MODIFIKASI HIBRID SEBAGAI UPAYA MENOPANG KEMANDIRIAN ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA

Teguh Yuwono[a*] Ari Puji Prasetiyo[b], Irfan Ansori[c]

[a, b, c] Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

Abstact

Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) states that Indonesia's electricity consumption in 2017 reached 1,012 kWh per capita, up 5.9 percent from the previous year. Utilization of potential mechanical energy sources for electric water pumps as part of the need for household electrical equipment has the opportunity to be developed into a hybrid source through the mechanism of conversion of mechanical energy into electricity through direct current (DC) mini generators. Mini DC generator is a modified component unit which converts mechanical energy into DC electrical energy which is connected to the shaft where the electric motor fan pumps water. When an electric water pump is used in daily use in the household, mechanical energy that arises in the electric motor is used to produce dc electrical energy through a mini generator that is coupled to the water pump motor. DC electrical energy from the conversion of the mini generator will be supplied to the mini generator unit as a tool that functions to change the dc to dc or dc to ac voltage which is practical for the purposes of electricity backup or as an alternative source of additional household-scale energy with a hybrid source. The mini generator set unit is equipped with an Auto Transfer Unit (ATS) unit and a charger cut-off battery charger unit. The working principle of ATS uses relay components, which is when the main power source experiences blackouts or interference, then the ATS unit will automatically divert the main electrical energy supply to an additional electrical energy source or hybrid source. This research produced a hybrid system modification method to sustain electrical energy of 17.2 kWh and a cost savings of Rp. 10,398 every month, the application was in the form of a prototype product supporting a mini generator capacity of 500 watts pure sine wave (PSW) with an energy source from modification of a hybrid mini generator.

Keywords: modification, hybrid, electricity saving, mini genset.

Abstrak

Data kementrian Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM) menyebutkan bahwa konsumsi listrik Indonesia tahun 2017 mencapai 1.012 Kilowatt per Hour (KWH)/kapita, naik 5,9 persen dari tahun sebelumnya. Pemanfaatan potensi sumber energi mekanik pompa air listrik sebagai bagian dari keperluan peralatan listrik rumah tanggga berpeluang untuk dikembangkan menjadi sumber hibrid melalui mekanisme konversi energi mekanik menjadi listrik melalui mini generator *direct current* (dc). Mini generator dc merupakan unit komponen modifikasi berfungsi merubah energi mekanik menjadi energi listrik dc yang dihubungkan pada poros tempat kipas motor listrik pompa air. Ketika pompa air listrik digunakan dalam keperluan sehari-hari dalam rumah tangga, energi mekanik yang timbul pada motor listrik dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dc melalui puatarn mini generator yang terkopel dengan motor pompa air. Energi listrik dc hasil konversi mini generator akan disuplai ke unit mini genset sebagai alat yang berfungsi merubah tegangan dc ke dc maupun dc ke ac yang praktis untuk keperluan cadangan listrik maupun sebagai alternatif sumber energi tambahan sekala rumah tangga dengan sumber hibrid. Unit mini genset dilengkapi dengan unit *Auto Transfer Unit* (ATS) dan unit *charger cut off* pengisi baterai. Prinsip kerja ATS menggunakan komponen relai yaitu ketika sumber listrik utama mengalami pemadaman atau gangguan, maka unit ATS secara otomatis akan mengalihkan suplai energi listrik utama ke sumber energi listrik tambahan/sumber hibrid. Penelitian ini menghasilkan metode modifikasi sistem hibrid untuk menopang energi listrik sebesar 17,2 kWh dan penghematan biaya Rp.10.398,- setiap bulan, aplikasi berupa prototype produk alat pendukung mini genset kapasitas 500 Watt PSW dengan sumber energi dari modifikasi hibrid mini generator.

Kata Kunci: modifikasi, hibrid, penghematan listrik, mini genset.

