

PENGGUNAAN SUMBER ENERGI PHOTOVOLTAIC PADA JARINGAN OFF GRID UNTUK BEBAN LISTRIK PADA RUMAH TINGGAL

Adhi Kusmanto^{1*}, Th.Indriati W² dan Mega Novita³

¹ Progdi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto, Semarang.

² Progdi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas MIPATI, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto, Semarang.

³ Progdi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto, Semarang

*Email: adhikusmanto@upgris.com

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan di industri dan rumah tinggal. Tujuan dari penelitian ini merancang sumber listrik satu fasa menggunakan inverter dengan sumber utama dari photovoltaic dan baterai 60 AH. Sumber listrik yang dihasilkan digunakan sebagai sumber pengganti listrik PLN. Kebutuhan masyarakat pada rumah tinggal dan industri dalam pemakaian energi listrik selain sumber listrik PLN pada saat sekarang sangat dibutuhkan, sehingga ketergantungan terhadap listrik PLN dapat dikurangi. Jadi penelitian ini mengangkat suatu permasalahan pemakaian energi listrik menggunakan sumber photovoltaic, khususnya untuk rumah tinggal. Inverter satu fasa menggunakan rangkaian jembatan transistor gelombang penuh dan pengendali ATS menggunakan zelio SR2B121BD. Tegangan keluaran inverter gelombang kotak hanya stabil jika menggunakan beban lampu (beban resistif). Tegangan keluaran inverter gelombang sinusoidal tetap stabil untuk perubahan jenis beban. Sistem ATS yang digunakan bekerja sesuai dengan program zelio. Jika sumber listrik PLN mati maka dalam waktu 10 detik kontaktor untuk sumber listrik inverter akan bekerja. Demikian pula sebaliknya jika listrik PLN menyala, maka kontaktor inverter akan mati dan dalam waktu 5 detik kontaktor PLN akan menyala. Selisih waktu bekerjanya kontaktor PLN dan kontaktor inverter adalah 5 detik.

Kata kunci : Sistem Off Grid, Inverter PLTS, Kendali ATS

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan di industri dan rumah tinggal. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan telah mendorong pemanfaatan tenaga listrik pada semua peralatan yang digunakan manusia. Besarnya kebutuhan akan energi listrik menyebabkan ketergantungan terhadap listrik semakin meningkat, sedangkan sumber energi listrik di Indonesia semakin hari semakin berkurang terutama yang menggunakan energi fosil atau energi tidak terbarukan seperti minyak, batu bara dan gas (Tumiran, 2012). Oleh karena jumlah energi fosil makin lama semakin berkurang dan hal tersebut membuat harganya terus meningkat, sehingga salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk mengurangi ketergantungan atas pembangkit listrik yang menggunakan energi tidak terbarukan tersebut sebagai bahan bakar utama adalah dengan mengembangkan sistem pembangkit listrik energi terbarukan, yang sumber bahan bakar pembangkit utamanya bisa didapat secara bebas dan juga ramah lingkungan (Culp, 1996). Beberapa contoh pembangkit listrik energi terbarukan yang sedang berkembang adalah pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH), pembangkit listrik tenaga angin, pembangkit listrik tenaga biogas dan pembangkit listrik tenaga surya/ PLTS (Husnawati, 2013).

