

Prototipe Sistem Otomatis pada Lampu Berbasis Sel Surya yang Terintegrasikan *Blocking Oscillator*

Riyana Indah Setiyani¹, Dewanto Harjunowibowo², Ahmad Fauzi³

^{1,2} Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jalan Ir. Sutami no 36A Kentingan, Jebres, Surakarta
E-mail : riyu.riyana@gmail.com¹, dewantoh@gmail.com²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem otomatis pada lampu berbasis sel surya yang terintegrasi *blocking oscillator* serta menyelidiki pengaruh jumlah lilitan terhadap daya keluaran dari sistem. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode yang harus melewati serangkaian tahap. Sistem ini kemudian dipasang teknologi BO dan sel surya dengan baterai 3,7 v. Diharapkan LED dapat tetap menyala ketika sel surya tidak terkena cahaya dan LED tidak menyala serta terjadi proses pengisian baterai ketika sel surya terkena cahaya. Efisiensi kinerja sistem secara keseluruhan diobservasi dan mendapatkan jumlah lilitan yang optimal pada sistem. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tegangan keluaran dari sistem mencapai 4 kali lipat dari tegangan masukan, serta jumlah lilitan mempengaruhi kinerja sistem ini dan didapatkan jumlah lilitan yang optimal yaitu $N_p = 30$ dan $N_s = 27$.

Kata kunci : Blocking Oscillator (BO), Sel Surya

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi setiap tahunnya semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Saat ini Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil untuk memproduksi listrik. Jika hal ini terus berlanjut maka Indonesia akan mengalami krisis energi. Menghadapi kenyataan tersebut maka pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis pada efek fotovoltaic dari Sel Surya sebagai salah satu sumber tenaga listrik yang murah, bebas polusi, dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat. Diperkirakan bahwa sel surya akan menjadi sumber pembangkit listrik andalan di masa datang karena penggunaannya yang sangat praktis terutama untuk suplai energi di daerah-daerah terpencil yang sulit terjangkau oleh PLN (<http://lsistsaintek.blogspot.com/2014/03/jurnal-sel-surya.html>). Namun pada kenyataannya, penggunaan Sel Surya sebagai sumber listrik masih sangat minim dan belum bisa diandalkan sebagai suatu sumber tenaga alternatif yang dapat mengganti tenaga listrik. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti : kemampuan Sel Surya yang belum optimal dalam menghasilkan tenaga listrik, proses pembuatan Sel yang memerlukan operasi pembiayaan yang mahal, apalagi jika Sel tersebut masih harus diimpor bagi pembuatan modul Sel Surya. Sel surya masih merupakan pilihan energi yang lebih mahal dibandingkan bertahan dengan bahan bakar fosil dan masih banyak orang yang tidak bersedia membayar

lebih untuk biaya energi, terlepas apakah ini membantu lingkungan atau tidak.

Sampai saat ini, Sel surya sudah mulai digunakan di rumah-rumah, namun hanya sebagai energi listrik cadangan. Dengan kata lain, Indonesia masih sangat bergantung pada tenaga listrik dari perusahaan listrik milik negara. Padahal, pasokan tenaga listrik nya akan semakin menipis, jika tidak ada tenaga listrik alternatif lainnya. Pemanfaatan tenaga surya harus di mulai dari hal-hal yang sederhana. Dengan kata lain, di mulai dari hal kecil, nantinya akan berdampak besar, seperti untuk lampu penerangan, dimulai untuk memanfaatkan tenaga surya, dengan rangkaian yang cukup sederhana yaitu rangkaian *blocking oscillator*. Rangkaian tersebut dapat dikatakan sederhana karena tidak memerlukan komponen yang rumit dan sudah tidak memerlukan tenaga listrik. Listrik pada rangkaian ini di dapatkan dari tenaga surya, yang kemudian di simpan dalam sebuah battery. Osilator *blocking* adalah osilator yang mempunyai konfigurasi sederhana terdiri dari komponen transistor, tahanan, kapasitor dan transformator (Djaelani, 2012). Rangkaian *Blocking Oscillator* ini juga memanfaatkan transistor yang berperan sebagai saklar.

