

Sumber Energi Mandiri Menggunakan Penggabungan Energi Terbarukan Solar Panel-Kincir Angin-Mikro Hidro Untuk Penggunaan Di Daerah Yang Tidak Dialiri Listrik PLN

Albert Gunadhi ¹⁾, Julius Mulyono ²⁾, Diana Lestariningsih ³⁾

^{1),3)}Teknik Elektro, ²⁾Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan 37 Surabaya 60114
Email : albert@ukwms.ac.id

Abstrak. Makalah ini membahas mengenai mendesain dan membuat suatu sistem yang dapat menggabungkan energi terbarukan solar panel, kincir angin dan mikro hidro. Hasil penggabungan tersebut akan dikeluarkan dalam berbagai tipe tegangan, yaitu 220 Volt AC, 12 Volt DC dan 5 Volt DC. Sistem dapat juga ditambahkan pembangkit listrik genset dan penyimpanan daya accu.

Solar panel, kincir angin, mikro hidro dan genset menghasilkan berbagai tipe tegangan. Berbagai tipe tegangan tersebut diubah menjadi satu tipe tegangan yaitu 13,8 Volt DC dengan menggunakan sinkronisasi. Solar panel akan menyediakan daya sekitar 200 Watt, kincir angin sekitar 300 Watt, mikro hidro sekitar 40 Watt dan tambahan dari genset untuk energi cadangan sekitar 1000 Watt. Sistem dapat dipasang accu sebagai penyimpan daya dengan kapasitas 3 x 28 Ah.

Pengujian sistem yang dilakukan tanpa beban menghasilkan : rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,22 Volt, pada konektor 12 VDC adalah 12,96 Volt, pada konektor 220 VAC inverter adalah 217,35 Volt dan pada konektor 220 VAC genset adalah 230 Volt. Pengujian sistem yang dilakukan dengan beban 240 Watt 220 Volt AC menghasilkan : rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,19 Volt, pada konektor 12 VDC adalah 10,76 Volt dan pada konektor 220 VAC inverter adalah 121,46 Volt.

Kata kunci: penggabungan, solar panel, kincir angin, mikro hidro, sinkronisasi.

1. Pendahuluan

Saat ini, masih ada daerah di Indonesia yang masih belum teraliri listrik PLN. Daerah-daerah tersebut seperti pulau terpencil, tepi pantai dan hutan. Investasi yang akan dikeluarkan oleh PLN untuk mengaliri listrik untuk daerah-daerah tersebut sangat besar karena sulitnya akses. Sehingga perlu dicarikan alternatif untuk menyediakan energi listrik bagi daerah-daerah tersebut.

Energi terbarukan adalah salah satu solusi untuk menyediakan listrik bagi daerah-daerah terpencil. Memang Indonesia kaya akan energi terbarukan seperti cahaya matahari, angin, dan air. Namun, selama ini penggunaan energi terbarukan kurang maksimal karena sistem yang ada hanya menggunakan salah satu sumber energi terbarukan. Pada beberapa daerah mempunyai lebih dari satu potensi energi terbarukan, seperti daerah tepi pantai mempunyai potensi cahaya matahari dan angin. Bahkan daerah pegunungan mempunyai potensi cahaya matahari, angin dan air.

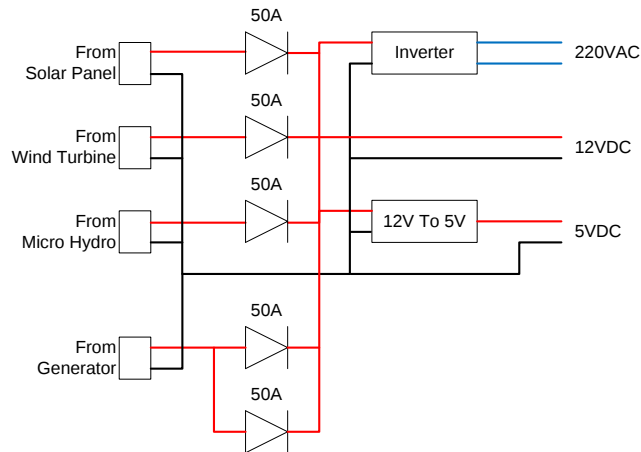
Makalah ini akan membahas mengenai mendesain dan membuat suatu sistem. Sistem tersebut dapat menggabungkan energi terbarukan yang dihasilkan oleh solar panel, kincir angin dan mikro hidro. Hasil dari penggabungan tersebut akan dikeluarkan dalam berbagai tipe tegangan, yaitu 220 Volt AC, 12 Volt DC dan 5 Volt DC. Sistem dapat juga ditambahkan pembangkit listrik genset dan penyimpanan daya accu. Sistem ini didesain dan dibuat untuk membantu daerah-daerah di Indonesia yang tidak dialiri listrik oleh PLN seperti pulau terpencil, tepi pantai dan hutan.