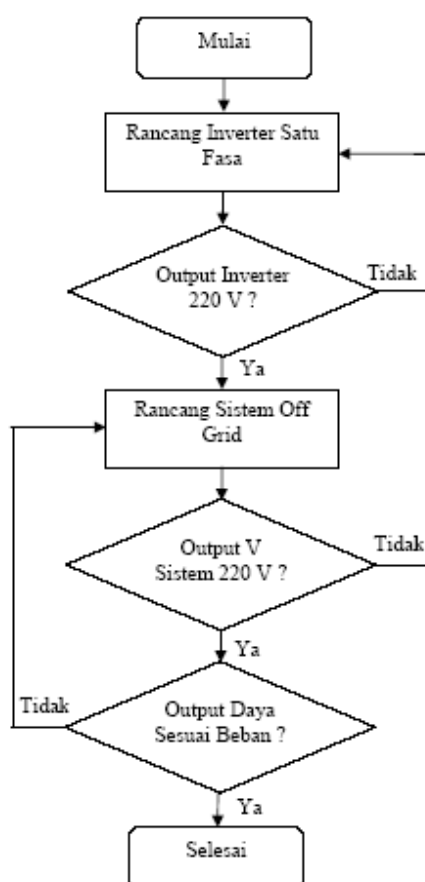
Penggunaan energi listrik di Indonesia terus mengalamai kenaikan dan akan menimbulkan masalah jika sumber energi listrik yang tersedia lebih kecil dari kapasitas listrik yang dibutuhkan. Kebijakan yang diambil PLN sebagai perusahaan yang memiliki tanggung jawab dalam hal menyediakan energi listrik, memperlihatkan bahwa energi listrik yang disediakan oleh PLN hanya memiliki kelebihan sekitar 3 GW (Kananda, 2013). Jika PLN tidak segera menambah kapasitas energi listrik dengan membangun pembangkit listrik baru maka akan berdampak terhadap pelayanan energi listrik kepada masyarakat. Keadaan ini sangat berdampak pada kegiatan industri besar, industri menengah dan industri kecil serta peralatan rumah tinggal (Jacob, 1988). Pemanfaatan pembangkit listrik dengan energi primer yang bersifat terbarukan sangat membantu dalam mengatasi permasalahan kekurangan energi listrik, karena potensi energi terbarukan

keberadaannya sangat besar sekali atau tidak terbatas. Selain itu penggunaan energi terbarukan sel surya merupakan jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi udara dan suara seperti pada pembangkit listrik konvensional (Asy'ari, 2015). Untuk kebutuhan listrik AC selain PLN digunakan inverter dengan sumber dari baterai, yang dapat terhubung ke grid atau off grid (Wu, 2011). Oleh karena itu dibutuhkan kontrol pada jaringan grid untuk sumber PLN dan inverter (Mujiman, 2010). Selain itu juga sangat penting penggunaan filter harmonik untuk meningkatkan kualitas daya listrik (Antono, 2013). Beberapa penelitian pengurangan harmonik pada sistem tenaga listrik mengacu pada standar dan teori harmonik yang direkomendasikan IEEE (Gary, 1999). Oleh karena itu dalam penelitian ini diusulkan rancangan konversi energi listrik, yang berfungsi untuk mengubah untuk mengubah tegangan DC dari battery maupun dari *photovoltaic* menjadi tegangan AC.

Agar penelitian ini terarah dengan baik, maka terlebih dahulu diajukan perumusan masalah yang akan di teliti yaitu Apakah photovoltaic dan sumber battery yang digunakan mampu memberikan sumber listrik satu fasa secara maksimum? Apakah sistem off grid yang direncanakan mampu bekerja menyediakan sumber listrik beban secara bergantian dengan sumber PLN? Alat yang telah dihasilkan dapat digunakan warga masyarakat sebagai alternatif sumber listrik satu fasa, pengganti genset dan bahkan dapat digunakan sebagai sumber listrik utama rumah tinggal. Penelitian yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengembangkan riset tentang energi listrik dan pengendali, khususnya masalah energi terbarukan. Untuk Universitas PGRI Semarang diharapkan dapat menjadi salah satu informasi, evaluasi, dan referensi dalam meningkatkan efisiensi dalam rangka penghematan daya listrik.

