyal inilah yang dapat dipilih dengan mudah dengan menggunakan “antennas” sekecil 3 inci *ground lead* pada jangkauan *probe*. Dengan menganggap probe cocok dengan baik, probe saluran B akan memilih sinyal yang terpancar yang sama dengan probe saluran A, yang memungkinkan sinyal “*common-mode*” dieliminasi dengan menambahkan sinyal saluran B yang terbalik pada saluran A.

Hal ini sering diperlukan untuk mengukur tegangan *output RMS*, dan ini biasanya dilakukan dengan beberapa jenis *digital voltmeter*. Hal-hal berikut yang perlu diperhatikan:

- 1.) Alat ukur harus *RMS reading*, karena bentuk gelombang yang diukur sangat *non-sinusoidal*.
- 2.) *3dB bandwidth* alat ukurnya harus setidaknya 3 kali bandwidth dari sinyal yang diukur (frekuensi *ripple* tegangan ke luaran biasanya akan > 100 kHz).
- 3.) Mengurangi “*noise floor*” dari pengukuran. Menghubungkan ke dua alat ukur ke *regulator* keluaran yang negatif dan catat nilainya. Pindahkan alat ukur positif pada *regulator* keluaran yang positif dan catat nilainya. Tegangan *ripple RMS* yang sebenarnya merupakan perbedaannya.

Mengukur Efisiensi Regulator dari DC-DC Converters

Efisiensi (η) dari sebuah regulator didefinisikan menjadi:

$$\eta = P_{LOAD} / P_{TOTAL}$$

Dalam menentukan efisiensi *converter*, hal utama yang harus diukur adalah total daya yang dikonsumsi (P_{total}). Dengan menganggap tegangan masukan DC, P_{total} didefinisikan sebagai total daya yang diambil dari sumber, **sama dengan:**

$$P_{total} = V_{in} \times I_{in}$$

Perlu diperhatikan bahwa jumlah arus masukan yang digunakan dalam perhitungan harus merupakan nilai rata-rata dari bentuk gelombang (arus masukan bukan DC atau *sinusoidal*).

Karena total daya yang hilang harus tetap dari masukan ke ke luaran, P_{total} sama dengan daya beban ditambah rugi-rugi daya regulator internal:

$$P_{TOTAL} = P_{LOAD} + P_{LOSSES}$$

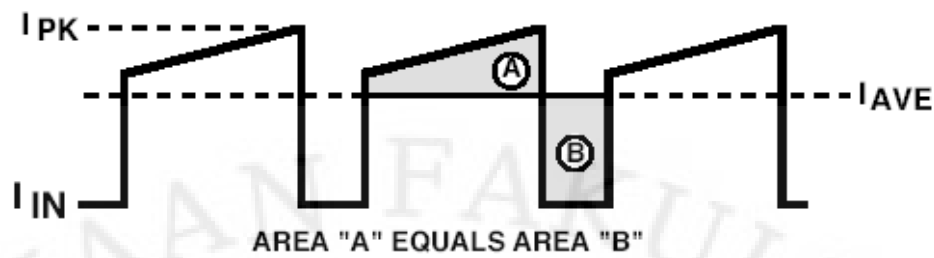
Mengukur (atau menghitung) daya pada beban sangat mudah, karena tegangan keluaran dan arus keduanya adalah DC. Daya beban ditemukan dengan cara:

$$P_{load} = V_{out} \times I_{load}$$

Menghitung daya masukan yang diambil dari sumber tidaklah mudah. Walau pun tegangan masukan pada regulator adalah DC, tetapi arus yang diambil pada masukan *switching regulator* bukan. Jika arus meter “clip on” khusus yang digunakan untuk mengukur arus masukan, data yang diambil akan sia-sia.

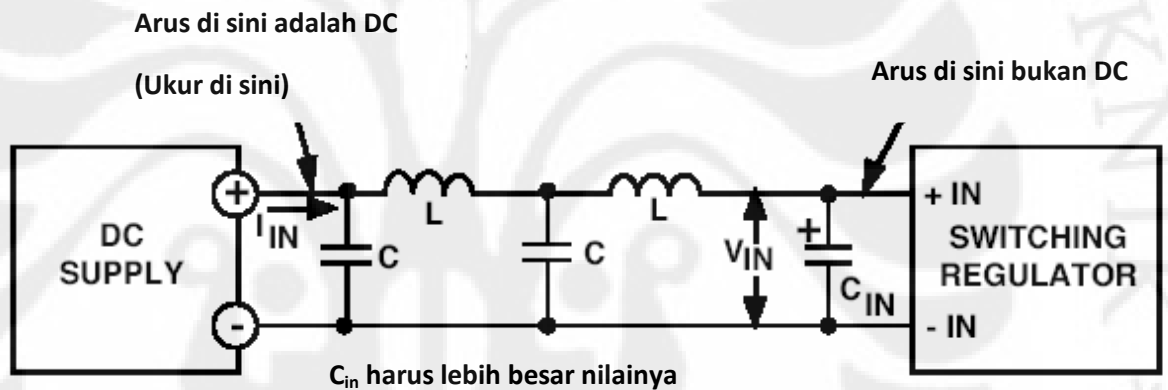
Arus masukan rata-rata pada regulator dapat diukur dengan akurasi yang tepat dengan menggunakan *wide-bandwidth current probe* yang dihubungkan pada sebuah *oscilloscope*.

