

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM PLTS

Gambar 4.1 dibawah ini merupakan foto dari satu perangkat radio repeater dengan menggunakan modul sel surya untuk menyuplai energi ke beban, dimana didalam kotak ini berisikan satu perangkat radio repeater, dua kipas pendingin untuk sirkulasi udara didalam kotak, rangkaian pengaman, MCB, voltmeter, amperemeter dan baterai yang diletakkan dalam kotak kayu.



Gambar 4-1

Foto Perangkat PLTS Dengan Unit Beban

1. PEMASANGAN MODUL SEL SURYA

Modul sel surya BP 158 berukuran 1165 mm x 530 mm x 38 mm diimpor dari Australia, modul ini terdiri dari 36 sel surya yang masing -

masing berdiameter 12,45 cm. Dan rangka dari modul sel surya mempunyai panjang 1180 mm, lebar 540 mm dimana modul surya terjepit antara plat besi siku sehingga kedudukan modul sel surya tidak bergerak. Dibawah ini merupakan foto dari konstruksi rangka modul sel surya beserta modul sel surya :



Gambar 4-2

Konstruksi Pemasangan Modul Sel Surya

2. RANGKAIAN PENGAMAN TEGANGAN LEBIH DAN TEGANGAN RENDAH.

Rangkaian komparator ini berfungsi untuk mengatur dan mengamankan PLTS secara keseluruhan. Pada dasarnya diperlukan untuk mengatur tegangan maksimal dan minimal dari baterai .

Spesifikasi dari alat ini sebagai berikut :

| | |
|------------------|--------------------|
| Tegangan nominal | : 12 Volt |
| Arus konsumsi | : $\pm 0,1A$ |
| Tegangan operasi | : 11,8 – 14,4 Volt |
| Kemampuan relay | : 10 Ampere |

Dibawah ini merupakan foto dari rangkaian komparator untuk tegangan lebih dan tegangan rendah yang diletakkan dalam satu papan circuit.



Gambar 4-3

Foto Rangkaian Komparator Tegangan Lebih dan Tegangan Rendah

2.1 Pengujian Pengaman Tegangan Rendah 11,8 Volt

Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter digital dan voltage current standart. Pertama-tama input dari baterai diberi tegangan dari voltage current standart dan keluaran dari rangkaian ke beban

disambungkan dengan multimeter digital, kemudian mula-mula tegangan voltage current standart disetting lebih dari 12 volt, pada percobaan ini diambil 13 volt, kemudian perlahan-lahan tegangan dari voltage current diturunkan hingga mendekati 11,8 Volt ternyata pada saat tegangan 11,8 volt relai bekerja dengan bergerak dari normaly close ke normaly open yang ditunjukkan oleh multimeter digital, kemudian tegangan dinaikkan perlahan- lahan mendekati 12,5 volt ternyata relai bergerak kembali ke normaly close. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik.