Solar panel, kincir angin, mikro hidro dan genset menghasilkan berbagai tipe tegangan. Berbagai tipe tegangan tersebut diubah menjadi satu tipe tegangan yaitu 13,8 Volt DC dengan menggunakan sinkronisasi. Solar panel akan menyediakan daya sekitar 200 Watt, kincir angin sekitar 300 Watt, mikro hidro sekitar 40 Watt dan tambahan dari genset untuk energi cadangan sekitar 1000 Watt. Sistem dapat dipasang accu sebagai penyimpan daya dengan kapasitas 3 x 28 Ah untuk cadangan sekitar 1 jam lebih pada daya sekitar 800 Watt. Keluaran sistem berupa tegangan 220 Volt AC dengan daya sekitar 500 Watt yang didapat dari mengubah tegangan 13,8 Volt DC menggunakan inverter. Tegangan 220 Volt AC dapat diperoleh juga langsung dari genset dengan daya sekitar 1000 Watt.

Keluaran berupa tegangan 12 Volt DC didapat langsung dari hasil penggabungan dengan daya sekitar 200 Watt. Sedangkan keluaran berupa tegangan 5 Volt DC didapat dari mengubah tegangan 13,8 Volt DC dengan regulator tegangan dengan daya sekitar 48 Watt.

2. Pembahasan

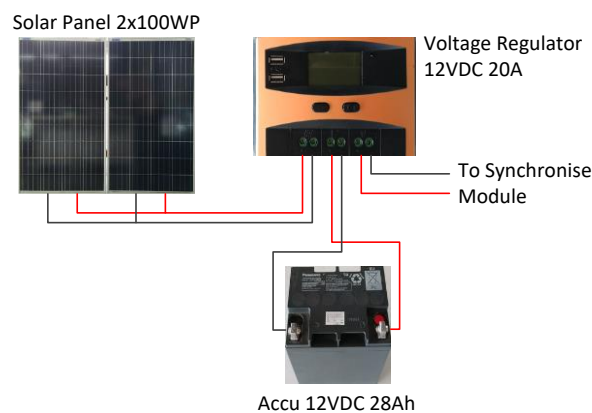
Untuk menyatukan berbagai sumber tegangan diperlukan modul sinkronisasi seperti pada Gambar 1. Modul sinkronisasi tersebut terdiri dari 5 buah dioda 50 Ampere yang mendapat masukan dari solar panel, kincir angin, mikro hydro dan genset. Keluaran dari modul sinkronisasi untuk menghasilkan tegangan 220 Volt AC, 12 Volt DC dan 5 Volt DC.



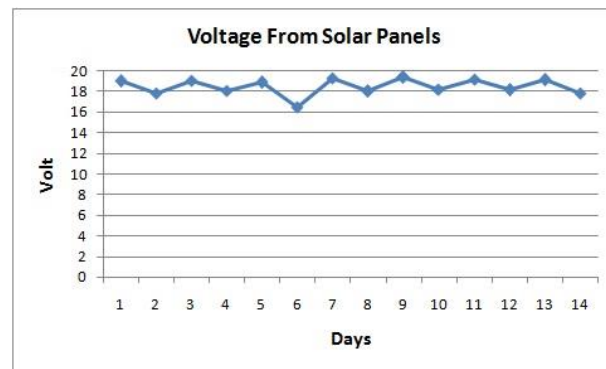
Gambar 1. Rangkaian dari modul sinkronisasi.