Hasil rata-rata dari arus masukan dapat diperkirakan dengan menggambar garis horizontal yang membagi bentuk gelombang sedemikian rupa yang area dari gambar di atas garisnya akan menyamai area di bawah garis yang “hilang” seperti dalam Gambar 2.20. Dalam hal ini, “rata-rata” arus yang ditampilkan ekuivalen dengan nilai arus DC yang akan menghasilkan jumlah daya masukan yang sama.



Gambar2.20 Nilai rata – rata arus masukan

Jika pengukuran lebih tepat diperlukan, kemungkinan dapat memaksa arus pada jalur menjadi masukan pada DC-DC *converter* menjadi DC dengan menggunakan *L-C filter* diantara sumber daya dan masukan pada *converter* seperti yang terlihat pada Gambar2.21



Gambar 2.21 L-C filter digunakan pada pengukuran arus masukan DC

Jika komponen *L-C filter* memadai, arus yang datang dari ke luaran *DC power supply* akan menjadi arus (**tanpa komponen saklar frekuensi tinggi**) yang berarti dapat diukur dengan akurat dengan *clip-on ammeter* dan *digital volt meter* yang murah.

Penting apabila ESR rendah dan besar d itempatkan pada C_{in} untuk mendukung masukan pada *switching converter*. LC filter yang meninjau kembali *converter* ke dalam sumber menghasilkan impedansi yang tinggi pada perpindahan arus.

BAB III

PERANCANGAN *SWITCHING REGULATOR* UNTUK KOMPUTER BERGERAK DENGAN MENGGUNAKAN TENAGA SURYA

3.1 Spesifikasi Komputer Bergerak

Komputer bergerak Acer Aspire 2920 dan Toshiba Satellite A 100 dipilih untuk digunakan sebagai beban. Data ke listrikan mengenai tegangan masukan minimum dan maksimum beban tidak ada dari perusahaan pembuat komputer. Penulis mendapatkan data ke listrikan tegangan dan arus dari adaptor komputer yaitu 19V/3,43A. Berdasarkan hasil pengukuran komputer bergerak Acer Aspire 2920 diperoleh spesifikasi sebagai berikut :

1. Beban disertai baterai internal
 - a. Tegangan masukan = 18,76 – 18,77V
 - b. Arus listrik masukan minimum = 2,139 A
 - c. Arus listrik masukan maksimum = 2,881 A
 - d. Daya masukan minimum = 40,12 W
 - e. Daya masukan maksimum = 54,07 W
2. Beban tidak disertai baterai internal
 - a. Tegangan masukan = 18,67 – 18,68 V
 - b. Arus listrik masukan minimum = 0,933 A
 - c. Arus listrik masukan maksimum = 1,723 A
 - d. Daya masukan minimum = 17,42 W
 - e. Daya masukan maksimum = 32,19 W

sedangkan untuk komputer bergerak Toshiba A100 diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

1. Beban disertai baterai internal
 - a. Tegangan masukan = 14,47 – 14,48V
 - b. Arus listrik masukan minimum = 2,759 A
 - c. Arus listrik masukan maksimum = 3,997 A

- d. Daya masukan minimum = 39,92 W
- e. Daya masukan maksimum = 59,87 W
- 2. Beban tidak disertai baterai internal
 - a. Tegangan masukan = 14,54 – 14,55 V
 - b. Arus listrik masukan minimum = 0,794 A
 - c. Arus listrik masukan maksimum = 1,132 A
 - d. Daya masukan minimum = 11,54 W
 - e. Daya masukan maksimum = 16,47 W

3.2 Perancangan Sistem

Sistem catu daya komputer bergerak ini mempunyai fitur-fitur sebagai berikut :

1. Perlindungan terhadap arus hubung singkat
2. Memberikan indikator keadaan sistem
3. Mengendalikan sistem secara otomatis melalui sistem minimum
4. *Switching regulator* untuk menjaga kestabilan keluaran dari catu daya tenaga surya
5. Mendeteksi besar tegangan masukan serta memberi sinyal ke pengontrolan untuk memutuskan beban

Untuk mencapai fitur-fitur yang diinginkan maka blok diagram keseluruhan sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Blok diagram implementasi *switching regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan panel surya

Berikut ini penjelasan mengenai blok diagram sistem pada Gambar 3.1 terbagi atas tiga bagian utama yaitu :

1. Sel surya sebagai sumber daya
2. Switching regulator
3. Beban, yaitu komputer bergerak Acer Aspire 2920 dan Toshiba Satellite A100

3.2.1 Sel Surya

Sistem membutuhkan sel surya dengan daya minimum 40 W sesuai dengan daya komputer bergerak. Sel surya yang digunakan mempunyai spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data Kelistrikan modul sel surya STPOO5S-12/Ob

Parameter Kelistrikan	Nilai*
Daya puncak	50 W
Tegangan rata - rata	16,2 V
Arus rata - rata	3,1 A
Tegangan hubung terbuka	21 V
Arus hubung singkat	3,4 A

* *Standard Test Condition (STC)*: level irradiansi 1000 W/m², Spektrum AM 1,5 dan Temperatur sel surya 25 0C

'mpp' merupakan singkatan dari *maximum power point*

Modul sel surya STPOO5S-12/Ob dipilih karena modul sel surya ini telah memenuhi kebutuhan daya, tegangan dan arus beban. Jumlah modul yang digunakan satu buah.

