

PERANCANGAN REGULATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) BERKAPASITAS 450 Wp

Azriyenni¹, Edy Ervianto²

Dosen Tetap Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Simpang Panam Km 12.5
Pekanbaru – Riau – Indonesia
Email: azriyenni@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan matahari dapat digunakan untuk kebutuhan energi dengan cara mengubah energi surya menjadi listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh alat ini dapat berupa tegangan DC atau AC. Jika tegangan yang akan digunakan AC maka alat ini harus menggunakan inverter sebagai konversi tegangan. Dalam penelitian ini khusus membahas tentang regulator yang berfungsi sebagai penstabil dan pengontrol pengisian baterai. Hal ini sangat diperlukan disebabkan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya naik-turun sehingga mengakibatkan tegangan output tidak stabil. Tegangan regulator mempunyai nilai stabilitas arus dan tegangan yang baik, tegangan yang dihasilkan berkisar 12 volt DC. Untuk beberapa aplikasi perubahan tegangan ini sangat mengganggu sehingga memerlukan komponen aktif yang dapat meregulasi tegangan keluaran ini menjadi stabil. Rangkaian pengatur dan penstabil tegangan dibangun dengan menggunakan IC LM 723. IC regulator jenis ini adalah berjenis regulator variabel dimana tegangan regulasi dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Rangkaian regulator ini dilengkapi dengan rangkaian pengontrol pengisian baterai dimana LED sebagai indikator akan menyala apabila baterai sudah terisi penuh dan memutuskan tegangan pengisian secara otomatis. Sebaliknya apabila baterai telah kosong maka LED indikator akan padam dan melakukan pengisian baterai secara otomatis pula. Nilai tegangan yang dihasilkan oleh regulator adalah sebesar 13,8 volt, persen regulasi sebesar 0,028% dan efisiensi regulator sebesar 61,36 %.

Kata Kunci: arus, energi, regulator, stabil, tegangan

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini pembangkit listrik tenaga surya biasa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain untuk lampu penerangan, pompa air, TV dan peralatan lain yang membutuhkan energi listrik. Keuntungan pemakaian pembangkit listrik tenaga surya adalah akrab lingkungan, biaya pemeliharaan rendah tidak ada gerakan mekanis, sistem modulator mudah dikendalikan, tersedia dimana-mana. Sedangkan kelemahannya antara lain biaya investasi awal yang cukup mahal, sumber energinya tidak stabil sehingga output tergantung pada cuaca.

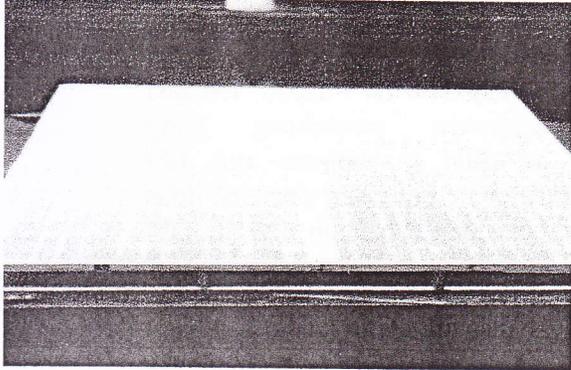
Pemanfaatan sinar matahari telah banyak dilakukan untuk memenuhi kebutuhan baik secara langsung atau melalui proses yang

lebih tinggi. Salah satunya adalah mengubah energi matahari menjadi listrik DC yang menggunakan lempengan sel surya sebagai pengubah energi surya menjadi energi listrik.

Intensitas radiasi energi cahaya matahari setiap waktu dalam satu hari siang sampai sore mempunyai nilai yang berbeda-beda karena itu sistem photovoltaik sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas matahari yang mengenai permukaan sel surya (*solar cell*), maka arus yang masukpun tidak stabil. Jika arus dari sel surya tidak setabil, maka tegangan output yang masuk ke baterai juga akan naik turun, untuk beberapa aplikasi perubahan tegangan ini cukup mengganggu, sehingga diperlukan komponen aktif yang dapat meregulasi tegangan keluaran ini menjadi stabil. Dari hal diatas penulis mencoba membuat rangkaian regulator yang



multikristal dengan ukuran 10 cm x 10 cm dan tebal sekitar 0,3 mm. berikut ini bentuk fisik sel surya yang dipakai pada perancangan alat.