Modul solar panel yang dihubungkan dengan modul sinkronisasi mempunyai rangkaian seperti pada Gambar 2. Solar panel yang digunakan berjenis *Poly Crystalline* dengan daya 2 x 100 Watt. Tegangan naik turun yang dihasilkan oleh solar panel distabilkan oleh voltage regulator pada tegangan 13,8 Volt DC dan disimpan di accu. Voltage regulator yang digunakan mempunyai arus maksimum 20 Ampere. Keluaran dari voltage regulator dikoneksikan ke modul sinkronisasi.

Karakteristik tegangan yang dihasilkan oleh solar panel yang diukur pada bulan Juli 2018 dapat dilihat pada Gambar 3. Tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 19,36 Volt dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 16,46 Volt. Sistem pada modul solar panel dilengkapi sebuah accu dengan spesifikasi 12 VDC 28 Ah, berfungsi sebagai penyimpan daya lebih yang dihasilkan solar panel.



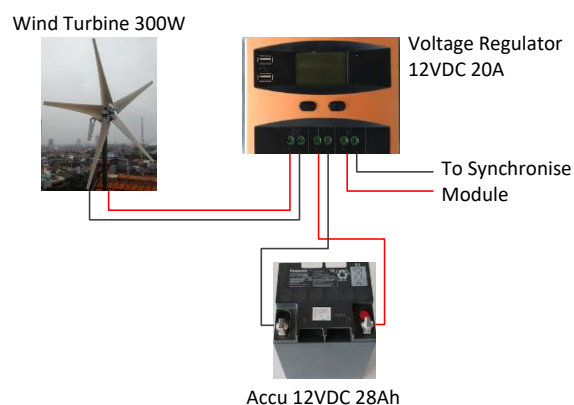
Gambar 2. Rangkaian dari modul solar panel.



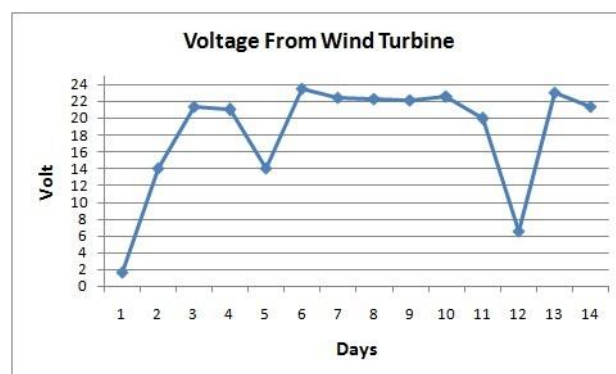
Gambar 3. Karakteristik tegangan dari solar panel.

Modul kincir angin yang dihubungkan dengan modul sinkronisasi mempunyai rangkaian seperti pada Gambar 4. Kincir angin yang digunakan mempunyai spesifikasi 24 Volt DC 300 Watt. Tegangan naik turun yang dihasilkan oleh kincir angin distabilkan oleh voltage regulator pada tegangan 13,8 Volt DC dan disimpan di accu. Voltage regulator yang digunakan mempunyai arus maksimum 20 Ampere. Keluaran dari voltage regulator dikoneksikan ke modul sinkronisasi.

Karakteristik tegangan yang dihasilkan oleh kincir angin yang diukur pada bulan Juli 2018 dapat dilihat pada Gambar 5. Tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 23,5 Volt dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 1,64 Volt. Sistem pada modul kincir angin dilengkapi sebuah accu dengan spesifikasi 12 VDC 28 Ah, berfungsi sebagai penyimpanan daya lebih yang dihasilkan kincir angin.