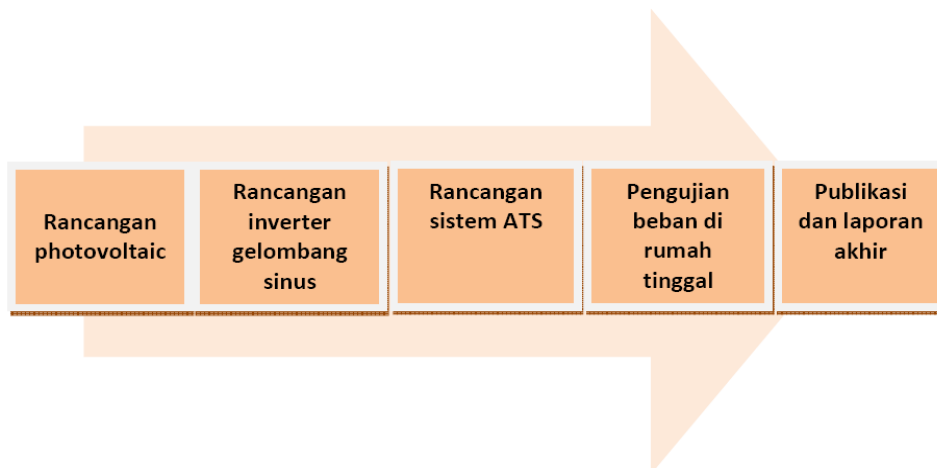
2. METODOLOGI

Penelitian yang akan dilakukan merupakan jenis penelitian kuantitatif, dimana pada penelitian ini akan membuktikan hipotesa berdasarkan pengujian terhadap beban dengan menggunakan *tool* yang berupa suatu algoritma dan perangkat keras. Alur penelitian seperti disajikan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Jalannya penelitian

Populasi dalam penelitian ini rangkaian inverter satu fasa, pengendali ATS (*Automatic Transfer Switch*), dan beban pompa. Inverter satu fasa menggunakan rangkaian jembatan transistor gelombang penuh dan pengendali ATS menggunakan zelio SR2B121BD, sedangkan beban pompa menggunakan motor induksi satu fasa dengan kapasitor running. Pengambilan sampel dilakukan dengan menguji keluaran inverter satu fasa dan sistem ATS. Beberapa beban diberikan ke inverter satu fasa untuk mengetahui kinerja atau stabilitas sumber photovoltaic yang digunakan.

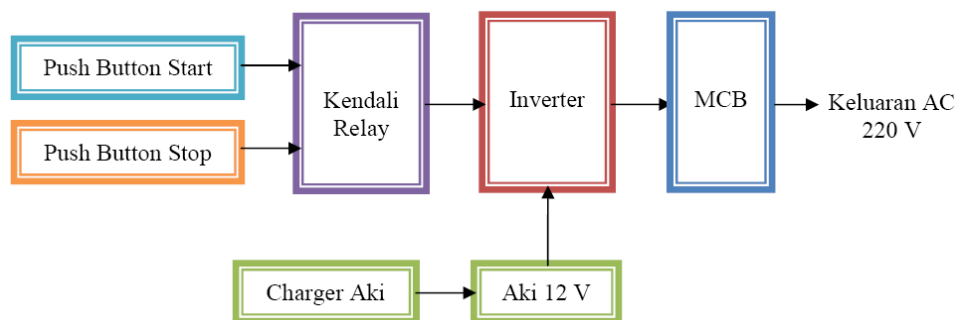


Gambar 2. Alur rencana penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Inverter Satu Fasa Gelombang Kotak

Inverter satu fasa gelombang kotak menggunakan transistor IRFZ44N dan transformator 10 A untuk menaikkan tegangan AC dari 15 V menjadi 220 V. Untuk pembangkit gelombang PWM digunakan IC NE 555, yang berfungsi untuk sinyal *switching* transistor inverter. Dalam sistem pengaturan penggunaan sumber listrik satu fasa dari inverter dengan daya 750 watt, digunakan sistem pengendalian secara manual berdasarkan blok diagram pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Sistem pengaturan inverter gelombang kotak.



