



# Plagiarism Checker X Originality Report

**Similarity Found: 18%**

Date: Wednesday, June 07, 2017

Statistics: 508 words Plagiarized / 2823 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

---

Studi Analisa **Synchronous Rectifier Buck Converter** untuk Meningkatkan Efisiensi Daya pada Sistem PV 1Ari Robiul Ichsan", 2Machmud Effendy, 3Diding Suhardi 1Jurusan Teknik Elektro, 2Fakultas Teknik, 3Universitas Muhammadiyah Malang 1arirobiulichsan@gmail.com, 2machmudeffendy@yahoo.com <mailto:machmudeffendy@yahoo.com2>, 3diding@umm.ac.id Abstrak Abstrak-Sel surya atau sering disebut energi photovoltaic (PV) adalah energi yang saat ini populer karena PV yang sangat **ramah terhadap lingkungan** tetapi dalam pengaplikasiannya secara konvensional sistem PV juga banyak mengalami kekurangan terutama terhadap **efisiensi daya keluaran yang terbilang** rendah.

salah **satu faktor yang mempengaruhi** terhadap efisiensi daya sistem PV yaitu pada bagian konverter DC-DC. Konverter DC-DC sebagai sumber daya sistem elektronika yang dapat ditingkatkan efisiensinya dengan cara mengganti dioda pada konverter DC dengan MOSFET. MOSFET dapat mengurangi rugi konduksi pada konverter DC sinkron karena rugi daya konduksi MOSFET **lebih rendah dari** rugi daya konduksi dioda.

Pada perancangan ini sistem PV menggunakan konverter DC tipe penurun tegangan dengan menggunakan metode MOSFET sinkronisasi untuk menggantikan dioda pada **rangkaian konverter DC** tipe penuru tegangan atau **juga disebut dengan synchronous buck converter**. Kemudian akan dibandingkan

efisiensi daya antara **synchronous buck converter** dengan non-synchronous buck converter.

Pada sistem PV menggunakan synchronous buck converter efisiensi **daya yang dihasilkan** ialah mencapai 98.47%, sedangkan efisiensi **daya yang dihasilkan pada non-synchronous buck converter** disistem PV lebih rendah ialah 96.81%. Ini membuktikan bahwa rugi konduksi pada MOSFET **lebih rendah dibandingkan** dengan rugi konduksi pada dioda.

Kata Kunci : DC Konverter, Efisiensi daya , MOSFET sinkronisasi, Photovoltaic (PV)  
Abstract Abstract- Solar cells or photovoltaic (PV) energy is a popular energy because PV technology is renewable but in conventional application **PV system has low** output power efficiency. One factor which influenced the power efficiency of PV Systems that are in the DC-DC converter.

Power efficiency in converter DC-DC can increase with replace diode to MOSFET. MOSFET can decrease **the conduction loss** of synchronous DC converter because conduction **loss in MOSFET** lower than diode. In this paper PV system is designed use DC converter buck converter type and synchronous MOSFET method or usually called synchronous buck converter.

Power **efficiency of synchronous buck converter is** compare with non-**synchronous buck converter**. The result of power efficiency synchronous **buck converter is** 98.47%, power efficiency of non-synchronous buck in PV system is 96.81%. This analysis has proven the conduction losses in MOSFET lower than the conduction MOSFET in diode. Keyword : Converter DC, Photovoltaic (PV), Power efficiency, synchronous MOSFET, 1.

Pendahuluan Menipisnya sumber daya **bahan bakar fosil** di seluruh dunia kita diharuskan **mencari sumber energi yang** alternatif. Diantara semua pilihan energi terbarukan energi surya ialah energi yang paling **bersih dan tidak** ada habis-habisnya. **Energi surya telah** menawarkan solusi hasil yang menjanjikan dalam upaya tersebut.

Solusi **yang ditawarkan oleh** energi surya **sangat berpengaruh terhadap** lingkungan tetapi dalam aplikasinya secara konvensional sel surya juga banyak mengalami **kekurangan terutama pada sisi** efisiensi **keluaran yang terbilang** rendah, hal tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik antara **sel surya dengan beban**. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh

panel surya, seperti besarnya tingkat intensitas cahaya, suhu kerja dari panel surya dan kinerja dari konverter DC itu sendiri [1]-[3].