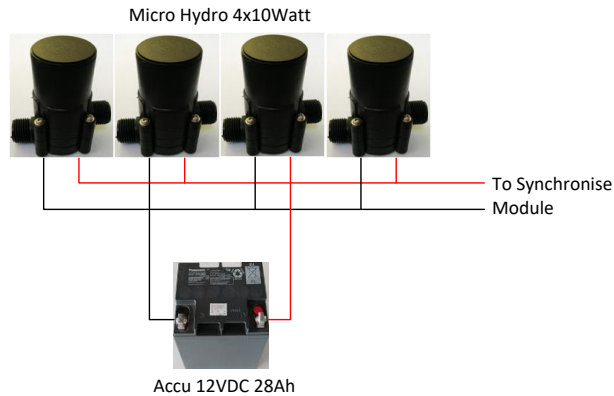
Gambar 4. Rangkaian dari modul kincir angin.



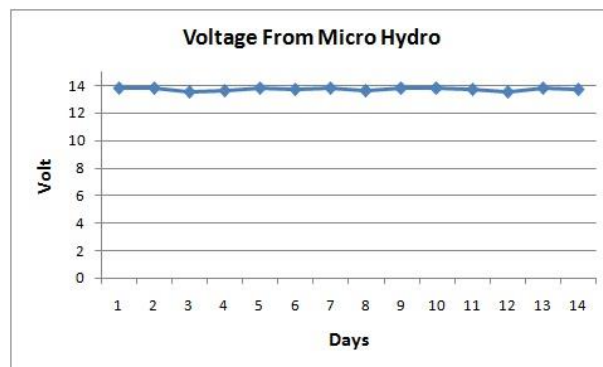
Gambar 5. Karakteristik tegangan dari kincir angin.

Modul mikro hidro yang dihubungkan dengan modul sinkronisasi mempunyai rangkaian seperti pada Gambar 6. Mikro hidro yang digunakan mempunyai spesifikasi tegangan 9-15 Volt DC dengan daya 4

x 10 Watt. Tegangan yang keluar dari mikro hidro diatur pada 13,8 Volt DC dengan mengatur debit air. Tidak diperlukan voltage regulator karena tegangan yang keluar sudah stabil dan langsung dikoneksikan ke modul sinkronisasi. Karakteristik tegangan yang dihasilkan oleh mikro hidro yang diukur pada bulan Juli 2018 dapat dilihat pada Gambar 7. Tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 13,8 Volt dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 13,5 Volt. Sistem pada modul mikro hidro dilengkapi sebuah accu dengan spesifikasi 12 VDC 28 Ah, berfungsi sebagai penyimpan daya lebih yang dihasilkan mikro hidro.

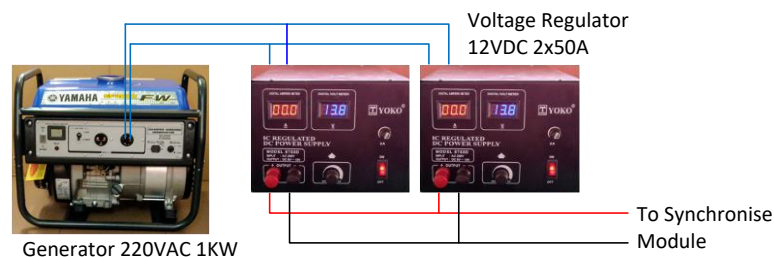


Gambar 6. Rangkaian dari modul mikro hidro.



Gambar 7. Karakteristik tegangan dari mikro hidro.

Modul tambahan genset yang dihubungkan dengan modul sinkronisasi mempunyai rangkaian seperti pada Gambar 8. Genset yang digunakan mempunyai tipe Yamaha EF2600FW. Tegangan yang dikeluarkan genset adalah 220 Volt AC dan diubah menjadi 13,8 Volt DC dengan voltage regulator 2 x 50 Ampere. Keluaran dari voltage regulator dikoneksikan ke modul sinkronisasi.