1. Pendahuluan

Data kementrian Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM) menyebutkan bahwa konsumsi listrik Indonesia tahun 2017 mencapai 1.012 Kilowatt per Hour (KWH)/kapita, naik 5,9 persen dari tahun sebelumnya[1]. Kebijakan pemerintah melalui peraturan menteri ESDM Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Dasar Listrik (TDL) yang disediakan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) juga menetapkan bahwa, besarnya TDL mulai bulan Mei 2017 untuk pengguna dengan golongan tarif R-1/TR dengan batas daya 900 VA pada pengguna reguler biaya sebesar 495 rupiah ditambah dengan biaya beban 20.000 rupiah, sedangkan pada pengguna prabayar biaya sebesar 605 rupiah.

Mengutip pernyataan dari Dirjen Ketenagalistrikan Kementerian ESDM Andy Noorsaman Sommeng pada berita jawapos.com pada tanggal 01 Mei 2017 yang menyatakan bahwa, proses kenaikan tarif sampai tahap akhir berjalan lancar. Tidak ada resistansi yang berarti karena masyarakat mampu sudah mengerti pentingnya subsidi tepat sasaran. "Subsidi listrik 2016 mencapai Rp. 60,44 triliun. Dengan subsidi tepat sasaran, diharapkan pada 2017 bisa ditekan menjadi 45 triliun. Dinyatakan juga bahwa, ada target penghematan sampai Rp 15,44 triliun yang nanti digunakan

untuk pendanaan listrik pedesaan. Termasuk 7 juta rumah tangga yang belum menikmati listrik di daerah terluar, tertinggal, dan terisolasi atau terpencil. Melalui penghematan itu, diharapkan pada akhir 2019 rasio elektrifikasi Indonesia bisa 97,35 persen[2].

Komposisi penggunaan energi di Indonesia juga masih sangat didominasi energi yang berasal dari fosil, yaitu sebanyak 95%. Dan energi air (*hydropower*) masih hanya menyumbang 3,4%. Sementara potensi energi air di Indonesia cukup besar. Energi air kapasitas besar memiliki potensi 75,67GW sementara yang sudah dimanfaatkan sebesar 4,2 GW atau hanya 5,55 %. Energi air kapasitas kecil mempunyai potensi 458,75 MW, sementara yang sudah dimanfaatkan 86 MW atau hanya 17,22%. Fakta ini menunjukkan bahwa sangat diperlukan teknolgi pemanfaatan energi air baik yang kapasitas besar ataupun kapasitas kecil[3].

Data tahun 2013, rasio elektrifikasi di Indonesia berkisar di angka 80.1%. Sekitar 19.9% penduduk Indonesia belum menikmati listrik. Penyebab utama belum terpenuhinya kebutuhan listrik seluruh masyarakat Indonesia adalah sulitnya membangun jaringan transmisi listrik ke daerah pelosok. Jika pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan sumber energi minyak dibangun pada daerah pelosok, harga listrik akan menjadi sangat mahal karena tingginya biaya penyaluran bahan bakar. Pembangunan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yang ada di daerah-daerah pelosok harus mulai dilakukan[4].

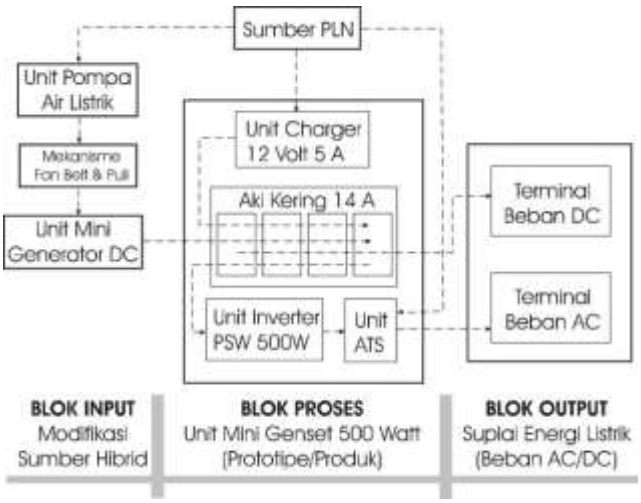
Dari berbagai sumber data dasar tersebut, penulis melalui penelitian ini meneliti tentang modifikasi hibrid dalam peluang pemanfaatan potensi-potensi energi yang dapat dikembangkan sebagai energi tambahan untuk menopang kemandirian energi listrik skala rumah tangga[5]. Potensi sumber energi mekanik putar seperti pompa air listrik memungkinkan untuk dikembangkan menjadi sumber hibrid melalui generator direct curent (dc) yaitu mekanisme konversi energi mekanik menjadi listrik[6].