Pada sel surya itu sendiri baterai yang biasanya digunakan adalah baterai Lead-Acid, karena dapat diisi ulang sehingga sangat efisien untuk digunakan pada sistem kelistrikan. Untuk mencegah kerusakan pada baterai, dibutuhkan sebuah alat pengendali yang dikenal dengan charge controller. Fungsi utama dari charge controller adalah untuk mempertahankan keadaan baterai dengan mencegah terjadinya distribusi arus dan tegangan yang berlebihan pada baterai.

Terdapat setidaknya ada dua jenis charge controller yaitu yang menggunakan teknologi Pulse Width Modulation (PWM) dan Maximum Power Point Tracking (MPPT) [4],[5]. Menurut Dhananjay dan Anmol sebuah sistem Photovoltaic (PV) secara matematis yang terhubung dengan buck converter dengan algoritma Incremental Conductance (IC) untuk mengekstraksi daya maksimum pada kondisi PV yang berbeda.

Mereka menyadari bahwa fungsi dasar dari DC-DC konverter di sistem PV adalah seperti daya proses yang mengubah tingkat antara arus dan tegangan sehingga daya maksimum dapat diekstraksi dari rangkaian PV [1]. Menurut Emmanuel dan Vasile perangkat semikonduktor memiliki kerugian konduksi karena terdapat tahanan yang aktif. Dioda yang terdapat pada buck converter memiliki forward voltage yang lebih tinggi dari sekitar 0,6 V sampai 0,7 V yang dapat mengalami kerugian daya dalam converter, dengan meningkatkan efisiensi dan kinerja yang lebih tinggi mereka melakukan desain terhadap buck converter dimana dioda diganti dengan Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET) atau sering disebut synchronous rectifier (SR) buck converter, karena MOSFET digunakan untuk memenuhi efisiensi dan kinerja yang lebih tinggi. Mengganti dioda dengan MOSFET dapat meningkatkan efisiensi sampai 5% atau lebih [6],[7].

Pada peneliti sebelumnya menurut Sutedjo, dkk mereka melakukan rancang bangun DC-DC converter dengan pengendali PI yang mendapatkan efisiensi maksimum pada buck converter ialah 86,33% [8]. Ling-Feng Shi dan Wei-Gang Jia melakukan eksperimen terhadap synchronous buck DC-DC converter dengan menggunakan kontrol PWM dan Auto-switching PWM/Standby.

Mereka mendapatkan hasil efisiensi maksimal ialah 94% [9]-[10]. Peneliti yang bernama Trias, dkk membahas sistem yang berbeda ialah konverter arus searah ke arus searah tipe penaik tegangan dengan dan tanpa MOSFET sinkronisasi, mereka menyadari bahwa dalam prakteknya efisiensi daya pada converter DC-DC tipe

penaik tegangan sinkronisasi MOSFET lebih tinggi dibandingkan dengan MOSFET tanpa sinkronisasi.

Mereka menyimpulkan pada duty cycle 40% keatas efisiensi daya yang dihasilkan akan terus meningkat dan meninggalkan nilai efisiensi daya pada konverter tipe penaik tegangan tanpa MOSFET sinkronisasi, total efisiensi keseluruhan sistem yang dihasilkan ialah 95% [11]. Penelitian ini akan memaksimalkan efisiensi daya synchronous buck converter pada sistem PV lalu akan dibandingkan dengan kinerja dari non-synchronous buck converter yang akan disimulasikan ke software MATLAB-SIMULINK r2012b. 2. Metode Penelitian 2.1.

Diagram Blok Sistem PV dengan penurun tegangan non-synchronous buck converter ditunjukkan Gambar 1 dan 2 ialah dengan menggunakan synchronous buck converter. Kedua sistem PV tersebut berfungsi menurunkan tegangan menjadi 12 V. Gambar 1 Diagram blok secara umum sistem PV menggunakan non-synchronous buck converter Gambar 2 Diagram blok desain sistem PV menggunakan synchronous buck converter 2.2. Perancangan PV Nilai parameter PV yang dipakai pada simulasi ini ialah tipe KC200GT-200W.