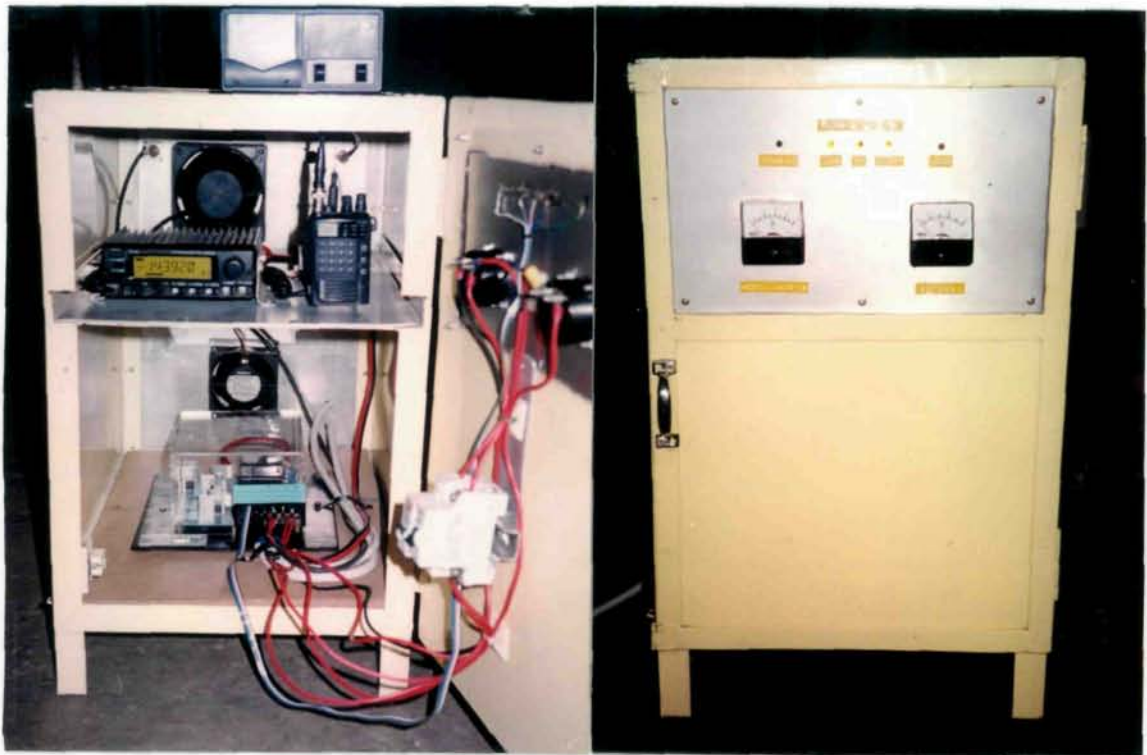
2.2 Pengujian Pengaman Tegangan Lebih 14,4 Volt

Alat yang digunakan sama dengan pengujian tegangan kurang 11,8 volt hanya output dari rangkaian ke modul sel surya yang dihubungkan ke multimeter digital dan mula-mula voltage current standart disetting kurang dari 14,4 volt, pada percobaan ini diambil tegangan 13 volt kemudian tegangan dinaikkan perlahan-lahan hingga mendekati tegangan 14,4 volt ternyata pada tegangan 14,4 volt relai bergerak dari normaly close menuju normaly open yang ditunjukkan oleh multimeter digital. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik.

3. KOTAK PANEL

Kotak panel terbuat dari plat besi yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan. Kotak panel ini mempunyai ukuran panjang 48 cm, lebar 35 cm,

tinggi 50 cm. Pada panel bagian depan berisi voltmeter panel yang mempunyai range 0 – 30 Volt, Amperemeter panel yang mempunyai range 0 – 10 Ampere, juga indikator berupa lampu Light Emitting Diode (LED) untuk menunjukkan kemampuan dari baterai juga untuk modul sel surya dan radio repeater. Pada bagian dalam kotak panel berisi Miniature Circuit Breaker (MCB) untuk mengamankan dan juga sebagai saklar utama, rangkaian komparator, radio repeater serta kipas pendingin yang diletakkan dibelakang dari kotak panel untuk sirkulasi udara didalam kotak panel. Gambar dibawah ini adalah gambar kotak panel.



Gambar 4-4

Foto Kotak Panel

4. INSTALASI LISTRIK

Kabel yang digunakan adalah NYMHY 300/500 Volt yang berukuran $2,5 \text{ mm}^2$. Dari data book electric wires and cables yang ada pada lampiran terdapat ukuran isolasi, konstruksi penghantar, tahanan kabel dan sebagainya, Pada kabel yang digunakan untuk hubungan baterai ke rangkaian mempunyai panjang kabel 1,5 meter sedangkan untuk modul surya ke rangkaian mempunyai panjang 5 meter sehingga untuk pengukuran tidak terjadi losses terlalu besar. Dari data book untuk ukuran kabel $2,5 \text{ mm}^2$ terdapat tahanan sebesar $7,98 \text{ } \Omega/\text{Km}$, sehingga dapat dihitung drop tegangan pada penyaluran.