Gambar 2 Panel Sel Surya

Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe P dan N (*P-N junction semiconductor*) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron ini lah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

B. Regulator

Rangkaian regulator ini berfungsi sebagai penstabil dan pengontrol dalam pengisian baterai. Jika baterai sudah penuh maka alat ini otomatis meng *cut off* pengisian. Rangkaian ini sangat berperan penting untuk menstabilkan tegangan keluaran, karena jika tegangan sel surya naik/turun, maka tegangan outputnya juga akan naik/turun. Jika arus semakin besar ternyata tegangan DC keluarannya juga ikut turun. Untuk beberapa aplikasi perubahan tegangan ini mengganggu, sehingga memerlukan komponen aktif yang dapat meregulasi tegangan keluaran ini menjadi stabil.

C. Inverter

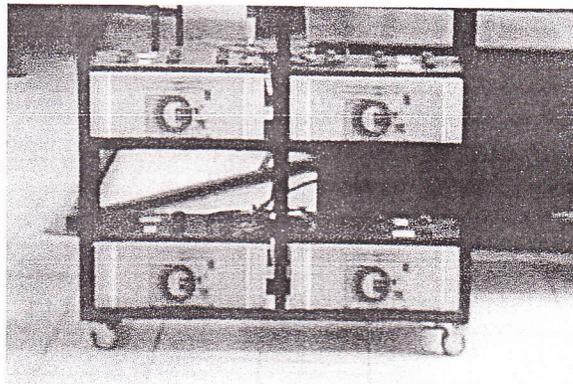
Alat ini digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Arus yang berasal dari baterai akan di rubah menjadi arus bolak-balik 220 volt AC. Dari inverter ini tegangan yang dihasilkan akan di hubungkan ke beban.

D. Baterai

Baterai adalah alat listrik kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkannya dalam bentuk listrik. Baterai ini berfungsi untuk menyimpan arus yang dihasilkan oleh sel surya, baterai terdiri dari tiga komponen penting yaitu:

1. Batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai).
2. Seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai).
3. Pasta sebagai elektrolit (penghantar).

Adapun baterai yang digunakan pada perancangan alat ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Baterai 12 Volt 150 Ah

Gambar diatas adalah baterai dengan tegangan 12 V dan arus maksimal 150 Ah. Baterai ini akan di charge oleh rangkaian regulator dengan energi yang dihasilkan oleh sel surya. Baterai yang digunakan adalah baterai *lead acid, Liquid vented* atau baterai yang memiliki kutub pengisian cairan baterai atau disebut juga dengan baterai basah. Tegangan charge yang direkomendasikan dari kebanyakan baterai lead acid adalah di antara 2.25 sampai 2.30V/sel. Charge yang optimal bergeser tergantung dari suhu. Pada suhu tinggi dibutuhkan tegangan lebih kecil dan suhu lebih rendah dibutuhkan tegangan lebih tinggi. Dalam perancangan ini kami memakai empat buah baterai, agar kemampuan baterai bisa lebih besar sesuai dengan kemampuan yang dibutuhkan pada beban.