Secara garis besar pemodelan PV ini didapatkan dari persamaan yang telah disesuaikan dengan karakteristik PV itu sendiri pada umumnya. Gambar 3 yaitu rangkaian umum PV secara skematik. Gambar 3 Rangkaian umum PV secara skematik Tabel 1 parameter PV yang akan digunakan dalam pemodelan PV secara matematis. Tabel 1 Parameter PV Characteristic Unit KC200GT-200W Maximum power ( $P_{max}$ ) W 200.143 Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ ) V 26.3 Maximum Power Current ( $I_{mp}$ ) A 7.61 Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) A 8.21 Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) V 32.9

Persamaan (1) sampai (4) yang didapat, pemodelan dibuat secara bertahap sesuai dengan Persamaan nilai yang sudah ditentukan. (1)  $I_{rs} = I_s$  (2)  $I_s = I_{rs} \exp$  (3)  $I_{pv} = N_p I_{ph} - N_p I_o$  (4) Gambar 4 menunjukkan rangkaian PV secara matematis dengan perancangan PV yang dirancang secara matematis dengan menghasilkan PV murni 200 watt dan ditingkatkan daya sehingga mencapai 1200 watt. Gambar 4 Rangkaian PV secara matematis 2.3.

Perancangan converter DC sebagai penurun tegangan PV Converter DC yang digunakan ialah buck converter mengubah nilai tegangan masuk dari sumber PV sebesar 32.9 V ke nilai tegangan keluaran yang lebih rendah sebesar 12 V dengan frekuensi switching 10 kHz. Tabel 2 Parameter nilai untuk perancangan konverter

DC dan Gambar 5 rangkaian simulasi buck converter dengan penyearah sisi bawah menggunakan dioda yang sudah dirancang.

Tabel 2 Nilai Parameter perancangan konverter DC Parameter Nilai Satuan Voltage Input 32.9 V Voltage Output 12 V Current Output 7 A Frekuensi 10 kHz Forward Voltage 0.6 V Resistor 0.5 Ohm Gambar 5 Rangkaian umum buck converter dengan sumber PV Dengan hitungan untuk merancang konverter DC tipe penurun tegangan akan menggunakan Persamaan (5) sampai (10).  $D = \frac{V_o}{V_i}$  (5)  $I_L = I_o$  (6)  $\Delta I_L = 0.3 \times I_L$  (7)  $L = \frac{V_o}{f \Delta I_L}$  (8)  $\Delta V_o = \pm 0.1\% + V_o$  (9)  $C = \frac{I_o}{f \Delta V_o}$  (10) Dari persamaan (5) sampai (10) maka dapat dihasilkan nilai dari setiap komponen yang ditunjukkan Tabel 3 hasil persamaan (5) sampai (10).

Tabel 3 Hasil persamaan (5) sampai (10) Komponen Nilai Satuan Duty cycle 0.40 % Induktor 0.00037 henry Kapasitor 0.0022 farad Sebagai pembandingnya Gambar 6 menunjukkan simulasi rangkaian synchronous buck converter menggunakan sumber PV sebagai pembanding dengan hasil keluaran efisiensi daya non-synchronous buck converter.

Gambar 6 Rangkaian synchronous buck converter dengan sumber PV Pada analisa ini akan membandingkan hasil efisiensi daya sistem PV menggunakan non-synchronous buck converter lalu dibandingkan dengan synchronous buck converter. Efisiensi daya secara umum dapat dihitung dengan Persamaan (11).  $\eta = \frac{P_o}{P_i}$  (11) Frekuensi switching yang dipakai mulai 10 kHz, 20 kHz sampai 30 kHz. Duty cycle yang dipakai mulai dari 40%, 50%, 60%, 70%, 80% sampai 90%.

Ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh hasil keluaran jika nilai frekuensi dan duty cycle dinaikan. 2.4. Perancangan Converter DC Sebagai Penurun Tegangan PV Menggunakan Beban Baterai Pada perancangan ini sistem PV yang awalnya menggunakan beban resistor bernilai 0.5 ohm kini diganti dengan menggunakan baterai lead-acid 12 V dan 140 AH.