- Tahanan kabel untuk baterai ke rangkaian sebesar :

$$0,00798 \text{ } \Omega/\text{m} \times 1,5 \text{ m} = 0,01197 \text{ } \Omega$$

Sehingga rugi-rugi penyaluran dapat diketahui dengan rumus :

$$V_{\text{drop}} = R_{\text{kabel}} \times I_{\text{beban}} \quad (4.1)$$

Besarnya arus beban untuk radio repeater 4 ampere, kipas pendingin 0,3 ampere, untuk rangkaian 0,02 ampere jadi total beban 4,32 ampere sehingga drop tegangan pada penyaluran baterai sebesar :

$$\begin{aligned} V_{\text{drop}} &= 0,01197 \text{ } \Omega \times 4,32 \text{ A} \\ &= 0,051710 \text{ volt} \end{aligned}$$

- Tahanan kabel untuk Modul sel surya ke rangkaian sebesar :

$$0,00798 \text{ } \Omega/\text{m} \times 5 \text{ m} = 0,0399 \text{ } \Omega$$

Besarnya arus maksimum modul sel surya 3,65 ampere sehingga drop tegangan pada penyaluran baterai sebesar :

$$\begin{aligned}V_{\text{drop}} &= 0,0399 \Omega \times 3,65 \text{ A} \\ &= 0,146 \text{ volt.}\end{aligned}$$

5. ALAT UKUR

Untuk pengukuran tegangan dan arus menggunakan alat ukur digital bermerek Mastech yang mempunyai keakurasian alat $\pm 0,5 \%$ untuk pengukuran Dc voltage dengan range 0 – 20 volt , untuk pengukuran Dc current sebesar $\pm 2 \%$ dengan range 0 – 20 ampere.

6. PENGUKURAN ENERGI YANG DIBUTUHKAN RADIO REPEATER

Pada pengukuran radio repeater ini dilakukan pengujian dengan jangkauan jauh (high), jangkauan menengah (middle), jangkauan pendek (low) dan pemakaian arus pada tegangan yang berbeda juga pengukuran daya output dari radio repeater yang diukur dengan menggunakan SWR meter dan menggunakan dummy antena yang mempunyai impedansi sebesar 50Ω , serta arus yang dipakai untuk standby sehingga dari data arus dan tegangan yang didapat dapat diketahui daya yang dibutuhkan radio repeater pada waktu transmit dan receiver dengan mengkalikan arus beban dan tegangan kerja. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4-1

Pengukuran Energi Yang Diperlukan Beban

| TEGANGAN (V) | I_{STANDBY} (A) | P_{OUTPUT} (W) | I_{TRANSMIT} (A) | P_{INPUT} (W) | JANGKAUAN |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------|
| 12 | 0,292 | 3,5 | 2,78 | 33,36 | Low |
| | | 7,5 | 3,80 | 45,6 | Medium |
| | | 35 | 7,90 | 94,8 | High |
| 12,5 | 0,294 | 3,5 | 2,80 | 35 | Low |
| | | 7,5 | 3,82 | 47,75 | Medium |
| | | 38 | 8,44 | 105,5 | High |
| 13 | 0,296 | 3,5 | 2,80 | 36,4 | Low |
| | | 7,5 | 3,84 | 49,92 | Medium |
| | | 39 | 9,1 | 118,3 | High |
| 13,5 | 0,298 | 3,5 | 2,8 | 37,8 | Low |
| | | 7,5 | 3,84 | 51,84 | Medium |
| | | 40 | 9,3 | 125,55 | High |
| 13,8 | 0,299 | 3,8 | 2,82 | 38,916 | Low |
| | | 7,5 | 3,84 | 52,992 | Medium |
| | | 40 | 9,3 | 128,34 | High |
| 14 | 0,30 | 3,8 | 2,82 | 39,48 | Low |
| | | 7,5 | 3,84 | 53,76 | Medium |
| | | 40 | 9,3 | 131,6 | High |