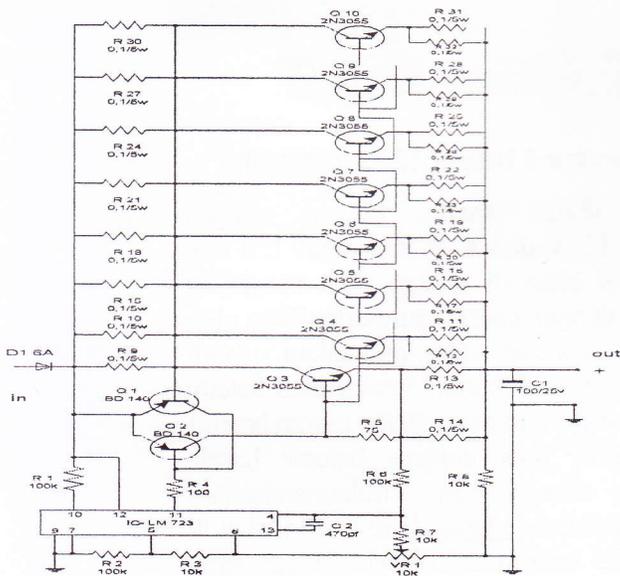
3 PERANCANGAN RANGKAIAN REGULATOR

Tahap perancangan alat adalah merancang dari setiap rangkaian, pemilihan komponen yang sesuai, pembuatan layout PCB, pemasangan komponen, dan merangkai setiap rangkaian sehingga menjadi regulator yang siap untuk digunakan. Pada perancangan regulator ini diusahakan agar bisa menangani output dari sel surya yang tidak stabil menjadi stabil sehingga tegangan yang akan di isi pada baterai selalu bernilai konstan. Regulator ini menggunakan delapan buah transistor jenis NPN 2N 3055. Dengan kelipatan transistor inilah kemampuan arus regulator dibangkitkan, semakin banyak kelipatan transistor semakin besar kemampuan arus regulator. Dibawah ini gambar rangkaian regulator yang dipakai untuk meregulasi tegangan keluaran dari sel surya.

sudah penuh maka arus dari sel surya tidak akan dialirkan ke baterai dan sebaliknya. Rangkaian ini dapat memiliki kemampuan arus sebesar 120 Ampere, ini didapat dari kelipatan transistor yang digunakan dimana satu buah transistor memiliki arus sebesar 15 ampere, kemampuan ini dapat tercapai apabila komponen pendukung yang digunakan memiliki kemampuan arus 120 ampere. Rangkaian pengatur dan stabilitas tegangan dibuat atau dibangun dari IC LM 723. IC ini jenis IC regulator adalah variabel dimana tegangan regulasi dapat kita ubah-ubah sesuai dengan tegangan yang kita inginkan. IC ini bekerja pada kisaran tegangan 0-30 Volt. Dengan artian kita dapat merubah tegangan regulasi sesuai dengan yang kita inginkan yaitu dari tegangan 0 - 30 Volt. Dibawah ini divisualisasikan gambar perancangan box dari regulator (lihat Gambar 5 s/d 7).

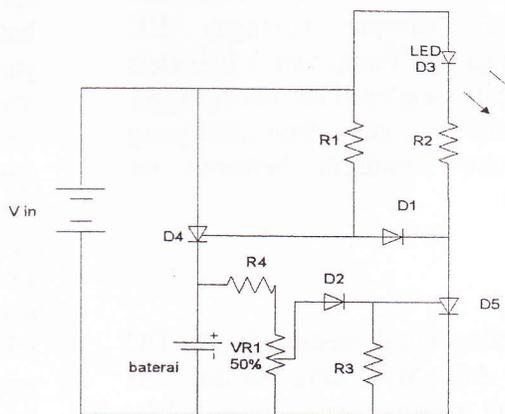
PERANCANGAN BATERAI

Baterai yang digunakan adalah baterai 12 Volt 150 Ah, kemampuan baterai akan menurun jika terus menerus atau lama digunakan, maka digunakan suatu rangkaian pengisian yang dapat bekerja secara otomatis. Dibawah ini gambar rangkaian pengisian yang sederhana dengan cara kerja otomatis (lihat Gambar 8).



Gambar 4 Rangkaian Regulator

Rangkaian ini berfungsi untuk meregulasi tegangan dari sel surya. Dengan menggunakan dioda pada terminal input tegangan dari sel surya yang berfungsi untuk melindungi sel surya dari arus yang mengalir dari baterai ke sel surya. Apabila baterai



Gambar 8 Rangkaian sederhana pengisian otomatis



Untuk pengaturan awal rangkaian ini cukup memutar potensiometer hingga led indikator dalam keadaan mati dan arus yang mengalir memasuki sumber SCR tidak terlalu besar. Jika baterai sudah terisi penuh maka led indikator akan menyala secara otomatis. Pada rangkaian memanfaatkan kenaikan tegangan pada baterai untuk memberi *trigger* pada komponen *switching* pemutus pengisian rangkaian.

bertujuan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh regulator tersebut.