3.2.2 Rangkaian Switching Regulator

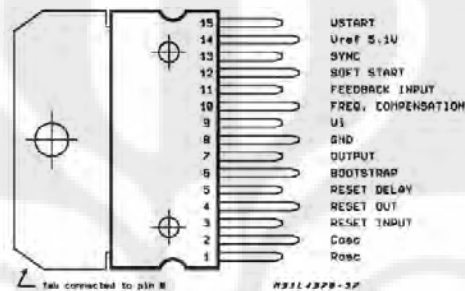
Switching regulator yang dipilih, yaitu *buck regulator*, yang digunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan DC dengan nilai potensial yang lebih rendah dan polaritas yang sama. Ini sangat penting dalam sistem yang menggunakan rentang tegangan (seperti 24 sampai 48 volt), yang akan dikonversi menjadi nilai tegangan tertentu seperti 5V, 12V atau 15V.

Integrated circuit (IC) yang dipilih, yaitu L4970. Karakteristik IC ini yaitu :

1. Arus listrik keluaran 10 A
2. Jangkauan tegangan keluaran 5,1 V hingga 40 V
3. Jangkauan duty cycle dari 0 hingga 90%
4. *Internal feed-forward line regulation*
5. Pembatas arus listrik internal

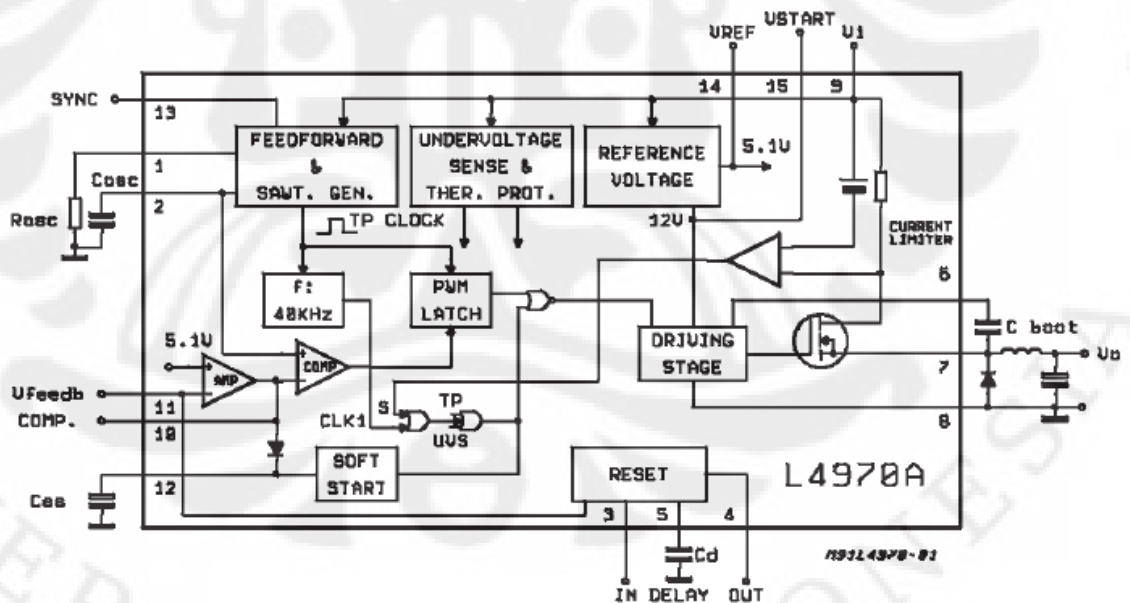
6. Presisinya $5,1V \pm 2\%$
7. Mempunyai fungsi reset dan kegagalan daya
8. *Soft start*
9. Terdapat pin masukan dan keluaran yang sinkron
10. PWM untuk pulsa tunggal per satuan waktu
11. Mempunyai efisiensi yang tinggi
12. Frekuensi *switching* hingga 500 KHz

Pada Gambar 3.2 ditunjukkan IC L4970 dilihat dari atas :