Gambar 7 ialah rangkaian sistem PV dari sumber PV menggunakan non-synchronous buck converter dengan beban baterai Gambar 7 Rangkaian non-synchronous buck converter dengan beban baterai lead-acid Sebagai pembanding Gambar 8 adalah rangkaian sistem PV dari sumber PV menggunakan synchronous buck converter dengan beban baterai. Gambar 8 Rangkaian synchronous buck converter dengan beban baterai lead-acid Pada analisa ini akan membandingkan sistem PV menggunakan non-synchronous buck converter dengan synchronous buck converter yang akan dilairkan ke beban baterai lead-acid.

Tabel 2 konverter DC tipe penurun yang akan dipakai menggunakan nilai parameter yang sudah ditentukan dan dihitung sebelumnya ialah frekuensi 10 KHz dan duty cycle 40%. 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan 3.1 Hasil simulasi PV Gambar 9 menunjukkan hasil PV murni persamaan tegangan dan arus dengan daya 200 watt sedangkan gambar 10 menunjukkan PV murni persamaan daya dan tegangan.

(a) (b) Gambar 9 (a) Persamaan arus dan tegangan (b) Persamaan antara daya dan tegangan Dalam Gambar 10 (a) adalah persamaan arus dan tegangan dengan daya yang sudah ditingkatkan sebesar 1200 watt sedangkan Gambar 10 (b) adalah persamaan daya dan tegangan yang sudah ditingkatkan sebesar 1200 watt. (a) (b) Gambar 10 (a) Persamaan arus dan tegangan (b) persamaan daya dan tegangan 3.2 Hasil Simulasi Sistem PV 3.2.1.

Hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter Dalam bab ini menggunakan duty cycle sesuai dengan persamaan (5) ialah 40%. Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter pada frekuensi 10kHz sedangkan Gambar 12 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter pada frekuensi 20 kHz dan Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter pada frekuensi 30 kHz.

Gambar 11 Hasil grafik frekuensi 10Khz Gambar 12 Hasil grafik frekuensi 20 KHz Gambar 13 Hasil grafik frekuensi 30 KHz Tabel 4 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter menggunakan duty cycle mulai dari 40%, 50%, 60%, 70%, 80% sampai 90% dengan frekuensi yang digunakan ialah 10, 20, dan 30 kHz. F (kHz) D (%) Source (V) Current (A) Power (W) Power Efficiency (%) Input Output Input Output Input Output 10 40 32.1 12.13 9.382 24.03 301.1 291.5 96.81 50 31.59 14.86 14.82 29.86 468.1 443.8 94.83 60 30.97 16.91 20.94 33.65 648.5 568.9 87.71 70 30.26 18.96 27.13 37.75 820.9 715.8 87.19 80 29.25 20.76 34.32 41.73 1004 866.2

86.28 90 28.13 21.76 40.16 43.32 1130 942.6 83.44 Tabel 4 hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter 20 40 31.92 12.94 11.29 25.65 360.4 332 92.11 50 31.12 16.43 19.53 32.87 607.8 540.2 88.87 60 30.67 17.78 23.63 36.07 724.8 641.3 88.48 70 29.54 20.26 34.42 40.43 957.9 821.3 85.74 80 29.17 20.8 34.81 41.21 1015 857.4 84.44 90 26.77 22.31 44.62 44.62 1195 995.6 83.33 30 40 32.13 11.55 9.033 23.09 290.2 266.6 91.88 50 31.66 14.1 14.11 28.21 446.6 397.9 89.09 60 31.09 16.43 19.78 32.87 615.1 540.1 87.81 70 30.41 18.5 25.84 37.01 786 684.8

87.12 80 29.55 20.26 32.37 40.53 956.5 821.2 85.85 90 28.4 21.61 38.95 43.23 11.06  
 934.3 84.47 3.2.2. Hasil simulasi sistem PV dengan synchronous buck converter  
 Dalam bab ini menggunakan nilai duty cycle sesuai dengan persamaan (5) ialah  
 40%.