Tabel 1 Hasil pengujian tanpa beban

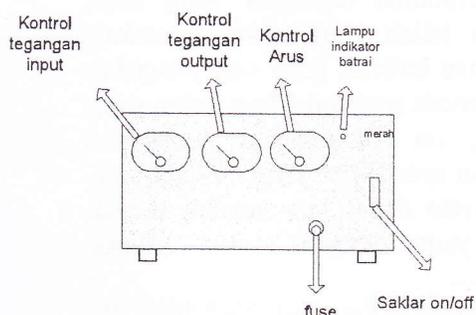
Tegangan panel (volt)	Tegangan regulator (volt)
17.50	13.80
17.89	13.80
18.05	13.80
18.70	13.80
19.50	13.80
20.00	13.80
20.50	13.80
21.00	13.80
21.50	13.80
22.00	13.80

PENGUJIAN

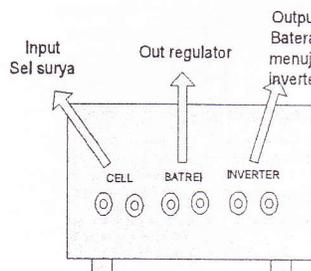
Pengujian dilakukan setelah rangkaian regulator dilakukan dengan dua tahap yaitu pada saat tanpa beban dan pada saat berbeban.

Pengujian Tanpa Beban

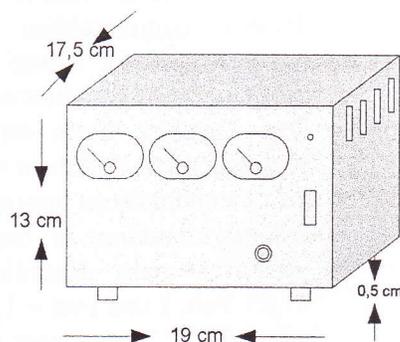
Pengujian dilakukan pada saat rangkaian tidak terpasang pada beban, dibawah ini tabel hasil pengujian tanpa beban. Pengujian ini



Gambar 5 Box tampak depan



Gambar 6 Box tampak belakang



Gambar 7 Box regulator

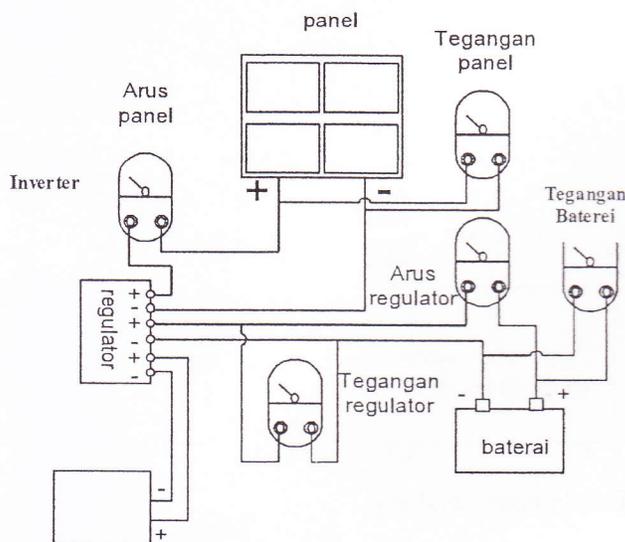


Pengujian Berbeban

Pengujian ini adalah pengujian dimana rangkaian dihubungkan ke beban, pada pengujian ini beban yang dipergunakan adalah baterai (seperti pada gambar 10).

Hasil Pengujian

Pada proses pengisian baterai pada gambar 10, dapat kita lihat tegangan dari sel surya berubah-ubah tergantung dari cuaca dan tegangan dari regulator untuk pengisian baterai di atur konstan sebesar 13,8 Volt. Apabila baterai penuh maka rangkaian pengisian baterai akan meng *cut off* pengisian. Hasil pengujian dilakukan dengan cara mengukur pada tiap-tiap blok rangkaian dibawah ini.



Gambar 9 Pengujian Alat

Pada tabel terlihat perubahan tegangan yang disimpan oleh sel surya, tegangan dihasilkan tergantung dengan cuaca. Apabila cuaca cerah maka tegangan yang dihasilkan akan besar, dan apabila cuaca mendung maka tegangan yang dihasilkan akan turun. Tegangan ini akan diregulasi terlebih dahulu sebelum masuk ke baterai, agar tegangan yang dihasilkan stabil. Kemudian tegangan yang telah diregulasikan inilah yang akan

digunakan untuk pengisian baterai, pada saat pengisian dilakukan ternyata membutuhkan waktu yang cukup lama, ini dikarenakan pemakaian baterai dengan spesifikasi yang cukup besar.