Dari data pengukuran diatas ternyata arus yang dibutuhkan oleh radio repeater pada jangkauan pendek dan menengah pada tegangan 12 volt sampai 14 volt tidak berbeda jauh tetapi untuk jangkauan jauh membutuhkan arus semakin banyak dengan semakin meningkatnya tegangan demikian juga daya output dari radio repeater. Dari data tersebut arus maksimum yang dibutuhkan radio repeater pada jangkauan low hanya 2,82 ampere meskipun terjadi penambahan tegangan demikian juga untuk jangkauan jauh hanya memerlukan arus maksimum 9,3 ampere sehingga untuk jangkauan pendek yang dipakai jauh lebih kecil dari yang sudah direncanakan yaitu 4 ampere.

Perhitungan arus yang dibutuhkan oleh sistem dengan pengukuran yang sebenarnya adalah sebagai berikut :

- Pemakaian transmit satu jam dan standby satu hari :

Untuk standby :

$$Ah = 0,3 \text{ A} \times 23 \text{ h} = 6,9 \text{ Ah.}$$

Untuk transmit :

$$Ah = 2,82 \text{ A} \times 1 \text{ h} = 2,82 \text{ Ah}$$

- Untuk rangkaian :

$$Ah = 0,02 \text{ A} \times 24 \text{ h} = 0,48 \text{ Ah.}$$

- Untuk kipas pendingin :

$$Ah = 0,3 \text{ A} \times 24 \text{ h} = 7,2 \text{ Ah.}$$

Total Ah yang diperlukan setiap hari dengan waktu transmit satu jam adalah

$$Ah = (6,9 + 2,82 + 7,2 + 0,48) \text{ Ah} = 17,4 \text{ Ah} (\times 12 \text{ V} = 208,8 \text{ Wh}).$$

7. PENGUKURAN ENERGI YANG DIHASILKAN MODUL SEL SURYA

Pada pengukuran yang dilakukan pada tanggal 10 Agustus 1999, 11 Agustus 1999 pada kemiringan modul surya 15° . Perhitungan daya yang dikeluarkan oleh modul sel surya dalam sehari dapat dihitung dengan pendekatan trapesium. Pada tanggal 10 Agustus 1999 didapat daya dari modul rata-rata dalam satu hari sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
L &= \frac{25,2648 + 31,6872}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{31,6872 + 34,9264}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{34,9264 + 34,2838}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{34,2838 + 38,0560}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{38,0560 + 41,4018}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{41,4018 + 41,3744}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{41,3744 + 43,0062}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{43,0062 + 44,9064}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{44,9064 + 44,0112}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{44,0112 + 42,2125}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{42,2125 + 38,0474}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{38,0474 + 39,3240}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{39,3240 + 33,6042}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{33,6042 + 29,4750}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{29,4750 + 24,3275}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{24,3275 + 21,3693}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{21,3693 + 10,4000}{2} \times \frac{1}{2} \\
&= 299,9228 \text{ Wh}
\end{aligned}$$

Pada tanggal 11 Agustus 1999 didapat daya dari modul rata-rata dalam satu hari sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
L &= \frac{24,2109 + 25,4140}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{25,4140 + 32,3400}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{32,3400 + 33,4332}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{33,4332 + 36,4480}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{36,4480 + 38,7092}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{38,7092 + 40,5816}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{40,5816 + 42,5320}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{42,5320 + 41,9070}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{41,9070 + 43,2064}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{43,2064 + 44,0112}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{44,0112 + 40,7484}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{40,7484 + 38,9442}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{38,9442 + 37,5102}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{37,5102 + 30,5613}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{30,5613 + 29,6550}{2} \times \frac{1}{2} \\
&+ \frac{29,6550 + 20,3424}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{20,3424 + 9,2158}{2} \times \frac{1}{2} \\
&= 296,5287 \text{ Wh}
\end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran selama dua hari dengan perincian tanggal 10 dan 11 Agustus 1999 dengan kemiringan 15° didapat rata-rata energi sebesar 298,22575 Wh. Energi ini cukup untuk menyuplai radio repeater dengan waktu transmit satu jam dan standby dalam sehari yakni sebesar 222,96 Wh.