Gambar 14 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan synchronous buck  
 converter pada frekuensi 10 kHz sedangkan Gambar 15 menunjukkan hasil  
 simulasi sistem PV dengan synchronous buck converter pada frekuensi 20 kHz  
 dan Gambar 16 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan synchronous buck  
 converter pada frekuensi 30 kHz. Gambar 14 Hasil grafik dengan frekuensi 10 kHz  
 Gambar 15 Hasil grafik dengan frekuensi 20 kHz Gambar 16.

Hasil grafik dengan frekuensi 30 kHz Tabel 5 menunjukkan hasil simulasi sistem PV  
 dengan synchronous buck converter menggunakan duty cycle mulai dari 40%,  
 50%, 60%, 70%, 80% sampai 90% dengan frekuensi yang digunakan ialah 10, 20,  
 dan 30 kHz. Tabel 5 hasil simulasi sistem PV dengan synchronous buck converter F  
 (kHz) D (%) Source (V) Current (A) Power (Watt) Power Efficiency (?) Input Output  
 Input Output Input Output 10 40 32.1 12.34 9.545 24.45 306.2 301.6 98.47 50 31.6  
 15.01 14.96 30.15 472.4 452.4 95.76 60 31 17.01 21.07 33.86 652.2 575.8 88.29 70  
 30.3 19.02 27.22 37.88 823.4 720.5 87.51 80 29.2 20.79 34.37 41.79 1005 868.9  
 86.44 90 28.1 21.77 40.18 43.35 1130 943.8 83.51 20 40 31.9 13.13 11.46 26.02  
 365.5 341.6 93.44 50 31.1

16.55 19.67 33.09 611.7 547.5 89.51 60 30.7 17.87 23.74 36.24 727.9 647.4 88.95 70  
 29.5 20.3 32.49 40.61 959.5 924.5 85.94 80 2916 20.83 34.86 41.28 1017 859.9  
 84.59 90 26.8 22.31 44.62 44.62 1195 995.6 83.33 30 40 32.1 11.77 9.206 23.54  
 295.6 277 93.68 50 31.6 14.26 14.27 28.53 451.5 407 90.14 60 31.1 16.54 19.92  
 33.09 619 547.5 88.44 70 30.4 18.57 25.94 37.18 788.8 690.1 87.49 80 29.5 20.3  
 32.43 40.61 958.1 824.4 86.05 90 28.4 21.63 38.98 43.26 1107 935.7 84.55 3.3

Hasil Perbandingan Efisiensi Daya Sistem PV Pada bab ini menjelaskan hasil  
 perbandingan efisiensi daya dari sistem PV dengan konveretr DC tipe penurun  
 tegangan memakai MOSFET sinkronisasi lalu dibandingkan dengan MOSFET  
 tanpa sinkronisasi. Gambar 17 ialah grafik analisa perbandingan efisiensi daya  
 memakai frekuensi yang sudah ditetapkan pada penentuan nilai parameter  
 sebelumnya yaitu Tabel 2 sebesar 10 KHz dengan duty cycle mulai dari 40%, 50%,  
 60%, 70%, 80% sampai 90%. Gambar 17.

Grafik perbandingan efisiensi daya pada sistem PV Jadi disini peneliti bisa  
 menyimpulkan bahwa pada sistem PV dengan menggunakan converter DC tipe



penurun tegangan atau yang disebut buck converter efisiensi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan synchronous buck converter. Selisih efisiensi daya dari kedua converter DC tipe penurun tersebut pada duty cycle 40% ialah 1.66% tepat difrekuensi 10 kHz, perbedaan efisiensi daya tersebut ialah perbedaan yang paling jauh difrekuensi 10 kHz.

Jadi semakin tinggi nilai duty cycle maka keluaran tegangan, arus dan daya akan semakin tinggi, tetapi pada efisiensi daya yang dihasilkan dari kedua converter DC tipe penurun tegangan tersebut akan semakin rendah, keduanya hampir menghasilkan nilai yang sama ketika nilai duty cycle semakin dinaikan. 3.4 Hasil Simulasi Sistem PV dengan Beban Baterai Pada hasil simulasi sistem PV ini, kedua converter DC tipe penurun tegangan tersebut akan menggunakan beban baterai lead-acid 12 V memakai frekuensi yang sudah ditetapkan dalam Tabel 2 ialah 10 KHz dan nilai duty cycle sesuai dengan hasil persamaan (5) yaitu 40%.