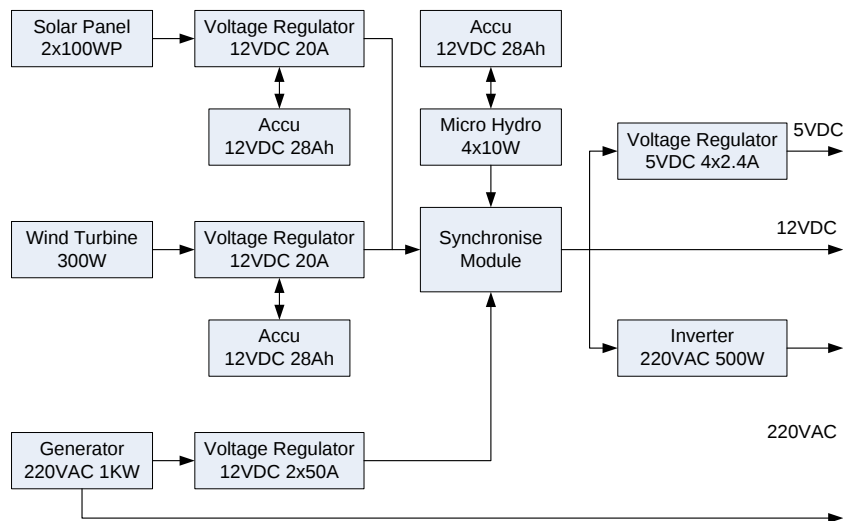


Gambar 8. Rangkaian dari modul tambahan genset.

3. Perancangan Sistem

Diagram blok sistem secara keseluruhan yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 9. Sistem ini dirancang berdasarkan keberadaan komponen di pasaran. Perbedaan nyata dengan sistem sebelumnya

ada pada accu yang diletakkan pada masing-masing modul. Pada sistem sebelumnya, accu diletakkan hanya pada modul sinkronisasi. Sistem menyediakan sumber energi dengan berbagai tegangan, yaitu 5 Volt DC, 12 Volt DC dan 220 Volt AC.

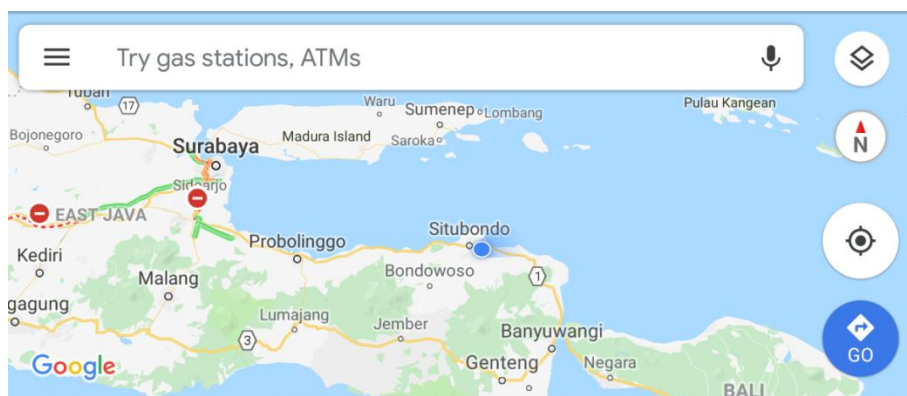


Gambar 9. Diagram blok sistem secara keseluruhan.

4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan pada bulan Oktober 2018 di bukit Cottok Innovation Park (CIP). Bukit CIP terletak pada desa Curah Cottok, Kecamatan Kapongan, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Bukit yang terletak sebelah Tenggara kota Situbondo ini mempunyai beberapa data sebagai berikut :

- Koordinat : -7.723678, 114.063549
- Ketinggian : 57 meter dpl
- Arah angin saat pengujian : Timur Laut



Gambar 10. Bukit CIP terletak sebelah Tenggara kota Situbondo.

Pada pengukuran tegangan yang keluar dari solar panel dan tegangan yang keluar dari mikro hidro menggunakan multimeter digital Sanwa CD772. Sedangkan pada pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer.

Hasil pengukuran tegangan yang keluar dari solar panel, kecepatan angin, tegangan yang keluar dari kincir angin dan tegangan yang keluar dari mikro hidro dapat dilihat pada Tabel 1. Apabila dibandingkan dengan pengukuran pada bulan Juli 2018 di kota Surabaya maka tegangan yang keluar dari solar panel hampir sama. Tegangan yang keluar dari kincir angin lebih stabil. Tegangan yang keluar dari mikro hidro tidak memenuhi standart dari sistem karena aliran air diambil dari air irigasi kebun jagung.