Dengan proses pemanfaatan energi mekanik putaran motor pada pompa air listrik dapat menghasilkan perubahan energi yaitu dari perubahan energi meknik menjadi energi listrik dc. Energi yang dihasilkan dari proses konversi energi tersebut kemudian disimpan melalui media penyimpanan Accumulator (Aki), yang selanjutnya digunakan sebagai energi listrik cadangan melalui fungsi sebuah unit mini genset sebagai upaya menopang kebutuhan energi listrik sekala rumah tangga dengan daya 500 Watt.

2. Metode Penelitian

A. Blok Diagram Sistem

Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem modifikasi hibrid dalam penelitian ini. Mini generator dc merupakan unit komponen modifikasi berfungsi merubah energi mekanik menjadi energi listrik dc yang dihubungkan pada poros tempat kipas motor listrik pompa air. Ketika pompa air listrik digunakan dalam keperluan sehari-hari dalam rumah tangga, energi mekanik yang timbul pada motor listrik dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dc melalui puatarn mini generator yang terkopel dengan motor pompa air. Energi listrik dc hasil konversi mini generator akan disuplai ke unit mini genset sebagai alat yang berfungsi merubah tegangan dc ke dc maupun dc ke ac yang praktis untuk keperluan cadangan listrik maupun sebagai alternatif sumber energi tambahan sekala rumah tangga dengan sumber hibrid. Unit mini genset dilengkapi dengan unit *Auto Transfer Unit* (ATS)[7] dan unit *charger cut off* pengisi baterai. Prinsip kerja ATS menggunakan komponen relai yaitu ketika sumber listrik utama mengalami pemadaman atau gangguan, maka unit ATS secara otomatis akan mengalihkan suplai energi listrik utama ke sumber energi listrik tambahan/sumber hibrid.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Modifikasi Hibrid

B. Perumusan Sumber Hibrid

Data hasil konversi energi mekanik ke listrik dc mini generator adalah sumber energi hibrid dari modifikasi pompa air listrik yang banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri. Perhitungan besar konsumsi daya listrik dc dari sumber hibrid adalah hasil kali tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh mini generator dc melalui modifikasi hibird yang terhubung dengan fungsi motor listrik pompa air, dengan pengukuran secara langsung pada saat pompa air listrik beroperasi. Data hasil pengukuran output mini generator dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Uji fungsi dan besaran nilai Output Generator DC dengan Pompa Air saat mendapat beban menghisap dari sumber air

Pengujian Mini Generator		Keterangan
Tegangan	19 V	Output Tegangan DC
Arus	0,001 A/detik	Output Arus / Sekon
Rpm	5099	Putaran pada puli

Dari data hasil pengukuran pada tabel 1, besarnya daya output mini generator berdasarkan persamaan (1)[8].

$$P = V \times I \quad \text{.....(1)}$$
$$= 19 \times 0.001$$
$$= 0.019 \text{ Watt}$$

Dimana;
P = Daya Mini Generator (Watt)
V = Tegangan Listrik Mini Generator (Volt)
I = Arus listrik Mini Generator (Ampere)

Sehingga diperoleh hasil output daya mini generator sebesar 0.019 Watt. Waktu opersional pompa air listrik rata-rata berkisar 7 jam setiap hari yaitu 3 jam pemakaian di pagi hari, 2 jam di siang hari dan 2 jam di sore hari. Maka besarnya Energi listrik output mini generator dapat dihitung berdasarkan persamaan (2) [9].