Gambar 18 adalah hasil grafik keluaran tegangan, arus dan daya pada sistem PV menggunakan non-synchronous buck converter dan Gambar 19 adalah hasil grafik keluaran tegangan, arus dan daya pada sistem PV menggunakan synchronous buck converter. Gambar 18 Hasil grafik keluaran non-synchronous buck converter dengan beban baterai Gambar 19 Hasil grafik keluaran synchronous buck converter dengan beban baterai Tabel 6 menunjukkan hasil simulasi sistem PV dengan non-synchronous buck converter dan synchronous buck converter menggunakan beban baterai, duty cycle yang dipakai mulai dari 40%, 50%, 60%, 70%, 80% sampai 90% dengan frekuensi yang sudah ditetapkan pada Tabel 2 ialah 10 kHz.

Tabel 6 Hasil sistem PV dengan menggunakan beban baterai 4. Kesimpulan Pengaplikasian sistem PV dengan kedua converter DC-DC tipe buck adalah semakin tinggi nilai duty cycle maka akan semakin tinggi nilai keluaran tegangan dan arus pada sistem PV, tetapi pada efisiensi daya yang dihasilkan akan menurun itu disebabkan perancangan nilai duty cycle yang sudah dihitung sebelumnya tidak sesuai dengan nilai parameter tegangan keluaran yang diinginkan yaitu sebesar 12 V sesuai dengan Persamaan (5).

Perancangan kontrol MOSFET synchronous buck converter agar bisa mengontrol switching pada MOSFET dengan menambahkan logic NOT pada sisi bawah MOSFET. Perancangan tersebut bertujuan agar sisi MOSFET atas dan sisi MOSFET bawah tidak aktif bersamaan diwaktu yang sama. Jika kedua MOSFET diaktifkan pada waktu yang bersamaan maka akan terjadi hubungan singkat dari tegangan



masuk langsung ke ground dan menyebabkan kegagalan pada sistem penurunan tegangan.

Pada efisiensi daya yang dihasilkan synchronous buck converter disistem PV lebih baik dibandingkan dengan efisiensi daya non-synchronous buck converter. Efisiensi daya yang dihasilkan pada synchronous buck converter disistem PV ialah mencapai 98.47%, sedangkan efisiensi daya yang dihasilkan pada non-synchronous buck converter disistem PV lebih rendah ialah 96.81%.

Ini membuktikan bahwa MOSFET dapat mengurangi rugi konduksi pada konverter DC karena rugi daya konduksi MOSFET yang lebih rendah dari rugi daya konduksi dioda. 5. Daftar Notasi = Arus hubung singkat = Arus reverse saturation dari dioda (A), Q = Muatan elektron ( $1,602 \times 10^{-19}$  C), V adalah tegangan dioda (V), K = Konstanta Boltzman ( $1,381 \times 10^{-23}$  J/K), T = Suhu junction dalam Kelvin (K).

N = Idealitas dari dioda, Rs = Tahanan seri dari dioda, Rsh = Tahanan shunt dari dioda, Voc = Voltage Open Current Vin = Tegangan masukan Vout = Tegangan keluaran F = Frekuensi D = Duty cycle L = Induktor C = kapasitor R = Resistor VF = Voltage Forward ?IL = Riak arus ?Vo = Riak tegangan keluaran ? = Efisiensi daya Rds(on) = Resistance Drain Source Referensi [1] Ratna Saxena, Anmol, Dhananjay Choudhary, "DC-DC Buck-Converter for MPPT of PV System," Department of Electrical Engineering, Madhav Institute of Technology & Science, Gwalior, India., IJETAE Juli. 2014. [2] Nema, Savita, R.K.Nema, Gayatri Agnihotri, "Matlab/simulink based study of photovoltaic cells/modules/array and their experimental verification," International Journal Of Energy And Environment, Volume 1, Issue 3. 2010. [3] Fuady Babgei, Atar, "RANCANG BANGUN MAXIMUM POWER POINT TRACKER (MPPT) PADA PANEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY," ITS. 2012.

