

Rancang Bangun Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terintegrasi ATS dengan Sistem Penyimpanan Energi pada Baterai

Yanti¹, Mochamad Irlan Malik², Yuda M Hamdani³, Yadi S⁴

^{1,3,4)} Program Studi Teknik Mekatronika, Universitas Mayasari Bakti

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Siliwangi

Jalan Tamansari Blok Rahayu I, Sukahurip, Tamansari, Kota Tasikmalaya,

Jawa Barat 46191

e-mail: yanti.aiiasenja@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan intensitas rata-rata harian sinar matahari mencapai $4,8 \text{ kWh/m}^2$. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan untuk listrik dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), tetapi dalam pemanfaatannya PLTS memiliki kelemahan yaitu panel surya tidak dapat menghasilkan energi listrik pada saat malam hari. Untuk itu perlu dilakukan penggunaan cara penggabungan antara panel surya sebagai pembangkit listrik cadangan dan sumber listrik perusahaan listrik negara (PLN) sebagai sumber utama. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS dengan sistem penyimpanan energi pada baterai. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sistem yang mampu menyediakan suplai listrik dengan dua sumber yaitu energi matahari sebagai sumber cadangan dan PLN sebagai sumber utama dengan sistem kerja alat *Automatic Transfer Switch* (ATS). Metode penelitian dilakukan dengan perancangan, perakitan dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada saat listrik dari PLN padam maka secara otomatis suplai daya ke beban dialihkan sumbernya ke panel surya dan pada saat listrik dari panel surya padam maka suplai daya ke beban dialihkan sumbernya ke PLN secara otomatis.

Kata kunci: *Automatic transfer switch*, daya listrik, energi listrik, pembangkit listrik tenaga surya, perusahaan listrik negara.

ABSTRACT

Indonesia has a vast solar energy potential, with an average daily solar radiation intensity reaching 4.8 kWh/m^2 . This energy source can be utilized for electricity generation through Solar Power Plants (PLTS). However, PLTS has a drawback in that solar panels cannot produce electricity at night. Therefore, it is necessary to implement a hybrid approach that combines solar panels as a backup power source and the state electricity company (PLN) as the main power source. This study aims to design and test a hybrid PLTS system integrated with an Automatic Transfer Switch (ATS) and an energy storage system using batteries. The research is expected to produce a system capable of supplying electricity from two sources: solar energy as the backup and PLN as the main source, with the ATS managing the switching mechanism. The research method involves the design, assembly, and testing of the system. The test results show that when electricity from PLN is interrupted, the power

supply to the load is automatically switched to the solar panel source, and when the solar panel supply is unavailable, the load is automatically switched back to PLN.

Keywords: Automatic transfer switch, electric power, electric energy, solar power plant, state electricity corporation.

Pendahuluan

Di zaman modern ini, kebutuhan energi listrik sangat tinggi (Sinaga, Sasue, dan Hutahaean, 2021; Adistia, Nurdiansyah, Fariko, Vincent, dan Simatupang, 2020; Riafinola, Suciningtyas, Sholihuddin, dan Puspita, 2022). Tingginya kebutuhan terhadap energi listrik pada kehidupan masyarakat Indonesia tidak sebanding dengan persediaan energi listrik yang tersedia (Muneer, Amjad, Jabbar, dan Saleem, 2022; Lu et al. 2019). Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia energi listrik di Indonesia masih memanfaatkan bahan bakar fosil. Semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil di bumi yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik mendorong pemanfaatan bahan bakar dari sumber daya alam terbarukan yang dapat diperbaharui, sehingga tidak akan habis jika dimanfaatkan terus menerus. Diantara berbagai sumber energi terbarukan, energi surya merupakan salah satu energi yang paling potensial untuk memenuhi kebutuhan energi terutama di negara-negara tropis seperti Indonesia.

Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan intensitas rata-rata sinar matahari harian mencapai $4,8 \text{ kWh/m}^2$. Ini menjadikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi yang ideal untuk mengatasi tantangan energi di berbagai daerah. Sistem PLTS dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon dioksida. Penggunaan energi listrik tenaga surya masih mengalami kendala diantaranya ketidakstabilan pasokan listrik yang dihasilkan, terutama pada kondisi cuaca mendung atau hujan dan kondisi baterai yang sering mengalami kerusakan. Apabila kapasitas baterai pada PLTS tidak mampu menopang beban, maka listrik harus segera ditransfer ke sumber PLN. Perpindahan yang dilakukan secara manual ini menyebabkan baterai PLTS menjadi cepat rusak dan boros waktu (Cahyono, Zulkarnain, Budianto, Suryo, dan Rusilawati, 2023). Hal ini menuntut adanya sistem yang dapat secara otomatis mengalihkan pasokan, untuk memastikan kontinuitas pasokan listrik (Naim, 2020).