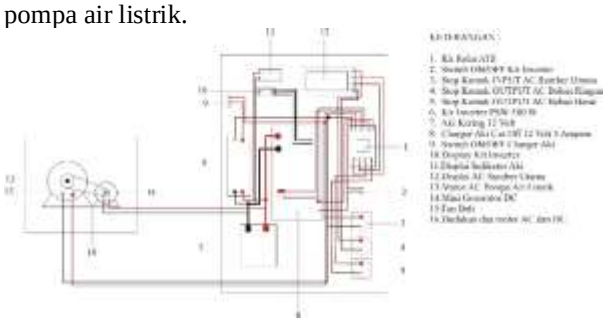
$$W = V \times I \times t \quad \text{.....(2)}$$
$$= 19 \times 0.001 \times (7 \times 360 \text{ detik})$$
$$= 47{,}88 \text{ Watt}$$

Dimana;
W_T = Energi Listrik Tambahan (Joule)
V = Tegangan Listrik Mini Generator (Volt)
I = Arus listrik Mini Generator (Ampere)
t = waktu yang diperlukan untuk menghasilkan daya (detik)

Besarnya output energi listrik mini generator dc berdasarkan persamaan (2) sebesar 47.88 Watt dari rata-rata waktu 7 jam motor listrik dari pompa air bekerja setiap hari.

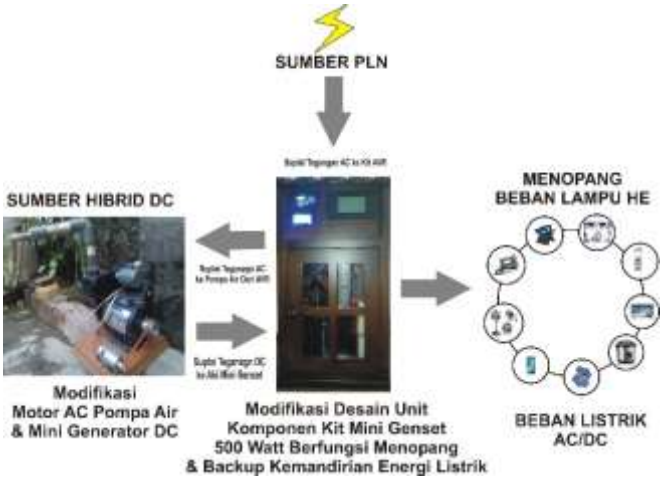
C. Skema Rangkaian dan Instalasi Modifikasi Hibrid

Gambar 2 menunjukkan skema rangkaian dan instalasi unit modifikasi hibrid sebagai upaya menopang kemandirian energi listrik skala rumah tangga menggunakan sumber hibrid dari mini generator dc yang mengambil energi mekanik dari pompa air listrik.



Gambar 2 Skema hasil Riset Rangkaian dan Instalasi Unit Komponen

Gambar 2 menunjukkan modifikasi pemanfaatan energi mekanik putar pada pompa air listrik yang dihubungkan dengan mini generator dc sehingga mengahsilkan energi output sebesar 95.76 Watt setiap hari sebagai upaya menopang kemadirian energi listrik skala rumah tangga. Dari mini generator ini sumber hibrid dihasilkan sebagai suplai energi listrik 95.76 Watt ke mini genset melalui media penyimpanan aki kering yang selanjutnya digunakan sumber input inverter *Pure Sine Wive* (PSW) untuk keperluan output tegangan dan arus murni sinus yang dibutuhkan beban perlatan listrik skala rumah tangga. Dengan sistem *Auto Transfer Switch* (ATS)[7], mini genset juga berfungsi sebagai pengganti sumber utama saat terjadi gangguan dan pemadaman. *Automatis charger* dalam mini genset ini berfungsi sebagai suplai energi listrik ke aki untuk menjaga level batere aki tetap maksimal saat beban memerlukan suplai untuk *backup* maupun upaya penghematan energi listrik. Sebagai gambaran fungsi dan kontribusi dari penelitian ini dapat divisualisasikan dengan gambar 3 yaitu visualisasi sistem modifikasi sumber listrik hibrid dan Alat Mini Genset.