Gambar 3.2 Tampak atas L4970

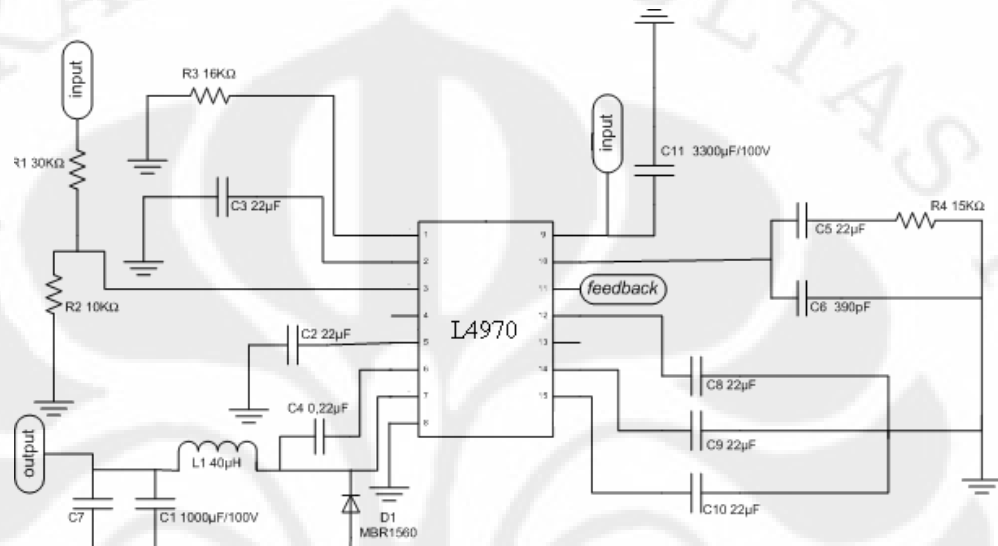
Blok Diagram dari IC L4970 dapat dilihat pada Gambar 3.3 :



Gambar 3.3 Blok diagram IC L4970 [4]

Agar dapat mengatur tegangan masukan sel surya ($V_{oc} = 22,3 \text{ V}$ dan $I_{sc} = 4,72 \text{ A}$) menjadi tegangan ke luaran ($V_{out} = 15 \text{ V}$ dan $I_{out} = 4 \text{ A}$) maka L4970 mempunyai nilai $R_9 = 4,7 \text{ k}\Omega$ dan $R_7 = 9,1 \text{ k}\Omega$ sesuai dengan datasheet L4970

Pada Gambar 3.4 ditunjukkan rangkaian perancangan *Switching Regulator* dengan L4970



Gambar 3.4 Rangkaian *switching regulator*

3.2.3 *Linear regulator Vs Switching regulator*

Alasan mengapa pada perancangan Sistem Daya Tenaga Surya Universal ini menggunakan *switching regulator* adalah karena *switching regulator* menawarkan efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *linear regulator*.

Linear regulator sangat baik digunakan untuk peralatan yang membutuhkan daya kecil, disamping *linear regulator* sangat mudah digunakan juga lebih murah jika dibandingkan dengan *switching regulator*. Hanya saja karena sistem yang bekerja pada *linear regulator* sangat tidak efisien, sehingga penggunaan *switching regulator* lebih menguntungkan

Linear regulator bekerja dengan mengambil perbedaan antara tegangan masukan dan ke luaran, dan membuangnya menjadi panas. Perbedaan tegangan masukan dan keluaran yang besar akan mengakibatkan diproduksinya panas yang cukup besar pula. Dalam banyak kasus, *linear regulator* membuang lebih banyak daya untuk menurunkan tegangan daripada daya yang diberikan ke beban.

Umumnya, efisiensi *linear regulator* mencapai 40%, dan bisa terus turun mencapai 14% , sehingga regulasi tegangan linear yang dihasilkan akan menyebabkan banyak panas terbuang yang harus disalurkan ke *heatsink* yang cukup besar dan mahal. Untuk mengatasi hal ini maka digunakan *switching regulator*.

Switching regulator bekerja dengan mengambil sedikit energi, sedikit demi sedikit, dari sumber tegangan masukan, dan pindah ke keluaran. Hal ini dicapai dengan bantuan saklar listrik dan kontrol yang mengatur tingkat energi yang akan ditransfer ke keluaran (maka istilahnya "*switching regulator*").

Energi yang hilang dengan cara ini relatif kecil, dan hasilnya biasanya memiliki efisiensi 85%. Karena efisiensi *switching regulator* tidak terlalu bergantung pada tegangan masukan, maka dapat digunakan untuk sumber yang memiliki tegangan tinggi.

Perancangan sistem daya ini memiliki tegangan dari panel surya sebesar 20V, dan tegangan ke beban berkisar 15V , maka dibutuhkan regulator yang mampu mengubah tegangan dari 20V menjadi 15V. Beban pada perancangan ini akan menarik arus berkisar antara 2 sampai 3 Ampere. Maka jika menggunakan *linear regulator*, disipasi dayanya akan sebesar :

$$\text{Daya terbuang} = (V_{in} - V_{out}) * I_{load}$$

$$\text{Daya terbuang} = (20 - 15) * 2 = 10 \text{ W}$$

Daya yang terbuang sebesar 10W, daya sebesar ini akan menimbulkan panas yang besar, sehingga membutuhkan *heatsink* yang besar pula. Selain itu, kerugian daya ini akan mengakibatkan kurang optimalnya pencatuan daya ke beban, karena jika beban membutuhkan daya mencapai 30W, maka panel surya harus mampu menyediakan sebesar 40 W. Hal ini menyebabkan rentang waktu pencatuan daya ke beban menjadi lebih sedikit.