Pada Tabel 2 diatas terlihat perubahan tegangan yang disimpan oleh sel surya, tegangan dihasilkan tergantung dengan cuaca. Apabila cuaca cerah maka tegangan yang dihasilkan akan besar, dan apabila cuaca mendung maka tegangan yang dihasilkan akan turun. Tegangan ini akan diregulasi terlebih dahulu sebelum masuk ke baterai agar tegangan yang dihasilkan stabil. Pengukuran yang pertama dilakukan adalah tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sel surya kemudian dilanjutkan dengan mengukur tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian regulator setelah diregulasikan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian regulator bisa dikatakan stabil, yaitu berkisar 13 Volt. Kemudian tegangan yang telah diregulasikan inilah yang akan digunakan untuk pengisian baterai, pada saat pengisian dilakukan ternyata membutuhkan waktu yang cukup lama, ini dikarenakan pemakaian baterai dengan spesifikasi yang cukup besar. Dari data diatas dapat kita ketahui persen regulasinya yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Regulasi Tegangan} = (V_{NL} - V_{FL}) / V_{FL} * 100\% \quad (1)$$

Hasil perhitungan persen regulasi dapat dilihat pada Tabel 2. Dan dapat juga diketahui besar rata-rata persen regulasi dengan menjumlahkan hasil perhitungan regulasi perhari dibagi dengan 10 jam pengujian, nilainya didapat 0,028%.

Dari Tabel 3 diatas dapat kita cari besar tegangan, arus dan daya rata-ratanya dengan cara menjumlahkan masing-masing data yang didapat kemudian di bagi dengan 10 jam pengujian maka dihasilkan: V rata-rata = 17,93 Volt, I rata-rata = 1,53 Ampere, P rata-rata = 27,59 Watt. Dapat diketahui juga daya yang dihasilkan setelah melewati regulator hasilnya adalah pada tabel dibawah ini.



Tabel 3 hasil perhitungan daya yang disuplai pada waktu pengisian baterai (Hari Senin 14 Feb 2011)

Jam	Tegangan panel (Volt)	Arus panel (Ampere)	Daya yang Disuplai pada waktu pengisian baterai (Watt)
08.00	15.97	1.43	22.83
09.00	18.93	1.73	32.74
10.00	17.75	1.77	31.41
11.00	18.48	1.59	29.38
12.00	18.84	1.40	26.37
13.00	17.90	1.14	20.40
14.00	18.54	1.43	26.51
15.00	18.22	1.73	31.52
16.00	17.89	1.72	30.77
17.00	16.78	1.43	23.99

Tabel 4 hasil perhitungan daya yang dihasilkan setelah melewati regulator (hari senin 14 Feb 2011)

Jam	Tegangan regulator (Volt)	Arus regulator (Ampere)	daya yang dihasilkan regulator (Watt)
08.00	13.40	1.35	18.09
09.00	13.35	1.49	19.89
10.00	13.36	1.45	19.37
11.00	13.40	1.23	16.48
12.00	13.45	1.07	14.39
13.00	13.49	1.03	13.89
14.00	13.43	0.99	13.29
15.00	13.38	1.41	18.86
16.00	13.37	1.43	19.11
17.00	13.43	1.19	15.98

Kemudian efisiensi generator adalah sebesar:

$$\text{Efisiensi regulator} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% =$$

$$\frac{16,93}{27,59} \times 100\% = 61,36\%$$

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan regulator untuk PLTS ini maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Regulator untuk PLTS ini berfungsi mengontrol dan menstabilkan tegangan menuju baterai sebesar 13,8 Volt.
2. Dari data pengujian alat yang telah dilakukan maka dapat kita ambil nilai rata-

rata persen regulasi yang dihasilkan yaitu 0,028 %.

3. Efisiensi regulator yang telah digunakan sebesar 61,36%

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terselenggara atas DIPA UR Berbasis Lab tahun 2011. Kami mengucapkan terimakasih kepada UR atas pemberian dana penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

1. Malvino, AP, "Prinsip-prinsip Elektronika" Jilid 2, Edisi Ketiga, diterjemahkan oleh M. Barmawi dan M.O. Tjia, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
2. Barry W, "Elektronika Praktis", PT. Pradnya paramita, Jakarta, 2003.
3. Brooks, David. 2007. *Measuring Sunlight at Earth's Surface: Build Your Own Pyranometer. Institute for Earth Science Research and Education.* URL: <http://www.pages.drexel.edu> (Akses: 05 Februari 2009);
4. Corinne.R. W., et.al. 2009. *Environmental Metrics for Solar Energy. University of California at Berkeley, Laboratory for Manufacturing and Sustainability, Berkeley.* URL: <http://www.pages.drexel.edu> (Akses: 05 Februari 2009);
5. URL: <http://www.energi.lipi.go.id>. Aplikasi Hybrid Tenaga Surya. (Akses: 05 Februari 2009);
6. URL: <http://www.riaprovince.com/MapOfRiau.htm> (Akses: 05 Februari 2009).