Gambar 3 Visualisasi Sistem Modifikasi Sumber dan Alat Mini Genset

3. Hasil Dan Pembahasan

A. Data estimasi kebutuhan energi listrik skala rumah tangga

Berdasarkan persamaan (2), estimasi awal total kebutuhan pemakaian energi listrik skala rumah tangga setiap hari sebesar 6,66 kWh seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Data awal estimasi kebutuhan pemakaian energi listrik skala rumah tangga

Nama Beban	Kebutuhan Daya (Watt)	rata-rata jam Pengguna an (WIB)	Jam pemakaian/hari Jam	Daya x Waktu Pemakaian/hari Watt x Jam	Kebutuhan Energi Watt x Jam / 1000
Kipas Angin	50	12.00 s/d 18.00	10	500	0,5
TV1	110	05.00 s/d 17.00	12	1320	1,32
TV2	110	17.00 s/d 05.00	12	1320	1,32
Pompa Air Simizu	150	08.00 s/d 15.00	7	1050	1,05
Lampu TL R.Tamu	40	18.00 s/d 22.00	4	160	0,16
Lampu LED KM1	5	mulai jam 12.00	24	120	0,12

Lampu LED TERAS	5	18.00 s/d 06.00	12	60	0,06
Lampu LED Gudang	5	18.00 s/d 06.00	12	60	0,06
Lampu LED WC	5	18.00 s/d 06.00	12	60	0,06
Lampu LED Dapur	5	09.00 s/d 17.00	8	40	0,04
Lampu TL Kamar	40	18.00 s/d 22.00	5	200	0,2
Mesin Cuci	125	07.00 s/d 11.00	4	500	0,5
Setrika	250	16.00 s/d 17.00	1	250	0,25
Rice Cooker	200	14.00 s/d 18.00	4	800	0,8
Tak terduga 25%	225	00.00 s/d 00.00	1	225	0,225
TOTAL	1325				6,665

Berdasarkan persamaan (2), estimasi awal total kebutuhan pemakaian energi listrik skala rumah tangga untuk penggunaan setiap hari sebesar 6,66 kWh seperti ditunjukkan pada tabel 4 dan gambar 4 diagram pie kebutuhan awal pemakaian energi listrik skala rumah tangga. Sehingga untuk kebutuhan pemakaian energi listrik setiap bulan dapat dihitung:

$$W_{(setiap\ bulan)} = 6{,}66\ kWh \times 31$$

$$= 206{,}46\ kWh$$

Data diambil pada bulan Mei 2019 dengan jumlah 31 hari dan diperoleh estimasi pemakaian energi listrik setiap bulan sebesar 206,46 kWh, seperti ditunjukkan pada gambar 4 diagram pie kebutuhan awal pemakaian energi listrik skala rumah tangga. Untuk menghitung biaya setiap bulan sesuai dengan total kebutuhan energi listrik sebesar 206,46 kWh, maka berdasarkan persamaan (3).

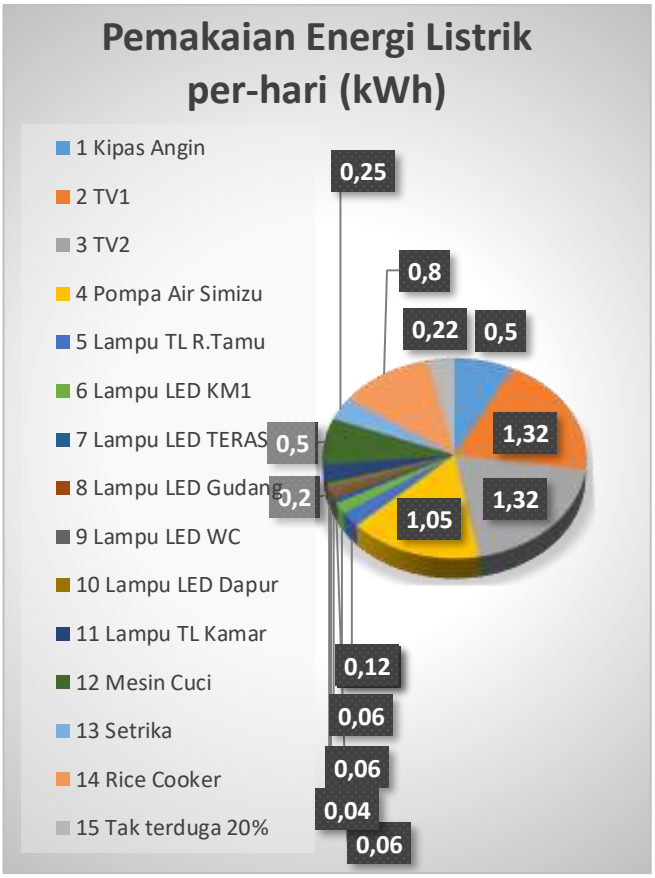
$$Biaya_{(setiap\ bulan)} = kWh\ (tiap\ Bulan) \times TDL \quad .....(3)$$

$$Biaya_{(setiap\ bulan)} = 206{,}46 \times Rp.605$$

$$= Rp.124.900$$

Dimana;
Biaya = Tagihan yang harus dibayar
kWh = Jumlah Penggunaan Energi Listrik setiap bulan
TDL = Tarif Dasar Listrik yang berlaku