Faktor besarnya daya yang terbuang itulah yang menyebabkan penggunaan *switching regulator* lebih diutamakan. Pada perancangan ini dengan menggunakan *switching regulator* akan membuat efisiensi menjadi lebih baik dan berdasarkan datasheet IC L4970 yang digunakan dalam perancangan ini, efisiensi bisa mencapai 90%.

BAB IV

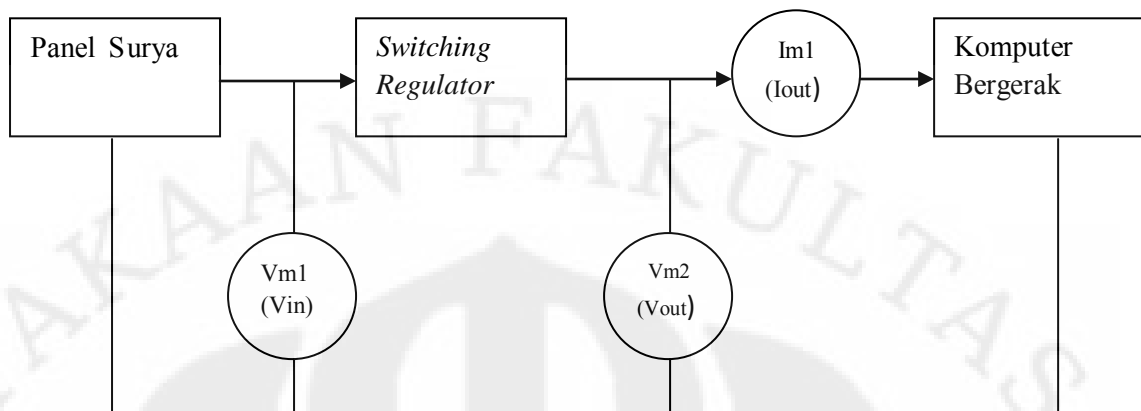
ANALISIS

Hasil perancangan Sistem Tenaga Surya untuk Komputer Bergerak dengan *Regulator Switching* direalisasikan ke dalam bentuk PCB (*printed circuit board*) yang kemudian dilakukan pengujian di engineering centre Universitas Indonesia. Dalam pengujian sistem beberapa alat digunakan seperti :

1. Satu buah modul surya 50W
2. Tiga buah multimeter
 1. Digital multimeter C D771(Vm1) yang digunakan untuk mengukur tegangan keluaran panel surya
 2. Digital multimeter C D771 (Vm2) yang digunakan untuk mengukur tegangan keluaran *switching regulator*
 3. Digital multimeter CD771 (Im1) yang digunakan untuk mengukur arus keluaran *switching regulator*
3. Rangkaian Sistem Daya Tenaga Surya untuk Komputer Bergerak dengan *Regulator switching*
4. Dua buah komputer bergerak
 - a. Toshiba satellite A100
 - b. Acer Aspire 2920

Untuk membantu pengujian sistem, Gambar 4.1 mendeskripsikan blok diagram pengujian sistem. Pada Gambar 4.1 pengujian sistem dititikberatkan pada pengukuran tegangan ke luaran panel surya, tegangan ke luaran *switching regulator*, dan arus keluaran *switching regulator*. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil data tiap 1 menit, dan dilakukan dalam 2 keadaan, yaitu :

1. Saat komputer bergerak tidak bekerja dengan disertai baterai (hanya pengisian baterai)
2. Saat komputer bergerak bekerja dengan disertai baterai (beroperasi dan melakukan pengisian baterai)



Gambar 4.1 blok diagram pengujian sistem

Hasil uji coba yang didapatkan dimasukkan ke dalam lampiran 1 yang berisi :

- Tabel 1 yang menunjukkan data – data pengukuran tegangan masukan, tegangan ke luaran dan arus ke luaran pada uji coba I dengan komputer bergerak Toshiba A100.
- Tabel 2 yang menunjukkan data – data pengukuran tegangan masukan, tegangan ke luaran dan arus ke luaran pada uji coba II dengan komputer bergerak toshiba A100.
- Tabel 3 yang menunjukkan data – data pengukuran tegangan masukan, tegangan ke luaran dan arus ke luaran pada uji coba I dengan komputer bergerak Acer Aspire 2920.
- Tabel 4 yang menunjukkan data – data pengukuran tegangan masukan, tegangan ke luaran dan arus ke luaran pada uji coba II dengan komputer bergerak Acer Aspire 2920.

Analisa panel surya pada uji coba

Pada uji coba menggunakan Panel surya, nilai tegangan ke luaran tanpa beban (V_{oc}) maksimum sebesar 21 V namun dalam pengukurannya nilai tegangan ke luaran tanpa beban (V_{oc}) hanya mencapai nilai 20,1 V hal ini dimungkinkan kondisi cahaya matahari yang tidak memberikan irradiansi secara maksimal ke panel surya. Nilai tegangan pada panel surya terus berubah – ubah sesuai dengan kondisi cahaya matahari.