Gambar 4. Rangkaian sistem kendali inverter gelombang kotak

Dalam blok diagram tersebut digunakan dua buah relay dc 12 V, yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sumber aki 12 V ke inverter. Selain itu juga untuk pengaturan start dan stop inverter. Pada sistem ini juga dilengkapi charger aki yang bekerja secara automatic dalam pengisian proses aki. Dengan demikian kapasitas aki akan selalu terjaga penuh, sehingga tegangan keluaran inverter 220 V akan selalu ada pada beban. Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa tegangan inverter gelombang kotak hanya stabil jika menggunakan beban lampu (beban resistif), sedangkan untuk penggunaan beban kipas angin (beban induktif) tegangan inverter gelombang kotak mengalami penurunan. Jadi inverter gelombang kotak hanya cocok untuk penggunaan beban lampu saja, karena semakin besar beban induktif yang digunakan maka tegangan keluaran inverter akan semakin turun.

Tabel 1. Tegangan beban inverter gelombang kotak

Beban	Tegangan (V)
Lampu 1 x 50 watt	220
Lampu 3 x 50 watt	220
Lampu 9 x 50 watt	210
Kipas angin 150 watt + lampu 450 watt	159

3.2 Inverter Satu Fasa Gelombang Sinusoidal



Gambar 5. Rangkaian sistem kendali inverter gelombang sinusoidal

Tabel 2. Tegangan beban inverter sinusoidal

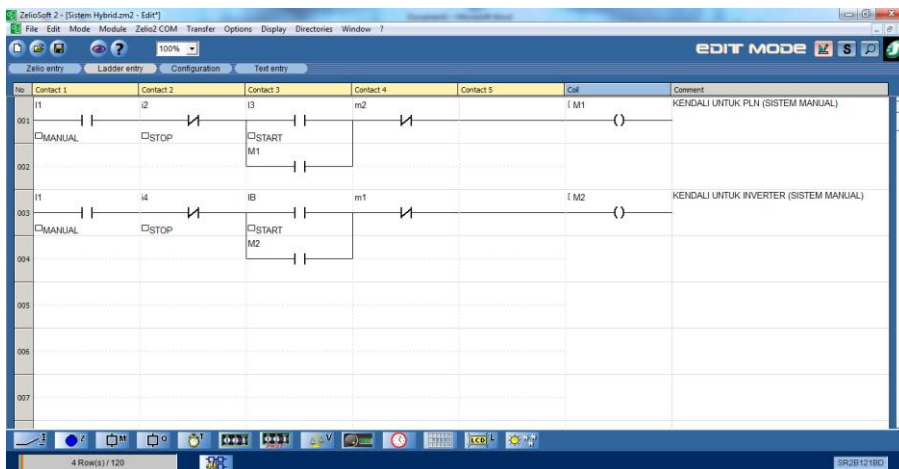
Beban	Tegangan (V)
Lampu 1 x 50 watt	220
Lampu 3 x 50 watt	220
Lampu 9 x 50 watt	220
Kipas angin 150 watt + lampu 450 watt	219

Inverter gelombang sinusoidal menggunakan komponen mikrokontroler arduino uno Gambar 5. Untuk penggunaan inverter gelombang sinusoidal juga dilengkapi dengan charge controller, yang berfungsi untuk mengatur pengisian aki dari solar sell. Digunakan charge controller sebesar 30 A untuk sesuai dengan kapasitas aki yang digunakan, sedangkan besarnya solar sell untuk penelitian ini 200 Wp. Tegangan keluaran inverter gelombang sinusoidal tetap stabil untuk perubahan jenis beban, hal ini sesuai dengan hasil pengukuran pada tabel 2. Inverter jenis ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam rumah tinggal, khususnya untuk jenis beban induktif. Inverter gelombang sinusoidal yang digunakan mempunyai kapasitas maksimum 1000 watt.