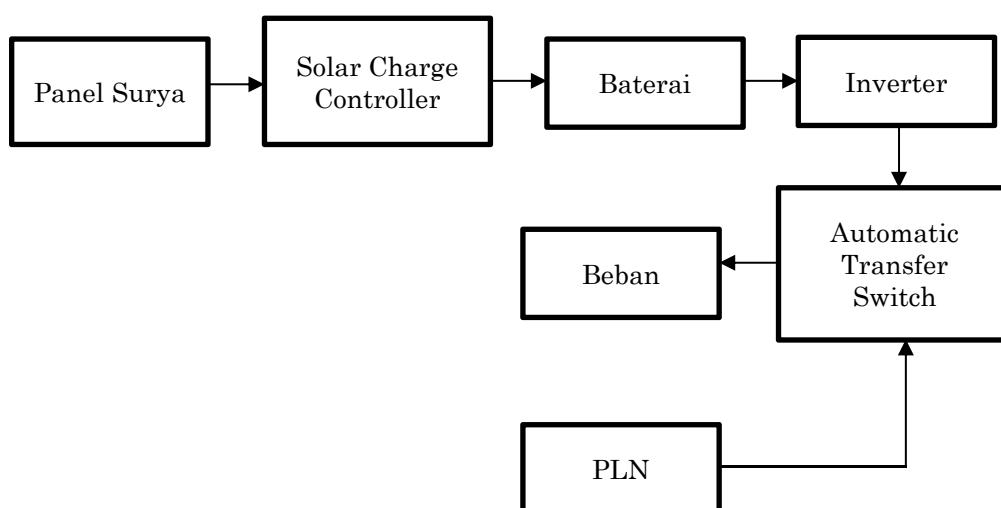
Perpindahan suplai listrik dari sumber utama ke sumber cadangan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Pada mode manual, pengalihan dilakukan secara langsung oleh manusia, namun metode ini dianggap kurang efisien karena memerlukan waktu lebih lama, proses operasional yang berat, berisiko menimbulkan kebakaran, serta membutuhkan pemeliharaan yang lebih sering. Sebaliknya, dalam mode otomatis, perpindahan sumber daya listrik terjadi secara otomatis menggunakan perangkat *Automatic Transfer Switch* (ATS). Dengan sistem ini, proses pengendalian menjadi lebih efisien karena mengurangi keterlibatan manusia (Kurniawan, 2020). Sistem ATS memungkinkan pengalihan otomatis dari sumber listrik PLTS ke PLN saat listrik dari PLTS tidak mencukupi. Penggunaan ATS dalam sistem PLTS telah terbukti efektif dalam berbagai studi untuk

meningkatkan keandalan pasokan listrik di rumah tangga (Putra Arianika, Setiawan, dan Sukerayasa, 2023). Penelitian tentang ATS sudah banyak ditemukan, diantaranya penelitian Saputro (2023) yang merancang panel ATS untuk memantau tegangan, arus, dan daya dengan sistem kendali pengguna antar muka menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Saputro et al., 2023). Chamim, dkk (2020) merancang panel ATS yang digunakan pada solar home sistem di rumah peternakan kambing (Chamim, Irawan, dan Syahputra, 2020). Pulungan, dkk (2019) memanfaatkan panel ATS untuk menggerakkan pompa air secara otomatis (Pulungan dan Sardi, 2019).

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS dengan sistem penyimpanan energi pada baterai. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sistem yang mampu menyediakan suplai listrik dengan dua sumber yaitu energi matahari sebagai sumber utama dan PLN sebagai sumber utama dengan sistem kerja alat *Automatic Transfer Switch* (ATS). Pada saat listrik PLN padam, listrik yang digunakan akan tetap menyala karena beban otomatis akan berpindah ke PLTS dan jika beban PLN menyala akan kembali ke PLN. Metode penelitian dilakukan dengan perancang, perakitan dan pengujian sistem.

Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan perancang, perakitan dan pengujian sistem. Perangkat yang digunakan dalam perancangan sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS dengan sistem penyimpanan energi pada baterai terdiri dari panel surya 100 Wp, *solar charge controller* (SCC), baterai, *inverter*, *miniatur circuit breaker* AC (MCB 1 Phase), *miniatur circuit breaker* (MCB PV), *indicator battrey capacity*, voltmeter multimeter digital 6-in-1, low voltage disconnect (LVD), *relay*, *selector switch manual auto*, *pilot lamp / indicator lamp*, panel listrik.