[4] I Made, Astra, Satwiko, Sidopekso "Studi Rancang Bangun Solar Charge Controller dengan Indikator Arus, Tegangan dan Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535," Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. XI, 21. 2011. [5] Hasan, Umar, Ir. Dedid Cahya H.,MT, "SISTEM CHARGING BATERAI PADA PERANCANGAN MOBIL HYBRID" Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Surabaya.

[6] Taddy, Emmanuel, Vasile Lazarescu "Modeling and simulation of a switch-mode synchronous buck converter," Department of Applied Electronics, Faculty of Electronics, Telecommunications, and Information Technology, Politehnica University of Bucharest, Bucharest, Romania, 25 October 2014. [7] Darmawansyah, Agung, "Analisis Dan Perancangan Integrated Circuit AND OR Inverter (AOI)

Berteknologi HCMOS (High Speed Complementary Metal Oxide Semiconductor)" Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang.

- [8] Sutedjo, Zaenal Efendi, Dina Mursyida, "Rancang Bangun Modul DC-DC Converter Dengan Pengendali PI", Politeknik Elektronika Negeri Surabaya - ITS. [9] Shi, Ling-Feng and Wei-Gang Jia, "Mode-selectable High-efficiency Low-quiescent Current Synchronous Buck DC-DC Converter," Xidian University, China. May. 2013. [10] Joseph, Nimmy, "Control and Analysis of Synchronous Rectifier Buck Converter for ZVS in Light Load Condition," Assistant Professor, Dept.

of Electrical and Electronics Engineering, Dayananda Sagar Academy of Technology and Management, Bangalore, India June. 2013. [11] Andromeda Trias, Mohamad Isnaeni Romadhon, Mochammad Facta, "Konverter Arus Searah Ke Arus Searah Tipe Penaik Tegangan Dengan Dan Tanpa Mosfet Sinkronisasi," Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang, 19 Oktober 2016.

#### INTERNET SOURCES:

---

-

- <1% - Empty
- <1% - <http://hermansyah21.blogspot.com/feeds/p>
- 1% - <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Unde>
- <1% - <http://jendeladenngabei.blogspot.com/201>
- <1% - <http://thohirfariz24.blogspot.com/2015/>
- <1% - <https://www.scribd.com/document/32445202>
- <1% - <http://bagionothink.blogspot.com/#!>
- <1% - <https://id.scribd.com/doc/169099918/Kont>
- <1% - <https://issuu.com/harmlesshacker/docs/ab>
- <1% - <http://dokumen.tips/documents/job-2-558b>
- <1% - [http://www.ijera.com/papers/Vol4\\_issue8/](http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue8/)
- <1% - <https://www.researchgate.net/profile/Wal>
- <1% - <https://www.researchgate.net/publication>
- <1% - <https://www.scribd.com/document/64793212>
- 1% - <http://www.ti.com/lit/an/slyt358/slyt358>
- <1% - <https://www.scribd.com/document/21205926>
- <1% - <http://www.davidpublishing.com/davidpubl>
- <1% - <https://our-makalah.blogspot.com/2015/01>
- <1% - <https://teknologisurya.wordpress.com/pag>