Dengan rangkaian *Blocking Oscillator* ini diharapkan dapat membantu salah satu permasalahan tentang energi di Indonesia. Penerapan rangkaian *blocking oscillator* akan menjadi terobosan baru untuk menyempurnakan sumber energi alternatif yaitu energi cahaya matahari melalui sel surya. Sel surya akan mengubah foton/ gelombang sinar

tampak menjadi energi listrik yang akan disimpan pada baterai isi ulang.

Blocking oscillator

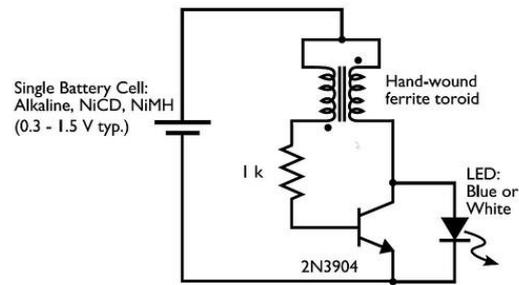
Ron, M. dan P. Richard (2001) serta Thomas, S.W., (2002) dalam Assa'idah (2012) menyebutkan bahwa osilator adalah rangkaian pembangkit sinyal (*signal generator*) yang dapat menghasilkan keluaran gelombang dengan bentuk sinusoidal, segitiga, gergaji atau persegi tergantung desain rangkaianannya. Secara umum osilator dibagi dua yaitu kelas sinusoidal (*sin wave oscillator*) dan kelas relaksasi (*relaxation oscillator*) dimana outputnya berupa sinyal bentuk segitiga, gergaji dan persegi.

Adegbemile (2008) menyebutkan bahwa *Blocking Oscillator* berkaitan erat dengan rangkaian dua transistor yang digunakan sebagai perangkat untuk memperkuat. Selain itu juga digunakan sebagai pengganti transformator pulsa yang menyediakan umpan balik positif yang kuat di semua frekuensi (Glen, 1986; Rulkov and Volkovski, 2001). *Blocking oscillator* digunakan untuk generasi pulsa dalam waktu singkat (Glen, 1986) dan merupakan jenis osilator relaksasi.

Pulse transformator digunakan dalam *Blocking Oscillator* karena lilitan primer dapat menahan tegangan dan arus. Lilitan Sekunder mempunyai impedansi keluaran yang diinginkan. Lonjakan tegangan sesaat pada lilitan primer sama dengan sekitar dua kali tegangan suplai. Apabila lilitan primer dan lilitan skunder memiliki jumlah yang sama dengan perbandingan 1 : 1, tegangan output (puncak pulsa) kurang lebih akan sama dengan tegangan suplai.

Blocking oscillator adalah tipe khusus dari generator gelombang yang digunakan untuk menghasilkan pulsa yang sempit (J.A.Narud and M.R.Aaron, 1958). *Blocking oscillator* memiliki banyak kegunaan yang kebanyakan berkaitan dengan waktu beberapa sirkuit lainnya. Sirkuit ini dapat digunakan sebagai pembagi frekuensi atau sirkuit counter dan untuk beralih sirkuit lain dan mematikan pada waktu tertentu (Lorenzo, Eduardo, 1994).

Blocking Oscillator adalah osilator yang mempunyai konfigurasi sederhana terdiri dari komponen transistor, tahanan, kapasitor dan transformator (Djaelani, 2012). Rangkaian *Blocking Oscillator* ini juga memanfaatkan transistor yang berperan sebagai saklar. Penelitian pendahulu membuktikan bahwa *Blocking Oscillator* mampu menghasilkan tegangan output yang tinggi, yakni mampu menaikkan 400 % dari tegangan inputnya (Dewanto, dkk. 2014. 84).



Gambar 2.1 Rangkaian *Blocking Oscillator*

Adapun cara kerja rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

Arus mengalir dari beda potensial tinggi ke beda potensial yang rendah atau dari positif ke negatif. Arus tersebut pertama akan melewati kumparan pada toroid. Arus yang melewati kumparan primer sama dengan arus yang melewati kumparan skunder, karena jumlah lilitan primer sama dengan jumlah lilitan skunder. Ketika arus melewati kumparan akan timbul GGL induksi yang arahnya berlawanan dengan arah arus dan nilainya berlipat ganda, baik itu pada kumparan primer maupun kumparan skunder.