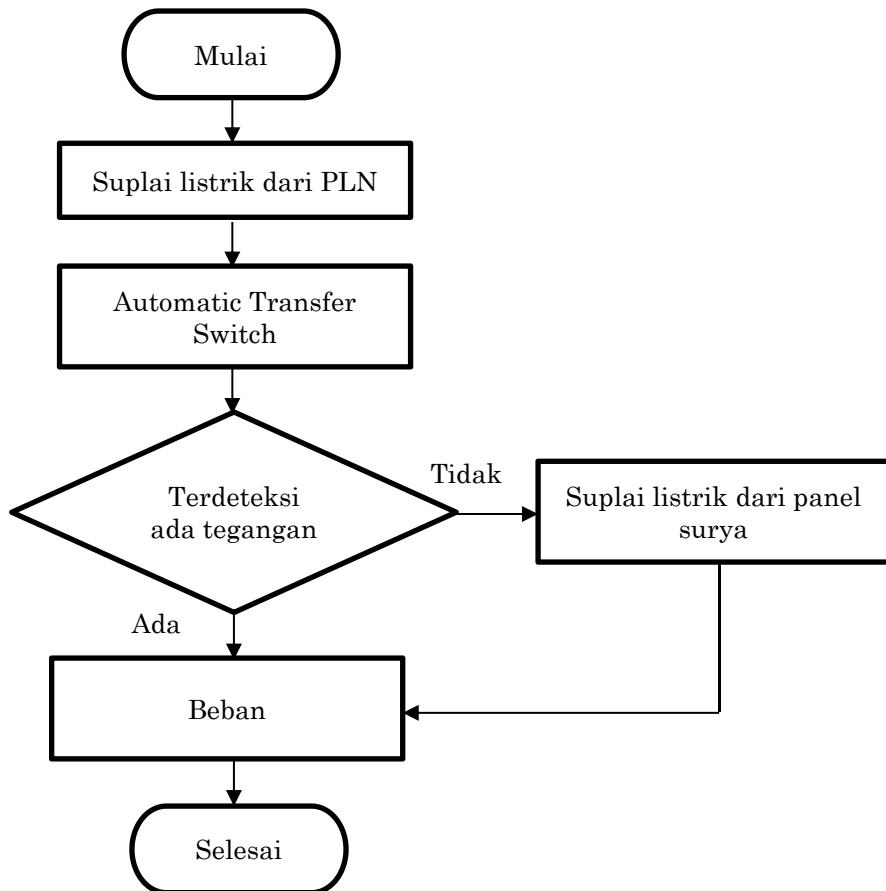


Gambar 1. Diagram blok sistem *automatic transfer switch*

Diagram blok dan diagram alir perancangan alat

Perancangan PLTS, mulai dari perancangan alat hingga pengujian alat digambarkan menggunakan diagram blok dan diagram alir. Diagram blok disajikan pada gambar 1 dan diagram alir disajikan pada gambar 2.

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS dengan sistem penyimpanan energi pada baterai. Panel surya akan menerima cahaya matahari, kemudian tegangan oleh panel surya akan digunakan oleh solar charge controller untuk mengisi baterai. Arus DC dalam baterai akan diubah menjadi arus AC oleh inverter, kemudian arus akan disuplai ke beban.

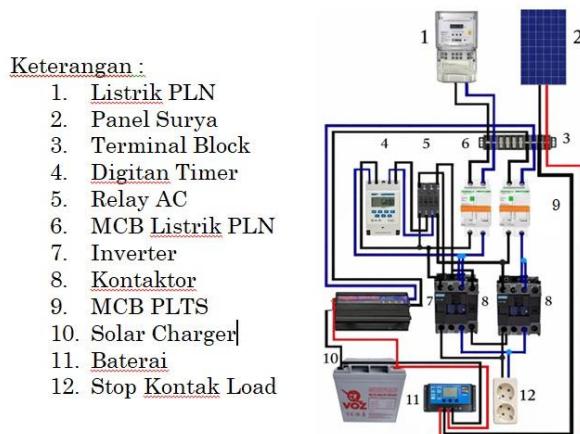


Gambar 2. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Sistem kelistrikan yang menggunakan panel surya dan dikendalikan oleh *automatic transfer switch* (ATS) dapat bekerja secara otomatis untuk memastikan pasokan listrik ke beban tetap stabil. Proses dimulai dari panel surya yang mengubah energi matahari menjadi listrik arus searah (DC). Listrik DC ini kemudian dialirkkan ke inverter untuk diubah menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh peralatan listrik rumah tangga. Dalam sistem ini terdapat