Tabel 2 Hasil Pengujian Rangkaian

Hari tgl	Waktu WIB	Tegangan Baterai (V)	Intensitas Cahaya (cd)	Temperatur Panel (°C)	Tegangan Panel (V)	Arus Panel (A)	Tegangan Regulator (V)	Arus Regulator (A)	% Regulasi
Senin 14 Feb 2011	08.00	12,14	063 x 100	22 ⁰ C	15,97	1,43	13,40	1,35	0,029
	09.00	12,19	120 x 100	24 ⁰ C	18,93	1,73	13,35	1,49	0,033
	10.00	12,42	213 x 100	26 ⁰ C	17,75	1,77	13,36	1,45	0,032
	11.00	12,48	266 x 100	30 ⁰ C	18,48	1,59	13,40	1,23	0,029
	12.00	12,49	847 x 100	42 ⁰ C	18,84	1,40	13,45	1,07	0,026
	13.00	12,50	218 x 100	36 ⁰ C	17,90	1,14	13,49	1,03	0,022
	14.00	12,51	666 x 100	52 ⁰ C	18,54	1,43	13,43	0,99	0,027
	15.00	12,53	475 x 100	42 ⁰ C	18,22	1,73	13,38	1,41	0,031
	16.00	12,54	275 x 100	34 ⁰ C	17,89	1,72	13,37	1,43	0,032
	17.00	12,55	123 x 100	30 ⁰ C	16,78	1,43	13,43	1,19	0,027
Minggu 27 Feb 2011	08.00	12,20	100 x 100	24 ⁰ C	16,07	1,43	13,39	1,32	0,030
	09.00	12,25	250 x 100	28 ⁰ C	18,15	1,66	13,40	1,25	0,029
	10.00	12,47	215 x 100	30 ⁰ C	18,45	1,78	13,46	1,35	0,025
	11.00	12,55	475 x 100	40 ⁰ C	18,48	1,60	13,40	1,27	0,029
	12.00	12,57	777 x 100	46 ⁰ C	18,94	1,40	13,45	1,19	0,026
	13.00	12,59	356 x 100	38 ⁰ C	17,90	1,24	13,49	1,13	0,022
	14.00	12,60	843 x 100	48 ⁰ C	18,95	1,49	13,38	1,39	0,031
	15.00	12,61	565 x 100	46 ⁰ C	18,22	1,63	13,48	1,21	0,023
	16.00	12,62	278 x 100	38 ⁰ C	17,99	1,71	13,47	1,23	0,024
17.00	12,63	211 x 100	30 ⁰ C	16,79	1,42	13,43	1,18	0,027	
Minggu 6 Maret 2011	08.00	12,55	164 x 100	24 ⁰ C	16,66	1,39	13,45	1,22	0,026
	09.00	12,60	120 x 100	26 ⁰ C	17,93	1,73	13,43	1,19	0,027
	10.00	12,73	375 x 100	30 ⁰ C	17,85	1,67	13,46	1,25	0,025
	11.00	12,74	466 x 100	38 ⁰ C	18,78	1,49	13,40	1,23	0,022
	12.00	12,75	747 x 100	46 ⁰ C	18,84	1,50	13,35	1,17	0,033
	13.00	12,76	318 x 100	44 ⁰ C	17,95	1,19	13,44	1,13	0,026
	14.00	12,77	855 x 100	50 ⁰ C	18,56	1,45	13,42	1,29	0,028
	15.00	12,78	495 x 100	48 ⁰ C	18,32	1,73	13,37	1,41	0,032
	16.00	12,79	375 x 100	37 ⁰ C	17,99	1,69	13,35	1,45	0,033
17.00	12,80	193 x 100	34 ⁰ C	16,66	1,53	13,47	1,20	0,024	