8. ANALISA PERHITUNGAN HASIL PENGUKURAN SISTEM PLTS

Dari hasil pengukuran modul sel surya didapat hasil pengukuran energi rata-rata sebesar 298,22575 dan untuk mendapatkan arus rata-rata dalam sehari dengan lama pengukuran 8,5 jam dan tegangan nominal modul sel surya 14 volt didapat arus rata-rata seperti berikut :

$$\frac{298,22575 \text{ Wh}}{8,5 \text{ h} \times 14 \text{ volt}} = 2,506 \text{ A}$$

Dengan rata-rata arus yang dihasilkan oleh modul sel surya dalam 8,5 jam dengan cuaca yang cerah didapat arus 2,5 ampere sehingga besar amperehour (Ah) yang dihasilkan modul sel surya sebesar :

$$8,5 \text{ h} \times 2,5 \text{ A} = 21,25 \text{ Ah}$$

Sedangkan perhitungan kebutuhan beban satu jam transmit dalam satu hari berdasarkan data sebesar 18,58 Ah sehingga dengan memakai satu buah modul cukup untuk menyuplai beban dengan waktu transmit selama 1 ½ jam dan standby dalam sehari. Penentuan kapasitas baterai dengan cadangan 2 hari dengan kapasitas pengosongan yang diijinkan 50 % dari kapasitas nominal baterai menggunakan rumus yang didapat dalam buku literatur¹ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{bat}} &= \frac{18,57 \times 2}{0,5} \\ &= 74,32 \text{ Ah} \\ &\approx 75 \text{ Ah} \end{aligned}$$

¹ Steven J. Strong and William G. Scheller. *The Solar Electric House*.(Massachusetts: Sustainability Press, 1993). p. 111.

Sehingga kapasitas baterai yang digunakan sebesar 75 Ah dengan cadangan energi selama dua hari apabila cuaca tidak mendukung dan dalam keadaan baterai kosong sistem ini baru dapat digunakan setelah 2 hari modul surya mengisi baterai. Dengan pemakaian 2 buah modul sel surya dimana dengan menggunakan satu modul menghasilkan 2,5 A sehingga dengan menggunakan 2 buah modul sel surya didapat amperehour dalam sehari sebagai berikut :

$$5 \text{ A} \times 8,5 \text{ h} = 42,5 \text{ Ah}$$

Sehingga dengan menggunakan 2 modul sel surya mampu untuk pemakaian transmit selama lebih dari 7 jam dan standby satu hari, karena kebutuhan pemakaian radio repeater rata-rata 2 jam dalam sehari maka cukup dengan memakai satu buah modul surya.

dari data hasil pengukuran beban dan hasil pengukuran sebuah modul sel surya dapat digunakan untuk menyuplai radio repeater dengan pemakaian transmit 2 jam dalam sehari sedangkan apabila menggunakan dua buah modul sel surya dapat digunakan untuk transmit 10 jam dalam satu hari.

9. PENGUKURAN BERAT JENIS DARI BATERAI

Dari hasil pengukuran berat jenis larutan elektrolit dalam baterai dengan menggunakan alat yang dinamakan hidrometer berat jenis larutan elektrolit yang diukur mencapai 1,270 sedangkan apabila baterai terisi penuh mampu mencapai 1,290 maka dari hasil pengukuran tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa cairan elektrolit di dalam baterai dalam keadaan baik.