Arus dari kumparan kiri mengalir menuju ke basis transistor dan terjadi pengisian arus sampai basis transistor mencapai 0,7 volt atau jenuh. Ketika tegangan Basis sudah mencapai saturasi yaitu 0,7 V, transistor dalam kondisi ON dan berfungsi seperti saklar. Pada kondisi ini akan terjadi hubung singkat antara Kolektor dan Emitor sehingga arus dari Kolektor akan mengalir ke Emitor. Pulsa tegangan yang mengalir ke Emitor (feedback) tersebut berjalan menuju baterai dan masuk kembali ke toroid serta basis untuk mengulangi proses ON - OFF pada transistor.

Bersamaan dengan aliran arus pada kolektor ke emitor turun, tegangan pada basis secara perlahan akan menjadi nol lagi. Pada kondisi ini transistor akan berfungsi seperti saklar OFF (cut-off). Saat hal ini terjadi, arus yang melewati kumparan skunder akan memilih untuk melewati LED. Arus yang melewati LED ini memiliki tegangan yang lebih besar dan berlipat ganda akibat GGL induksi yang dihasilkan oleh toroid dan menyalakan LED. Siklus ini berlangsung sangat cepat dan berulang - ulang, sehingga mampu menyalakan LED secara terputus - putus. Namun demikian proses ON - OFF pada LED tidak dapat dideteksi oleh mata manusia, sehingga seolah terjadi aliran arus yang konstan.

2. Pembahasan

A. Prinsip Kerja Rangkaian Sistem Otomatis pada Lampu Berbasis Sel Surya yang Terintegrasi *Blocking Oscillator*

Ketika solar cell terkena cahaya, maka sistem rangkaian tidak berjalan namun terjadi proses charging atau pengisian pada baterai. Kemudian ketika solar cell tidak terkena cahaya, secara otomatis baterai akan mengalirkan daya nya untuk menyalakan rangkaian. Pertama, arus akan melewati kumparan pada toroida. Arus yang melewati kumparan primer sama dengan arus yang melewati kumparan skunder. Ketika arus melewati kumparan akan timbul GGL induksi yang arahnya berlawanan dengan arah arus dan nilainya berlipat ganda, baik itu pada kumparan primer maupun kumparan skunder. Arus yang melewati kumparan primer akan diteruskan ke Basis transistor.

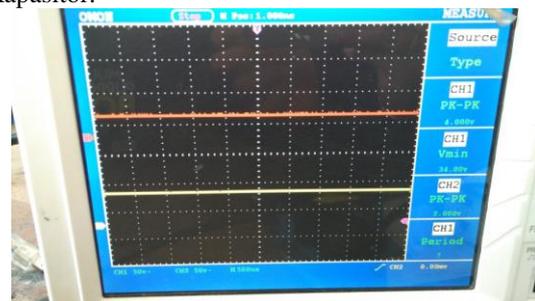
Ketika tegangan Basis sudah mencapai saturasi yaitu 0,7 V, transistor dalam kondisi On dan berfungsi seperti saklar. Pada kondisi ini akan terjadi hubung singkat antara Kolektor dan Emitor sehingga arus dari Kolektor akan mengalir ke Emitor. Pulsa tegangan yang mengalir ke Emitor (*feedback*) tersebut berjalan menuju baterai dan masuk kembali ke toroida serta Basis untuk mengulangi proses On – Off pada transistor. Bersamaan dengan aliran arus pada Kolektor ke Emitor turun, tegangan pada Basis secara perlahan akan menjadi nol lagi. Pada kondisi ini transistor akan berfungsi seperti saklar Off (Cut-Off). Saat hal ini terjadi, arus yang melewati kumparan skunder akan memilih untuk melewati LED. Arus yang melewati LED ini memiliki tegangan yang lebih besar dan berlipat ganda akibat GGL induksi yang dihasilkan oleh toroida dan menyalakan LED. Siklus ini berlangsung sangat cepat dan berulang - ulang, sehingga mampu menyalakan LED secara terputus – putus. Namun demikian proses On – Off pada LED tidak dapat dideteksi oleh mata manusia, sehingga seolah terjadi aliran arus yang konstan. Proses terputus-putus nya LED dalam rangkaian otomatis ini mampu di atasi dengan adanya kapasitor sebelum dihubungkan pada LED. Fungsi dari kapasitor itu sendiri adalah menampung muatan. Sehingga daya yang mengalir ke LED pun stabil dan tidak terputus-putus. Fungsi adanya paralel kapasitor dan resistor adalah untuk membantu proses osilasi yang terjadi pada kumparan sekunder. Fungsi dioda zener pada rangkaian yaitu untuk menyearahkan aliran arus pada rangkaian.

B. Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data kali ini dengan memvariasi jumlah lilitan sekunder. Pengukuran dilakukan untuk

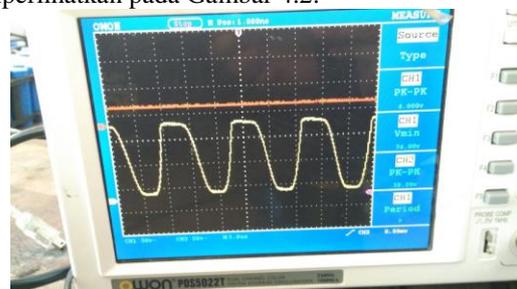
mengetahui tegangan pada input (V_i), arus pada tegangan input (I_i) dengan cara mengukur V_r terlebih dahulu, tegangan pada kumparan primer (V_p), tegangan pada kumparan sekunder (V_s), tegangan output dengan LED (V_{oled}), tegangan output tanpa LED (v_{otled}), Arus output dengan LED (I_{il}), arus output tanpa LED (I_{otl}), tegangan pada kolektor dan emitor (V_{osc}), Intensitas (I), dan arus pada kaki kolektor ($I_{kolektor}$). Karena mengukur I_i tidak dapat dilakukan secara langsung, maka ditambahkan resistor dengan resistansi yang kecil yaitu sebesar 0,5 ohm. Pengukuran dilakukan pada resistor dan mengukur tegangan. Setelah mendapatkan tegangan, dengan menggunakan hukum Ohm, maka dapat dihitung besarnya I_i yang keluar dari input. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan input baterai 3,7 v. Data yang telah diukur dimasukkan ke dalam tabel tabulasi data.

Pengambilan data dengan menggunakan osciloskop di ukur pada output (kapasitor) dan pada kaki kolektor emitor pada transistor. Diambil pada 2 bagian tersebut agar mengetahui bentuk gelombang yang dihasilkan sebelum dan sesudah masuk pada kapasitor.



Gambar 2.1 Bentuk gelombang pada output (kapasitor)

Bentuk gelombang yang dihasilkan pada output (kapasitor) adalah berupa garis lurus. Sedangkan pada kaki kolektor emitor pada transistor bentuk gelombang yang dihasilkan adalah berupa gelombang pulsa. Bentuk gambar gelombang ini diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 2.2 Bentuk gelombang pada kaki transistor (emitor kolektor)

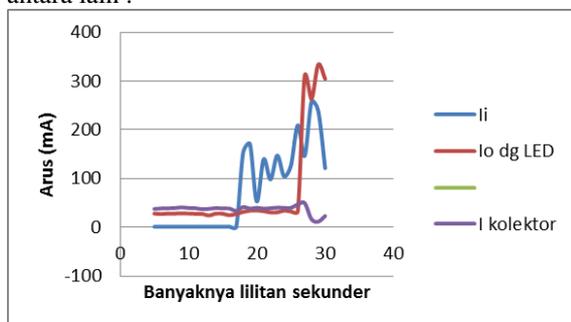
Pembacaan gelombang menggunakan V_{pk} dan bukan V_{rms} . Alasan dalam pemilihan V_{pk}

pp ini karena bentuk gelombang yang dihasilkan dari *Blocking Oscillator* adalah berupa pulsa. *Blocking Oscillator* adalah pelipat tegangan yang berasal dari lecutan tegangan yang dihasilkan. Lecutan- lecutan tegangan ini terjadi secara periodik. Sehingga digunakanlah Vpk-pk agar dapat membaca lecutan tegangan yang dihasilkan berupa gelombang pulsa.