Biaya setiap bulan berdasarkan jumlah kWh yang harus dibayarkan sebesar Rp.124.900.



Gambar 4 Diagram pie kebutuhan awal pemakaian energi listrik skala rumah tangga

B. Kontribusi Hasil Penelitian

Berdasarkan pembahasan hasil data yang ada penelitian ini memberikan kontribusi suplai energi mandiri dengan memanfaatkan motor listrik dari pompa air yang dimodifikasi melalui hubungan energi mekanik putar ke mini generator dc yg menghasilkan suplai arus listrik dc sebesar 0,001 Ampere setiap detik dengan waktu operasioanal pompa air 7 jam setiap hari[10]. Maka besarnya arus dc yang dapat disuplai ke aki dihitung dengan persamaan (4).

$$I_{(setiap\ detik)} = I \times t \quad .....(4)$$

$$I_{(setiap\ hari)} = 0{,}001 \times (7 \times 360\ detik)$$

$$I_{(setiap\ hari)} = 2{,}52\ Ah$$

atau,

$$I_{(setiap\ bulan)} = 2{,}52 \times 31\ hari$$

$$= 78{,}12\ Ah$$

Sehingga energi listrik tambahan dari modifikasi sumber hibrid dihitung kembali berdasarkan persamaan (2) yaitu:

$$W_{(hibrid)} = (V \times I)$$

= 220 x 78,12

= 17,2 kWh

Energi listrik tambahan dari sumber hibrid sebesar 17,2 kWh untuk suplai beban penerangan sepert yang ditunjukkan dalam tabel 5, bertujuan mengurangi jumlah kebutuhan energi listrik awal sebesar 206,46 kWh menjadi 189,26 kWh dengan menghitung kembali persamaan (3).

$Biaya_{(setiap\ bulan)}$ = 189,26 x Rp.605

= Rp.114.502,-

Tabel.3. Penentuan Beban Listrik dari pemakaian energi listrik yng disuplai dari sumber modifikasi hibrid

Pemakaian	Pemakaian Daya Listrik (kWh)
Lampu TED R.Tamu	0,11
Lampu LED KM1	0,12
Lampu LED TERAS	0,06
Lampu LED Gudang	0,06
Lampu LED WC	0,06
Lampu LED Dapur	0,04
Lampu LED Kamar	0,14
total	0,59

Berdasarkan pengurangan biaya awal terhadap biaya tambahan diperoleh selisih hasil pada persamaan (5):

Selisih biaya = Biaya awal – Biaya hibrid

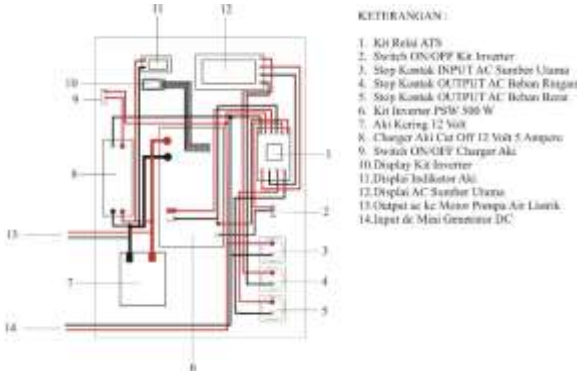
= Rp.124.900 – Rp.114.502

= Rp.10.398,-

Nilai penghematan setelah adanya modifikasi sumber hibrid dalam penelitian ini dapat menopang kemandirian energi listrik sekala rumah tangga sebesar 17,2 kWh dengan penghematan biaya Rp.10.398,- setiap bulan dari modifikasi sumber hibrid menggunakan sebuah mini generator dc.