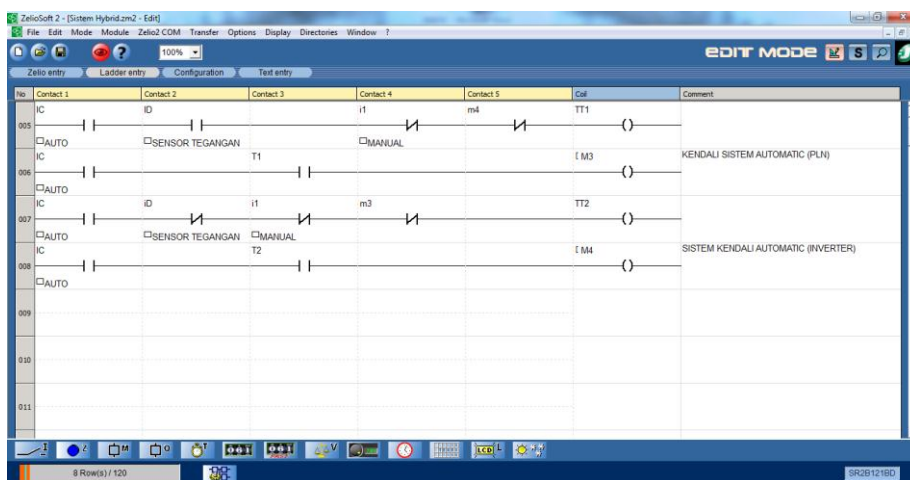
3.3 Automatic Transfer Switch (ATS)

Automatic transfer switch digunakan untuk melakukan pergantian penggunaan sumber listrik satu fasa 220 V. Komponen utama *switch* yang digunakan dalam penelitian ini memakai kontaktor schneider, sedangkan komponen pengendali pengaturan pergantian sumber listrik satu fasa menggunakan zelio SR2B121BD. Sistem bekerja secara otomatis pada saat *selector switch* pada posisi auto. Bekerjanya sistem baik secara manual maupun secara auto di atur dalam program LD (Ladder Diagram) zelio. Dalam penelitian ini untuk sistem *automatic transfer switch* menggunakan inverter dengan kapasitas 1300 watt. Dalam program LD terlihat dua jenis penyedia sumber listrik

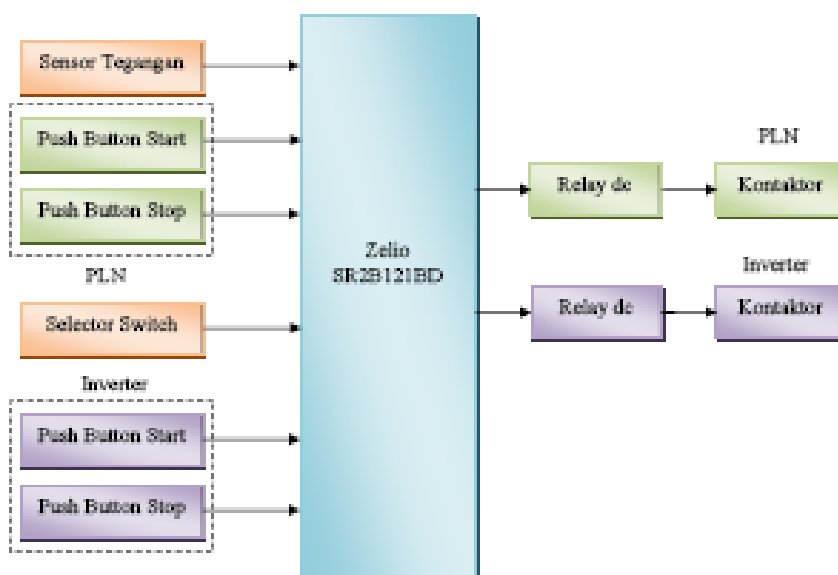
satu fasa 220 V AC, yaitu sumber listrik PLN dan sumber listrik dari inverter. Gambar 6, 7, 8 adalah secara berurutan sistem manual LD, LD sistem automatic, dan Blok diagram sistem ATS.