Bentuk gelombang yang dihasilkan dari sistem terkendali *Blocking Oscilator* adalah gelombang dengan bentuk pulsa. Ini sangat menguntungkan sehingga sistem tidak akan terbakar jika menggunakan input yang lebih besar. Berbeda jika hanya menggunakan input langsung dari sumber tegangan (sistem standar). Karakteristik dari gelombang pulsa tersebut adalah, bahwa sistem yang terkendali *Blocking Oscilator* mempunyai jeda untuk mengisi maupun mengosongkan tegangan pada basis. Sedangkan saat tegangan mengalir ke output, terlebih dahulu di tampung pada kapasitor. Sehingga bentuk gelombang akhir yang dihasilkan rangkaian otomatis ini adalah gelombang lurus. Hasil akhir dari bentuk gelombang berupa gelombang lurus menguntungkan karena mampu mengukur Vrms sistem.

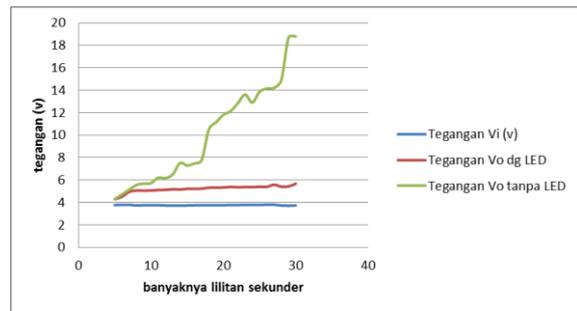
C. Analisa Data dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh, maka dapat dilihat pengaruh banyaknya lilitan terhadap kinerja sistem. Berdasarkan Tabel 4.1 , dibuat beberapa grafik , antara lain :



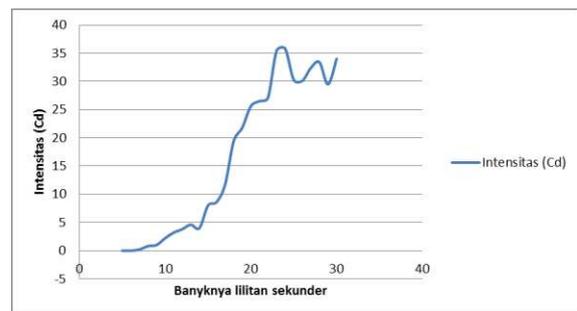
Grafik 2.1 hubungan antara arus terhadap banyaknya lilitan sekunder

Dari Grafik 2.1 dapat terlihat saat lilitan sekunder $N_s = 27$, arus input yang dibutuhkan rendah namun dapat menghasilkan arus output yang tinggi. Hal itu menunjukkan bahwa saat $N_s = 27$, diperoleh hasil yang cukup optimal saat arus input kecil. Dengan kata lain, mampu menghemat input yang digunakan pada sistem.



Grafik 2.2 hubungan antara tegangan terhadap banyaknya lilitan sekunder

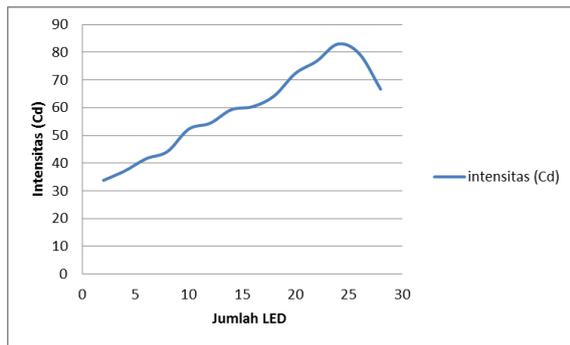
Pada Grafik 2.2, menunjukkan bahwa dengan tegangan input yang relatif sama, mampu menghasilkan tegangan keluaran (output) yang semakin meningkat. Dan jika dihubungkan dengan hasil pada Grafik 2.1, saat jumlah lilitan sekunder $N_s = 27$, dapat menghasilkan V_o dengan LED sebesar 5,578 dan V_o tanpa LED sebesar 14,2. Tegangan output yang dihasilkan termasuk tinggi, mencapai 4 kali lipat dari tegangan input.



Grafik 2.3 Hubungan antara intensitas terhadap banyaknya lilitan sekunder

Pada Grafik 2.3, menunjukkan bahwa semakin banyak lilitan sekunder, semakin tinggi pula intensitas yang diperoleh, meski mulai menurun di titik optimalnya. Dan jika dihubungkan dengan Gambar 2.1, saat $N_s = 27$, menghasilkan intensitas 32,4 Candela, yang itu berarti LED menyala cukup terang.