<1% - <http://punyaunie.blogspot.com/2008/12/pr>  
<1% - <http://www.manajemenenergi.org/2013/09/0>  
1% - <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Unde>  
1% - <https://www.researchgate.net/publication>  
<1% - <http://jendeladenngabei.blogspot.com/201>  
<1% - <http://riastypurwandari.blogspot.co.id/2>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/142511248/Inst>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/316711834/2-Mo>  
<1% - <http://www.kelistrikanku.com/2017/01/kom>  
1% - <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Unde>  
<1% - [http://www.academia.edu/24709607/MODUL\\_I](http://www.academia.edu/24709607/MODUL_I)  
<1% - <https://es.scribd.com/doc/200512946/Kesa>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/239774896/Moth>  
<1% - <http://docplayer.info/255856-Jaringan-wi>  
<1% - <https://ilpanapandi.wordpress.com/2011/0>  
<1% - <https://issuu.com/harmlesshacker/docs/ab>  
<1% - <http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurn>  
<1% - <http://zoniaelektro.net/rangkaian-power-s>  
<1% - <https://es.scribd.com/doc/294590605/Buku>  
<1% - [http://www.academia.edu/32575997/RASIO\\_K](http://www.academia.edu/32575997/RASIO_K)  
<1% - <http://www.manajementelekomunikasi.org/2>  
<1% - <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-pape>  
1% - <http://www.elecssl.com/solar-photovolta>  
<1% - <http://secarikcatatansangpenyairkecil.bl>  
<1% - <http://sami-dedy.blogspot.com/2010/06/pe>  
<1% - <http://bagionothink.blogspot.com/>  
<1% - <http://www.st.com/resource/en/datasheet/>  
<1% - <https://tnpsc.files.wordpress.com/2010/1>  
<1% - <http://basukidwiputranto.blogspot.com/20>  
1% - <http://www.ti.com/lit/an/slyt358/slyt358>  
<1% - <https://www.scribd.com/document/34403493>  
<1% - <https://www.scribd.com/document/34403493>  
<1% - <https://laporanakhirskripsitesisdisertas>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/258045147/Hani>  
<1% - <http://energibarudanterbarukan.blogspot>  
<1% - <http://tugassismik2015.blogspot.com/>  
<1% - <https://www.scribd.com/document/25055859>  
<1% - <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/553>  
<1% - <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/679>  
<1% - <http://budyharyantocahroban.blogspot.com>

<1% - [http://www.academia.edu/14170236/studi\\_a](http://www.academia.edu/14170236/studi_a)  
<1% - <https://es.scribd.com/doc/186447289/digi>  
<1% - <http://dokumen.tips/documents/pengantar->  
<1% - <http://jendeladenngabei.blogspot.com/fee>  
<1% - <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php>  
<1% - <http://ernaerlina1.blogspot.co.id/2015/0>  
<1% - <https://ml.scribd.com/doc/111418789/Kerj>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/219222469/ANAL>  
<1% - <https://sismik.stei.itb.ac.id/page/2/>  
<1% - <http://serbaacmatic.blogspot.com/2015/09>  
<1% - <http://dokumen.tips/documents/teknik-pem>  
<1% - <https://www.scribd.com/document/25055859>  
<1% - <https://pt.scribd.com/doc/273343694/1310>  
<1% - <https://issuu.com/harmlesshacker/docs/ab>  
<1% - <https://issuu.com/harmlesshacker/docs/ab>  
<1% - <https://zaifbio.wordpress.com/2010/05/05>  
<1% - <http://repository.usu.ac.id/bitstream/12>  
<1% - <https://ml.scribd.com/doc/259532016/Airc>  
<1% - <http://docplayer.info/65425-Peralatan-pr>  
<1% - <https://fadhlihakim.wordpress.com/>  
<1% - <https://id.scribd.com/document/98729120/>  
<1% - <https://id.scribd.com/doc/131371952/Micr>  
<1% - <https://es.scribd.com/doc/294590605/Buku>  
<1% - <http://documents.tips/education/dioda-re>  
<1% - <https://www.collegedekho.com/colleges/ab>  
1% - <https://www.scribd.com/document/24156659>  
<1% - <https://es.scribd.com/doc/301821450/yudh>  
<1% - <http://thebookee.net/eb/ebook-instrument>  
<1% - <http://spotidoc.com/doc/368979/p-r-o-g-r>  
<1% - <https://www.linkedin.com/pub/dir/Elena+->  
1% - <http://www.hme.ub.ac.id/tentang/berita>  
<1% - <http://docplayer.info/166547-Bab-10-elek>  
<1% - <https://www.rroj.com/open-access/contro>  
<1% - <http://www.dsatm.edu.in/images/EEE/pdf/g>  
<1% - <https://id.wikipedia.org/wiki/Politeknik>