Gambar 6. LD Sistem manual



Gambar 7. LD Sistem automatic



Gambar 8. Blok diagram sistem ATS

Push button yang digunakan sesuai dengan sumber listrik satu fasa yang akan digunakan. *Push button* PLN digunakan untuk menyalakan dan mematikan sumber listrik satu fasa PLN, sedangkan *push button inverter* juga digunakan untuk menyalakan dan mematikan sumber listrik satu fasa dari keluaran *inverter*. *Selector switch* berfungsi untuk mengatur cara kerja alat secara manual atau *automatic*. Jika *selector switch* pada posisi manual, maka pemakaian sumber listrik satu fasa tergantung pada *push button* (*push button* PLN atau *push button inverter*). Pada saat *selector switch* pada posisi *automatic* maka sensor tegangan akan mendeteksi sumber listrik PLN. Jika sumber listrik PLN mati maka dalam waktu 10 detik kontaktor untuk sumber listrik *inverter* akan bekerja. Demikian pula sebaliknya jika listrik PLN menyala, maka kontaktor *inverter* akan mati dan dalam waktu 5 detik kontaktor PLN akan menyala. Selisih waktu bekerjanya kontaktor PLN dan kontaktor *inverter* adalah 5 detik. Relay DC digunakan sebagai *interface* antara zelio dan kontaktor, selain itu juga berfungsi sebagai pelindung zelio jika terjadi hubung singkat pada kontaktor.

4. KESIMPULAN

- a. Tegangan inverter gelombang kotak hanya stabil jika menggunakan beban lampu (beban resistif), sedangkan untuk penggunaan beban kipas angin (beban induktif) tegangan inverter gelombang kotak mengalami penurunan. Jadi inverter gelombang kotak hanya cocok untuk penggunaan beban lampu saja, karena semakin besar beban induktif yang digunakan maka tegangan keluaran inverter akan semakin turun.
- b. Tegangan keluaran inverter gelombang sinusoidal tetap stabil untuk perubahan jenis beban. Inverter jenis ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam rumah tinggal, khususnya untuk jenis beban induktif.
- c. Sistem ATS yang digunakan bekerja sesuai dengan program zelio. Jika sumber listrik PLN mati maka dalam waktu 10 detik kontaktor untuk sumber listrik inverter akan bekerja. Demikian pula sebaliknya jika listrik PLN menyala, maka kontaktor inverter akan mati dan dalam waktu 5 detik kontaktor PLN akan menyala. Selisih waktu bekerjanya kontaktor PLN dan kontaktor inverter adalah 5 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp, Archi W. dan Sitompul, Darwin, Ir. 1996. *Prinsip Prinsip Konversi Energi*. Yudistira Jakarta
- Djodi Antono, Adi Wasono, Yusnan Badruzzaman, 2013, Pengaruh Filter Pasif Pada Jaringan Listrik Industri dan Rumah Tangga Akibat Pembebanan Air Condition (AC) Inverter, Seminar Nasional ke – 9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta
- Fu Wu, Tsai-., dkk, 2011, *Power Loss Comparison of Single- and Two-Stage Grid-Connected Photovoltaic Systems*. IEEE Transactions On Energy Conversion, Vol. 26, No. 2, June 2011.
- Gary W Dr. Chang Dr. Paulo F. Ribeiro and S.J. Ranade, 1999, “Harmonic Theory “, IEEE.
- Habibullah, 2014, Desain Dan Implementasi Inverter Satu Fasa 500 VA, Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan, Vol.7 No.2.
- Husnawati, dkk, 2013, “Perancangan dan Simulasi Energi Meter Digital Satu Fasa Menggunakan Sensor Arus ACS712”. JNTETI, Vol. 2, No. 4.
- Jacob, M. J. 1988. *Industrial Control Electronics Application and Design*. Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall Inc.
- Kiki Kananda, 2013, Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal, Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol: 2 No.2 September.
- Mujiman, 2010, Inverter Dengan Pengontrol Beban Otomatis, Jurusan Teknik Elektro, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta
- Tumiran, 2012, Skenario Kebijakan Energy Nasional Menuju Tahun 2050, Dewan energy nasional 2012.