Tabel 1. Hasil pengukuran di Cottok Innovation Park.

Jam (WIB)	Tegangan Solar Panel (V)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Kincir Angin (V)	Tegangan Mikro Hidro (V)
00.00	1.02	6.1	18.29	0
02.00	1.01	6.2	18.62	0
04.00	1.07	6.8	20.38	0
06.00	9.23	7.2	21.63	0
08.00	17.56	7.1	21.27	9.11
10.00	19.47	6.7	20.12	9.08
12.00	19.69	5.7	17.13	9.07
14.00	19.51	5.4	16.17	9.04
16.00	18.73	6.2	18.64	9.03
18.00	7.12	7.3	21.87	0
20.00	1.03	7.1	21.33	0
22.00	1.03	6.7	20.08	0
24.00	1.02	6.3	18.88	0

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan tanpa beban dan dilakukan dengan beban. Data yang dihasilkan pada pengujian sistem tanpa beban sebagai berikut : Rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,22 Volt. Rata-rata tegangan pada konektor 12 VDC adalah 12,96 Volt. Rata-rata tegangan pada konektor 220 VAC inverter adalah 217,35 Volt. Rata-rata tegangan pada konektor 220 VAC genset adalah 230 Volt. Pengujian sistem dengan beban, dilakukan dengan menggunakan 4 buah lampu pijar dengan masing-masing daya 60 Watt 220 Volt AC yang dipasang pada keluaran inverter. Data yang dihasilkan pada pengujian sistem dengan beban tanpa mendapat sumber dari genset adalah sebagai berikut : Rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,19 Volt. Rata-rata tegangan pada konektor 12 VDC adalah 10,76 Volt. Rata-rata tegangan pada konektor 220 VAC inverter adalah 121,46 Volt.

3. Kesimpulan

Setelah melewati proses perancangan yang dilanjutkan dengan implementasi serta pengukuran sistem secara keseluruhan, maka dapat diberikan beberapa kesimpulan :

1. Tegangan maksimum yang pernah dihasilkan solar panel adalah 19,69 Volt DC.
2. Tegangan maksimum yang pernah dihasilkan kincir angin adalah 23,5 Volt DC.
3. Tegangan maksimum yang pernah dihasilkan mikro hidro adalah 13,8 Volt DC.
4. Pengujian sistem yang dilakukan tanpa beban menghasilkan : rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,22 Volt, pada konektor 12 VDC adalah 12,96 Volt, pada konektor 220 VAC inverter adalah 217,35 Volt dan pada konektor 220 VAC genset adalah 230 Volt. Pengujian sistem yang dilakukan dengan beban 240 Watt 220 Volt AC menghasilkan : rata-rata tegangan pada konektor 5 VDC adalah 5,19 Volt, pada konektor 12 VDC adalah 10,76 Volt dan pada konektor 220 VAC inverter adalah 121,46 Volt.

Daftar Pustaka

- [1]. F. Valenciaga, P.F. Puleston, P.E. Battaiotto, "Power Control of a Solar/Wind Generation System Without Wind Measurement: A Passivity/Sliding Mode Approach", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 18, No. 4, pp. 501 - 507, 2003.
- [2]. Shushui, "Using Estimate Wind Turbin Power Generator", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 16, No. 3, September 2005.
- [3]. N. Moubayeh, A.E.-Ali, R. Outbib, "Control of an Hybrid Solar-Wind System with Acid Battery for Storage", WSEAS Trans. On Power Systems, Issue 9, Vol 4, pp. 307-318, 2009.
- [4]. A. Gunadhi, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Penghemat Listrik PLN Untuk Daya 1300 Watt Dengan Menggunakan Solar Panel", Laporan Penelitian-UKWMS, 2009.
- [5]. A. Gunadhi, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin *Portable* Dengan Daya 100 Watt Per Jam Untuk Daerah Tepi Pantai", Laporan Penelitian-UKWMS, 2017.