baterai sebagai penyimpanan energi cadangan, yang akan diisi saat panel surya menghasilkan kelebihan daya. Setelah listrik diubah menjadi AC, alirannya masuk ke ATS yang berfungsi memilih sumber listrik yang aktif untuk disalurkan ke beban. ATS akan terus memantau ketersediaan listrik dari panel surya dan baterai. Jika listrik dari panel surya mencukupi, maka ATS akan mengarahkan pasokan listrik dari sistem surya ke beban. Namun, apabila energi dari panel surya atau baterai tidak mencukupi, ATS akan secara otomatis beralih ke sumber listrik PLN. Dengan cara ini, beban tetap mendapatkan pasokan listrik tanpa perlu perpindahan manual, sehingga sistem berjalan lebih efisien. Skema kelistrikan sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema kelistrikan sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS.

Setelah tahapan perakitan semua komponen menjadi satu maka dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS. Hasil pengujian kinerja sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran arus dengan beban 50 W

No.	Kondisi		Arus	Arus	Kondisi beban
	Panel surya	PLN	inverter (A)	PLN (A)	
1	ON	OFF	0,6	0	ON
2	OFF	OFF	0	0	OFF
3	OFF	ON	0	0,4	ON

Berdasarkan tabel 1 yaitu data pengukuran arus dengan beban 50 W, hasil pengujian menunjukkan bahwa variabel pengujian sistem hybrid PLTS terintegrasi ATS adalah pada saat kondisi listrik disuplai PLN dan pada saat disuplai panel surya. Pada saat listrik disuplai dari PLN OFF maka secara otomatis suplai daya ke beban dialihkan sumbernya ke panel surya dan pada saat listrik dari panel surya OFF maka secara otomatis juga suplai daya ke beban dialihkan sumbernya ke PLN. Dalam analisis sistem kelistrikan, baik dari sumber PLN maupun panel surya, sangat penting untuk memahami bagaimana arus mengalir pada beban yang berbeda. Beban daya listrik yang bervariasi akan mempengaruhi besarnya arus yang

disuplai oleh sumber listrik tersebut, baik dari PLN maupun panel surya. Hasil pengujian arus listrik yang mengalir pada beban yang berbeda disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan arus berbeban sumber PLN dan panel surya

No.	Beban (W)	Arus saat berbeban panel surya (A)	Arus saat berbeban PLN (A)
1	10	0,05	0,04
2	50	0,3	0,2
3	150	0,8	0,7
4	350	1,1	1

Berdasarkan tabel 2 yaitu data hasil perhitungan arus berbeban sumber PLN dan panel surya, hasil pengujian menunjukkan bahwa pada saat beban daya listrik berubah, maka arus listrik yang mengalir juga akan berubah. Dengan beban yang lebih besar, sistem kelistrikan baik PLN maupun inverter akan mengalirkan lebih banyak arus untuk memenuhi kebutuhan daya. Semakin besar beban, semakin besar pula arus yang dibutuhkan.

Automatic Transfer Switch (ATS) berperan sebagai saklar otomatis, baik saklar listrik maupun saklar elektronik, yang berfungsi untuk mengalihkan pasokan listrik dari satu sumber ke sumber lainnya ketika terjadi gangguan pada sumber utama. Proses ini berlangsung selama tegangan dan frekuensi masih berada dalam batas yang telah ditentukan. ATS disebut otomatis karena secara langsung akan berpindah ke sumber cadangan, yaitu panel surya, ketika pasokan listrik dari PLN terputus atau mengalami gangguan. Sebaliknya, saat listrik dari PLN kembali normal, alat ini akan secara otomatis mengalihkan kembali pasokan daya dari panel surya ke PLN. Hasil pengujian ATS terhadap waktu perpindahan daya dari PLN ke panel surya maupun sebaliknya ditampilkan pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil pengukuran sumber PLN *switching* ke panel surya

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (VA)	Load (VA)	Waktu switching ATS (detik)
215	4	860	10	0
215	4	860	50	0
215	4	860	150	0
215	4	860	350	0

Berdasarkan data pada tabel 3 dan 4, pengukuran dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh beban listrik rumah tangga hingga maksimal 860 VA. Pengujian waktu switching ATS dilakukan dengan variasi beban listrik sebesar 10 VA, 50 VA, 150 VA, dan 350 VA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi besarnya beban tidak berdampak terhadap kinerja ATS. Perpindahan sumber listrik dari PLN ke panel surya, maupun sebaliknya, menggunakan ATS yang telah dirancang menunjukkan waktu *switching* sebesar 0 detik. Dengan demikian, selama proses peralihan sumber daya listrik, tidak terjadi jeda atau pemutusan daya, sehingga aliran listrik ke beban tetap berlangsung tanpa gangguan.