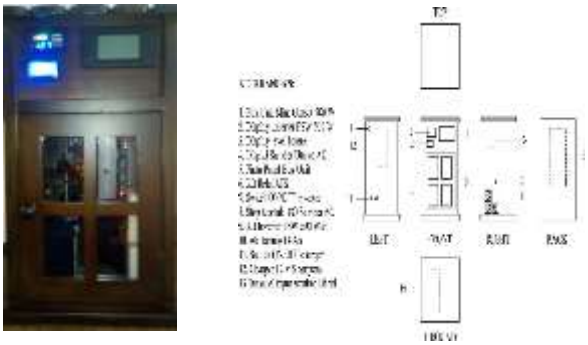
C. Unit Mini Genset 500 Watt

Hasil perhitungan dan analisa dalam penelitian ini dilengkapi dengan pembuatan peralatan pendukung berupa prototipe dan produk rakitan unit mini genset 500 Watt dengan tipe inverter *Pure Sine Wive* (PSW) sebagai media penyimpan energi yang berfungsi untuk cadangan alternatif energi listrik dari modifikasi sumber hibrid dan backup sumber utama[11]. Gambar 5 menunjukkan hasil instalsi tata letak komponen mini genset 500 Watt dan hasil rakitan unit mini genset 500 Watt yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 5. Hasil instalsi tata letak komponen mini genset 500 Watt

Gambar 5 merupakan hasil desain instalasi pengawatan hubungan kit-kit komponen mini genset sesuai dengan keterangan gambar.



Gambar 6. Hasil Rakitan Prototipe Produk Unit Mini Genset 500 Watt

Hasil rakitan prototipe produk unit mini genset berupa desain dan tata letak kit-kit komponen mini genset 500 Watt yang dikemas dalam box panel dari bahan kayu jati seperti tertera pada keterangan gambar.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan metode modifikasi sistem hibrid untuk menopang energi listrik sebesar 17,2 kWh dan penghematan biaya Rp.10.398,- setiap bulan, aplikasi berupa prototype produk alat pendukung mini genset kapasitas 500 Watt PSW dengan sumber energi dari modifikasi hibrid mini generator.

Referensi

[1] "Pertumbuhan Ekonomi 2016 di Bawah Target _ Katadata News.html." .
[2] "Blueprint_PEN_tgl_10_Nop_2007.pdf." .
[3] H. Ambarita, "Kajian Eksperimental Performansi Pompa dengan Kapasitas 1,25 m3/menit Head 12 m jika Dioperasikan Sebagai Turbin," hlm. 8, 2011.
[4] A. Harumwidiah dan A. Kurniawan, "Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Doubly Fed Induction Generator (DFIG) dengan Back-To-Back Converter," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 5, no. 2, Jul 2016.

[5] S. W. Widyanto, S. Wisnugroho, dan M. Agus, "PEMANFAATAN TENAGA ANGIN SEBAGAI PELAPIS ENERGI SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID DI PULAU WANGI-WANGI," hlm. 12.
[6] T. C. Wijaya dan M. Facta, "OPTIMASI POTENSI ENERGI TERBARUKAN UNTUK SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID DI DESA MARGAJAYA BENGKULU UTARA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER," hlm. 7.
[7] E. Damayanti dan M. Iyas, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PANEL ATS HIBRID ANTARA TURBIN ANGIN DAN SOLAR SELL DENGAN GRID PLN UNTUK ENERGI LISTRIK RUMAH DENGAN DAYA 456W," vol. 12, no. 1, hlm. 8, 2018.
[8] N. Storey, *Electronics: a systems approach*, Sixth edition. Harlow, England ; New York: Pearson, 2017.
[9] N. H. Sabah, *Electronics: basic, analog, and digital with PSpice*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2010.
[10] S. Alfarisi dan I. Yasri, "ASPEK PEMBUATAN MODEL LISTRIK HIBRID UNTUK PEMAKAIAN BEBAN RUMAH TANGGA DI KOTA PEKANBARU," vol. 3, hlm. 6, 2016.
[11] D. Oleh, "PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN ALTERNATOR MOBIL DAN GENERATOR DC," hlm. 64.