Pada saat panel surya dihubungkan ke beban terlihat tegangan panel surya terjadi penurunan menjadi 19,27 V, hal ini terjadi karena pengaruh faktor beban yang mengakibatkan tegangan menjadi turun beberapa volt akibat adanya tegangan jatuh pada rangkaian hambatan dalam panel surya itu sendiri.

Pengukuran data yang diambil dilakukan dalam 2 waktu, antara pukul 11.00 – 13.00 dan 15.00 – 17.00, hal ini dilakukan sebagai pembandingan kondisi kedudukan matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan pengaruhnya terhadap komputer bergerak. Terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 akibat kedudukan matahari yang semakin menjauh ke arah barat, maka tegangan yang dihasilkan oleh panel surya semakin lama semakin kecil, hingga pada akhirnya tidak memenuhi kondisi minimal yang memungkinkan untuk melakukan pengisian baterai.

Pada uji coba 2 walaupun kondisi matahari semakin menjauh ke arah barat, terlihat hasil pengukuran nilai tegangan panel surya tanpa beban V_{oc} tidak terlalu jauh dari V_{oc} maksimumnya, hanya berbeda sekitar 2 V namun ketika dihubungkan dengan beban terlihat penurunan tegangan pada keluaran solar panel turun menjadi sekitar 15V, hal ini terjadi karena saat dihubungkan dengan beban, beban menarik arus cukup besar, sehingga panel surya yang kurang mendapat irradiansi cahaya tersebut, hanya memiliki daya yang tidak terlalu besar, sehingga ketika diberikan beban yang memiliki daya minimal sebesar 30 W, terlihat panel surya tidak dapat mempertahankan tegangan keluarannya untuk tetap berada pada nilai tegangan ratingnya, yaitu 16,2 V. Sesuai dengan rumus :

$$P = V \cdot I$$

Daya yang diberikan panel surya tidak mencukupi, maka untuk memenuhi arus yang dibutuhkan beban, sehingga tegangan yang dihasilkan panel surya pun menurun.

Analisis *Switching Regulator* pada uji coba

Switching regulator yang digunakan pada percobaan ini merupakan rangkaian yang menggunakan IC L4970, di mana di dalam datasheet L4970 sudah diberikan rancangan rangkaian yang sudah bisa diterapkan. Rangkaian *switching regulator* ini memiliki potensiometer yang bisa diatur berapa nilai keluaran yang diinginkan. Pada percobaan, karena tegangan yang dibutuhkan oleh beban komputer bergerak berkisar diantara 15 – 17 V maka tegangan pada *switching regulator* di atur berada pada rentang tersebut.

Switching regulator ini mempunyai spesifikasi :

1. Arus listrik keluaran 10 A
2. Jangkauan tegangan keluaran 5.1 V hingga 40 V
3. Jangkauan duty cycle dari 0 hingga 90%
4. *Internal feed-forward line regulation*
5. Pembatas arus listrik internal
6. Presisinya $5.1V \pm 2\%$
7. Mempunyai fungsi reset dan kegagalan daya
8. *Soft start*
9. Terdapat pin masukan dan keluaran yang sinkron
10. PWM untuk pulsa tunggal per satuan waktu
11. Mempunyai efisiensi yang tinggi
12. Frekuensi *switching* hingga 500 KHz

Pada percobaan terlihat tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berubah – ubah, namun selama tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tersebut berada pada tegangan di atas 17 V, maka *switching regulator* akan tetap mampu memberikan tegangan di atas 15 V, namun jika tegangan sudah turun mencapai 15V, terlihat *switching regulator* hanya mampu mempertahankan tegangan yang diberikan ke beban hanya sampai 13V, dan

hal ini membuat sistem tidak mampu untuk bisa melakukan pengisian baterai pada beban komputer bergerak.

Sehingga *switching regulator* ini cocok untuk beban komputer bergerak yang cukup besar dan membutuhkan daya yang besar. Selain itu juga, range tegangan masukan pada *switching regulator* ini bisa mencapai tegangan 40V yang berarti jika ada 2 buah panel surya dengan jenis yang sama seperti yang digunakan saat ini dan dipasang secara seri, maka faktor kekurangan tegangan akibat kurangnya daya pada panel surya dapat diatasi, sehingga waktu untuk menyalakan dan melakukan pengisian baterai pada beban memiliki rentang waktu yang lebih panjang.

Analisis beban komputer bergerak pada uji coba

Pada percobaan saat beban dalam keadaan mati terlihat arus yang mengalir masuk ke beban hanya kecil, hal ini terjadi karena sistem memberikan arus ke dalam baterai untuk melakukan pengisian baterai, sedangkan saat komputer bergerak dalam keadaan menyala, maka arus yang mengalir lebih besar karena sistem memberikan daya ke baterai dan komputer bergerak.