Berdasarkan grafik hasil eksperimen, dapat di lihat bahwa saat $N_s = 27$ merupakan jumlah lilitan sekunder yang paling optimal pada rangkaian ini jika kita menggunakan $N_p = 30$.



Grafik 2.5 hubungan antara Intensitas (Cd) terhadap banyaknya LED

Sistem yang berjalan mempengaruhi nyala terangnya pada LED. Berdasarkan Grafik 2.5, bahwa jumlah LED menyala cukup terang yaitu pada jumlah LED 24 buah. Penyusunan secara seri kemudian diparalel.

Alat prototipe ini dibuat untuk menciptakan alat inovasi baru yang menggunakan pengaturan secara otomatis. Prototipe ini memanfaatkan solar cell untuk mengisi baterai (sumber tegangan) serta sebuah transistor sebagai saklar untuk mengontrol sistem otomatis yang dapat mengontrol suatu sistem/ piranti elektronika.

3. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan sistem otomatis pada lampu berbasis sel surya yang terintegrasi blocking oscillator maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil yang diperoleh adalah prototype sistem otomatis lampu berbasis sel surya yang terintegrasi blocking oscillator yang mampu melipatgandakan tegangan mencapai 4 kali lipat dari tegangan input.

2. Penelitian dan pembahasan menghasilkan bahwa lilitan berpengaruh terhadap daya keluaran (output), dan di dapatkan jumlah lilitan yang optimal untuk sistem otomatis lampu terintegrasi BO dan solar cell adalah $N_p = 30$ dan $N_s = 27$.

4. Saran

a. Dalam pembuatan Prototipe Sistem Otomastis pada Lampu berbasis sel surya yang terintegrasi *Blocking Oscillator* , sebaiknya menggunakan transistor yang menghasilkan arus yang besar namun membutuhkan namun tidak menyebabkan transistor panas saat sistem berlangsung.

Prinsip kerja sistem ini adalah bahwa saat solar cell terkena cahaya sinar matahari yang cukup (tegangan yang dihasilkan lebih besar daripada tegangan baterai), maka akan terjadi pengisian baterai dan sistem akan berhenti maka LED akan mati. Dan ketika solar cell tidak terkena cahaya, maka pengisian baterai terhenti, dan baterai akan mengalirkan arus ke sistem sehingga sistem akan berjalan dan menghidupkan LED.

Kumparan toroid pada sistem memegang peranan yang sangat penting, yaitu untuk mrnghasilkan lecutan-lecutan untuk membuat transistor jenuh. Dengan memvariasi jumlah lilitan sekunder, mampu menghasilkan jumlah lilitan yang optimal. Berdasarkan hasil data eksperimen, diperoleh jumlah lilitan yang optimal, yaitu $N_p = 30$ dan $N_s = 27$. Dengan jumlah lilitan tersebut, mampu menghasilkan tegangan output hingga 4 kali lipat dari tegangan input. Arus yang dibutuhkan sistem saat jumlah lilitan tersebut juga cukup rendah, namun dapat menghasilkan arus yang tinggi pada keluaran (output).

b. Agar diperoleh tegangan output maksimal sebaiknya memperkecil resistansi dari potensiometer yang digunakan.

c. Sebaiknya menggunakan multimeter yang sesuai jumlah yang dibutuhkan dan spesifikasinya sama

Daftar Pustaka

- A.A. Adegbemile. 2008. *Design of a Blocking Oscillator for Low Voltage Fluorescent Lighting*. International Journal of Electrical and Power Engineering, 2 (2), 71 – 78
- Anonim, 2012. *Transistor sebagai saklar*. Dikutip dari <http://rangkaianelektronika.info/category/komponen-elektronika/transistor/>. Pada 20 maret 2015
- Anonim. 2012. *Transistor Sebagai Saklar*. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/transistor-sebagai-saklar/>
- Assa'idah. 2012. *Simulasi, Desain, dan Pembuatan PCB 2 Tipe Osilator dengan Performa Terbaik*
- Azis, 2013. *Jenis Led dan Cara Kerjanya*. Dikutip dari <http://rasapas.files.wordpress.com/2010/12/led.jpg?w=300&h=105>. 11 Mei 2015.