Tabel 4. Hasil pengukuran sumber panel surya switching ke PLN

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (VA)	Load (VA)	Waktu switching ATS (detik)
215	4	860	10	0
215	4	860	50	0
215	4	860	150	0
215	4	860	350	0

Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem hybrid PLTS yang terintegrasi dengan ATS dengan sistem penyimpanan energi pada baterai. Sistem ini mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi surya menjadi energi listrik dengan dukungan baterai sebagai penyimpan energi. Pada penelitian ini, listrik dari PLTS dijadikan sebagai energi listrik cadangan dan sumber listrik utama berasal dari PLN. Integrasi ATS memungkinkan peralihan sumber daya secara otomatis saat terjadi penurunan daya atau gangguan pada salah satu sumber, sehingga meningkatkan kontinuitas suplai listrik dan keandalan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara efisien dan stabil dalam mengelola distribusi daya antar sumber. Perpindahan sumber listrik PLN ke panel surya dan dari panel surya ke PLTS dengan alat ATS yang dirancang menunjukkan waktu 0 detik untuk melakukan switching. Jadi, pada proses perpindahan energi listrik dari PLN ke panel surya dan dari panel surya ke PLN tidak mengalami jeda mati listrik, sehingga beban tetap mendapatkan suplai energi listrik. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk penyediaan energi listrik di wilayah dengan akses terbatas atau tidak stabil terhadap jaringan PLN.

Daftar Pustaka

- Sinaga, D. H., Sasue, R. R. O., & Hutahaean, H. D. (2021). Pemanfaatan energi terbarukan dengan menerapkan smart grid sebagai jaringan listrik masa depan. *Journal Zetroem*, 3(1), 11-17.
- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). Potensi energi panas bumi, angin, dan biomassa menjadi energi listrik di Indonesia. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 105-116.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I. K. L. N., Sholihuddin, I., & Puspita, W. R. (2022). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya pada penggunaan listrik rumah tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79-84.
- Muneer, A., Amjad, F., Jabbar, M. W., & Saleem, U. (2022). Development of automatic switch for electric power transfer. *Engineering Proceedings*, 12, 72. <https://doi.org/10.3390/engproc2021012072>.
- Lu, Q., Zhanqing, Y., Tianyu, W., Zhengyu, C., Bin, L., & Rong, Z. (2019). Study on the operating characteristics of a compound automatic transfer switch based on forced current commutation. *The Journal of Engineering*, 2019(16), 3329-3332. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.8413>.

- Cahyono, G. R., Zulkarnain, A. F., Budianto, A. G., Suryo, A. T. E., & Rusilawati. (2023). Application of automatic transfer switch at solar power plant in Langgar Nurul Hikmah North Banjarbaru in support of green energy. *Jurnal Sains Teknologi dalam Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), 95-102.
- Naim, M. (2020). Rancangan sistem kelistrikan PLTS off-grid 1000 watt di desa Loeha Kecamatan Towuti. *Vertex Elektro*, 12(01).
- Kurniawan, N. (2020). Electrical energy monitoring system and automatic transfer switch (ATS) controller with the Internet of Things for solar power plants. *Journal of Soft Computing Exploration*, 1(1), 16-23. <https://doi.org/10.52465/joscex.v1i1.2>.
- Putra Ariantika, I., Setiawan, I., & Sukerayasa, I. (2023). Analisa ekonomi rancangan PLTS off-grid pada Adidaya Workshop. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(3).
- Saputro, J. S., Maghfiroh, H., Adriyanto, F., Darmawan, M. R., Ibrahim, M. H., & Pramono, S. (2023). Energy monitoring and control of automatic transfer switch between grid and solar panel for home system. *International Journal of Robotics and Control Systems*, 3(1), 59-73. <https://doi.org/10.31763/ijrcs.v3i1.843>.
- Chamim, A. N. N., Irawan, A. P., & Syahputra, R. (2020). Implementation of automatic transfer switch on the solar home system at the goat farm houses. *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY)*, 4(2), 79-86.
- Pulungan, A. B., & Sardi, J. (2019). Pemasangan sistem hybrid sebagai penggerak pompa air. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 5(2), 36-45. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/indexJTEV>.