Pada percobaan dengan menggunakan komputer toshiba dan acer terlihat perbedaan kebutuhan kedua beban, dalam hal ini pada komputer bergerak acer membutuhkan tegangan yang lebih besar dari komputer bergerak toshiba, namun kebutuhan daya dan arus pada komputer bergerak toshiba lebih besar dibandingkan pada komputer bergerak acer, namun hal ini terjadi karena pengaruh faktor teknologi dan usia pada komputer bergerak tersebut.

Komputer bergerak toshiba dilakukan pengisian dari kondisi 60% selama 1 jam didapat hanya naik sebesar 10% menjadi 70%, padahal dengan adaptor toshiba itu sendiri mencapai 90% untuk waktu pengisian selama 1 jam, hal ini karena daya yang diberikan oleh panel surya bukan merupakan daya maksimum yang bisa diberikan ke komputer bergerak, sehingga pengisian dilakukan lebih lama dibandingkan adaptor toshiba itu sendiri. Hal ini juga berlaku terhadap komputer bergerak Acer.

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil uji coba di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji coba di dapat bahwa implementasi *switching regulator* untuk komputer bergerak dengan menggunakan tenaga surya ini hanya mampu melakukan pengisian baterai sebesar 10% tiap jamnya, hal ini karena sumber daya dari panel surya memiliki daya yang terbatas dan bergantung juga dari intensitas cahaya matahari.
2. Sistem regulasi tegangan yang dibuat dengan menggunakan IC L4970 ini bisa digunakan untuk komputer bergerak Acer Aspire 2920 dan Toshiba Satellite A100

DAFTAR REFERENSI

- [1] Halomoan, Junarto, *sistem Daya Tenaga Surya untuk Komputer Bergerak*, Tugas akhir Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia, Juni 2006
- [2] Lorenzo Eduardo , *Solar Electricity: Engineering of Photovoltaic Systems*.
- [3] Patel, Mukul R., *Wind and Solar Power Systems*, CRC Press, Boca Raton, 1999
- [4] *Photovoltaic (PV) System Design*, www.scribd.com., Agustus 2008
- [5] STMicroelectronics, *L4970, 10A switching regulator*

Tempat percobaan : Engineering center Universitas Indonesia

Hari/Tanggal Percobaan : Rabu / 15April 2009

Jam percobaan : 09.00 – 11.00

Tabel 1. Pengukuran parameter kelistrikan adaptor AC/DC Laptop Toshiba A100

Percobaan	Keadaan beban	Tegangan (V)*	Arus (A)*
Tanpa beban	-	15,19 – 15,20	-
Beban disertai dengan baterai	Tidak bekerja	14,76 – 14,79	a. 2,508 b. 2,516 c. 2,527 d. 2,534 e. 2,542 f. 2,549 g. 2,556 h. 2,562 i. 2,568 j. 2,573
Beban tidak disertai dengan baterai	Tidak bekerja	15,18 – 15,19	0,019
Beban disertai dengan baterai	Bekerja	14,47 – 14,98	a. 3,012 b. 3,124 c. 2,980 d. 2,881 e. 3,233 f. 3,026 g. 2,759 h. 2,923 i. 3,997 j. 3,878
Beban tidak disertai dengan baterai	bekerja	14,54 – 14,55	a. 0,982 b. 1,102 c. 0,991 d. 0,971 e. 0,794 f. 0,873 g. 0,823 h. 0,902 i. 1,132 j. 1,021

* Tegangan dan arus diukur setiap 1 menit pada saat keadaan beban baterai terisi sebesar 70%

Tempat percobaan : Engineering center Universitas Indonesia

Hari/Tanggal Percobaan : Rabu / 15April 2009

Jam percobaan : 1100 – 13.00

Tabel 1. Pengukuran parameter kelistrikan adaptor AC/DC Laptop Acer Aspire 2920

Percobaan	Keadaan beban	Tegangan (V)*	Arus (A)*
Tanpa beban	-	Tidak terukur	-
Beban disertai dengan baterai	Tidak bekerja	18,78 – 18,79	a. 0,444 b. 0,433 c. 0,429 d. 0,425 e. 0,421 f. 0,417 g. 0,414 h. 0,410 i. 0,406 j. 0,402
Beban tidak disertai dengan baterai	Tidak bekerja	19,15	0,053
Beban disertai dengan baterai	Bekerja	18.76 – 18,77	a. 2,574 b. 2,562 c. 2,520 d. 2,881 e. 2,522 f. 2,245 g. 2,322 h. 2,139 i. 2,541 j. 2,698
Beban tidak disertai dengan baterai	bekerja	18,67 – 18,68	a. 1,129 b. 1,570 c. 1,492 d. 1,723 e. 1,161 f. 1,124 g. 1,766 h. 0,933 i. 0,961 j. 1,079

* Tegangan dan arus diukur setiap 1 menit pada saat keadaan beban baterai terisi sebesar 70%

DATA PENGUKURAN HASIL UJI COBA I

Tempat : Engineering Centre Universitas Indonesia
 Hari/tanggal : sabtu / 13 juni 2009
 Waktu : 10.00 – 11.30
 Jenis Komputer bergerak : Toshiba A100
 Keadaan : Komputer bergerak tidak beroperasi/pengisian baterai
 Periode pengukuran : 1 menit