- Bien, L. E., Kasim, I., dan Wibowo, W. 2008. *Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jalan-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan*. JETri Volume 8. No. 1 : 36 - 56
- Dagostino, F.R. & Wujek, J.B. 2010. *Mechanical and Electrical Systems in Architecture, Engineering, and Construction*. USA: Prentice-Hall.
- Dewi, A. Y. 2013. *Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan pada Laboratorium Elektro Dasar di Institut Teknologi Padang*. Jurnal Teknik Elektro Vol 2 No. 3 :20 - 28
- Glen, M. G. 1986. *Analogue Electronics Circuit*. New York : Prentice Hall Inc.
- Godse, A.P. and Bakshi, U. A. 2010. *Electronic Circuits – II*. Technical Publications.
- Hankins, M. 1991. *Small Solar Electric Systems for Africa*. Motif Creative Arts: Ltd. Kenya
- Harjunowibowo, D., Widiawati, W., dan Jamaludin, A. 2014. *Simple Blocking Oscillator for Waste Battery's Voltage Enhancement*. APCBEE Procedia P. 84-88
- Iskandar Putra, Adhitya. 2012. *Analisa karakteristik induktor toroid pada rangkaian boost converter*. Depok : Universitas Indonesia
- Kadir, A., 1995. *Energi: Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi*. Jakarta : UI Press
- Lorenzo, E. 1994. *Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems*. Institute of Solar Energy : Polytechnic University of Madrid.
- Mintorogo, D. S. 2003. *Strategi aplikasi sel surya (photovoltaic cells) pada Perumahan dan bangunan komersial*. Universitas Kristen Petra: Surabaya.
- Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama
- Narud, J. A. and Aaron, M.R. 1958. *Analysis and Design of a Transistor Blocking Oscillator Including Inherent Nonlinearities*. Jurnal Internasional diterbitkan pada 17 July 1958
- Permadi, Edi. 2005. *Antarmuka LED*. President University, Electrical Engineering
- Pringatun, S, dkk. 2011. *Analisis Komparasi Pemilihan Lampu Penerangan Jalan Tol*. Jurnal Media Elekrika Vol 4 No 1 Hal 18 – 30
- Ron, M. dan P. Richard, 2001. *Sine Wave Oscillator*. <http://www.ti.com>
- Rulkov, N. F. And A. R. Volkovski. 2001. *Generation of broadband chaos using blocking oscillators*. *Circuits and Systems I, Fundamental Theory and Applications*. IEEE. Trans. Circuits Sys., 6: 673-679
- Sigilingging, K. 1994. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung: Tarsito
- Soentono, S., & Aziz, F. 2008. *Expected Role of Nuclear Science and Technology to Support the Sustainable Supply of Energy In Indonesia*. Nuclear Energy, 50.
- Strong, S. J. 1987. *The Solar Electric House. A Design Manual for Home - Scale Photovoltaic Power Systems*. Pennsylvania: Rodale Press
- Surjono, H.D. 2011. *Elektronika: Teori dan Penerapan*. Jember: Penerbit Cerdas Ulet Kreatif.
- Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Lin, G. Y. P., & Chang, Y.-s. 2012. *The Analysis of Renewable Energy Policies for the Taiwan Penghu Island Administrative Region*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 958-965
- Warsito, S. 1995. *Vademekum Elektronika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Widiyanto, D. 2015. *Sragen Minta 2000 PJU Solar Sel*. Kedaulatan Rakyat Online. <http://krjogja.com/read/254409/sragen-minta-2000-pju-solar-sel.kr> Diakses tanggal 23 April 2015 pukul 12.44
- Yuana, Endi. 2014. *Membuat Sendiri Lampu LED Hemat Energi*. Di ases dari <http://www.eyuana.com/2014/07/membuat-sendiri-lampu-led-hemat-energi.html> pada tanggal 13 April 2015 pukul 19.56
- <http://bumn.go.id/emi/berita/153/Jusuf.Kalla.:Target.2025.Renewable.Energy.Sudah.25> Di akses pada 25 April 2015 pukul 16.40
- Nama Penanya : Huda
Pertanyaan :
Bagaimana merealisasikan penelitian untuk masyarakat Indonesia? Jarang ada solar sel yang terjangkau.
Jawaban :
Banyak pengembangan solar sel agar dapat djangkau masyarakat.