Tabel 1. Pengukuran parameter kelistrikan pada uji coba 1

No	V panel surya (V)	V out	Iout	Keterangan
1	18,45	16,34	1,78	60%
2	18,45	16,34	1,72	
3	19,32	16,34	1,90	
4	19,44	16,34	1,73	
5	18,99	16,33	1,73	
6	18,99	16,34	1,90	
7	19,01	16,34	1,88	
8	19,01	16,34	1,79	
9	19,01	16,34	1,96	
10	19,02	16,34	1,92	
11	19,02	16,34	1,22	
12	19,01	16,34	1,90	
13	19,01	16,34	1,78	
14	19,01	16,34	1,42	
15	19,01	16,34	1,50	
16	19,01	16,34	1,68	
17	19,02	16,34	1,76	
18	19,01	16,34	1,93	
19	19,00	16,34	1,74	
20	19,00	16,34	1,73	
21	18,99	16,34	1,91	
22	19,00	16,34	1,72	
23	19,01	16,34	1,72	
24	19,05	16,34	1,94	
25	19,06	16,34	1,75	
26	19,06	16,34	1,72	
27	19,05	16,34	1,94	
28	19,05	16,34	1,73	
29	19,04	16,34	1,72	
30	19,05	16,34	1,90	
31	18,88	16,33	1,78	
32	18,98	16,34	1,72	
33	18,98	16,34	1,90	

34	18,97	16,34	1,78	
35	18,97	16,34	1,72	
36	18,00	16,23	1,60	
37	17,87	16,21	1,48	
38	17,90	16,21	1,72	
39	19,09	16,34	1,70	
40	19,89	16,34	1,88	
41	19,92	16,34	1,72	
42	19,92	16,33	1,93	
43	19,92	16,34	1,78	
44	19,91	16,34	1,72	
45	19,93	16,34	1,90	
46	19,93	16,33	1,78	
47	19,93	16,34	2,03	
48	19,94	16,34	2,04	
49	19,94	16,33	1,78	
50	19,92	16,34	1,72	
51	19,73	16,34	1,98	
52	19,72	16,34	1,38	
53	19,74	16,34	1,72	
54	19,64	16,34	1,90	
55	19,65	16,34	1,78	
56	19,67	16,34	1,82	
57	19,66	16,34	1,30	
58	19,65	16,34	1,68	
59	19,66	16,34	1,52	
60	19,67	16,33	1,72	70%

DATA PENGUKURAN HASIL UJI COBA II

Tempat : Engineering Centre Universitas Indonesia
 Hari/tanggal : sabtu / 13 juni 2009
 Waktu : 13.00 – 14.00
 Jenis Komputer bergerak : Toshiba A100
 Keadaan : Komputer bergerak beroperasi tanpa baterai
 Periode pengukuran : 1 menit

Tabel 1. Pengukuran parameter kelistrikan pada uji coba 1

No	V panel surya (V)	V out	Iout	Keterangan
1	18,45	16,34	0,98	
2	18,45	16,34	0,76	
3	19,32	16,34	0,89	
4	19,44	16,34	0,87	
5	18,99	16,33	0,78	
6	18,99	16,34	0,90	
7	19,01	16,34	0,88	
8	19,01	16,34	0,77	
9	19,01	16,34	1,01	
10	19,02	16,34	0,90	
11	19,02	16,34	1,02	
12	19,01	16,34	1,00	
13	19,01	16,34	1,02	
14	19,01	16,34	0,89	
15	19,01	16,34	0,88	
16	19,01	16,34	0,87	
17	19,02	16,34	0,90	
18	19,01	16,34	0,92	
19	19,00	16,34	0,91	
20	19,00	16,34	0,91	
21	18,99	16,34	0,91	
22	19,00	16,34	0,93	
23	19,01	16,34	0,89	
24	19,05	16,34	0,88	
25	19,06	16,34	0,92	
26	19,06	16,34	0,91	
27	19,05	16,34	0,94	
28	19,05	16,34	0,95	
29	19,04	16,34	0,96	
30	19,05	16,34	1,12	
31	18,88	16,33	1,10	
32	18,98	16,34	1,20	
33	18,98	16,34	1,31	

34	18,97	16,34	0,99
35	18,97	16,34	0,98
36	18,00	16,23	0,93
37	17,87	16,21	0,83
38	17,90	16,21	0,82
39	19,09	16,34	0,83
40	19,89	16,34	0,92
41	19,92	16,34	0,88
42	19,92	16,33	0,92
43	19,92	16,34	0,92
44	19,91	16,34	0,93
45	19,93	16,34	0,89
46	19,93	16,33	0,90
47	19,93	16,34	0,87
48	19,94	16,34	0,91
49	19,94	16,33	1,02
50	19,92	16,34	1,02
51	19,73	16,34	1,18
52	19,72	16,34	1,18
53	19,74	16,34	1,12
54	19,64	16,34	1,10
55	19,65	16,34	1,18
56	19,67	16,34	1,12
57	19,66	16,34	1,10
58	19,65	16,34	1,18
59	19,66	16,34	0,99
60	19,67	16,33	1,09

