



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : FITRA RAHMAT INDYANTO
NIM : 105060300111011 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK
JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN ALAT DISTILASI AIR LAUT TENAGA *HYBRID* UNTUK PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR TAWAR BAGI WARGA PESISIR PANTAI

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc
NIP. 19680122 199512 2 001

Eka Maulana, ST., MT., M.Eng
NIP. 841130 06 1 1 0280

**PERANCANGAN ALAT DISTILASI AIR LAUT TENAGA *HYBRID* UNTUK
PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR TAWAR BAGI WARGA PESISIR PANTAI**

MAKALAH SEMINAR HASIL

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

FITRA RAHMAT INDYANTO

NIM. 105060300111011 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

PERANCANGAN ALAT DISTILASI AIR LAUT TENAGA *HYBRID* UNTUK PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR TAWAR BAGI WARGA PESISIR PANTAI

Fitra Rahmat Indyanto, Rini Nur Hasanah, Eka Maulana

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : fitraahmatindyanto@gmail.com

Abstrak—Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang sangat miskin akan ketersediaan sumber air tawar. Air laut kurang dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari karena mempunyai kesadahan yang tinggi. Di Indonesia, lama waktu ketersediaan radiasi (waktu matahari bersinar) dalam setahun juga hampir sama, yaitu rata-rata sekitar 12 jam sehari. Energi dari matahari ini dimanfaatkan untuk menguapkan air laut pada proses distilasi, dimana air tawar bisa didapat dari uap air laut yang mengembun. Pada penelitian ini, energi dari matahari tidak hanya digunakan untuk memanaskan air laut yang ada didalam wadah atau disebut sebagai rumah *evaporator*, namun juga untuk memberikan tenaga pada *solar cell* yang nantinya menghasilkan daya untuk mengisi *Accu*, Sistem ini disebut sebagai sistem *hybrid*. Tegangan keluaran *solar cell* dirasakan oleh sensor tegangan yang akan menjadi masukan *cuk converter*. *Cuk converter* digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran *solar cell* menjadi 15 volt. *Accu* digunakan sebagai sumber tegangan yang disambungkan ke elemen pemanas yang berfungsi sebagai *heater*. *Heater* ini akan menyala apabila panas dari matahari tidak mencukupi untuk proses penguapan atau suhu yang ada di dalam rumah *evaporator* tidak mencapai *set point* yang telah ditetapkan, Suhu di dalam rumah *evaporator* dirasakan oleh sensor suhu PT100 yang akan diolah oleh Mikrokontroler Arduino Uno. Sistem *on/off* pada heater menggunakan rangkaian *relay module*. Pada penelitian ini, dalam 3,5 liter air laut yang diuapkan selama 10 jam, dapat menghasilkan 1,076 liter air tawar. Dan total daya yang digunakan sebesar 184,06 Watt.

Kata Kunci—distilasi, *hybrid*, *cuk converter*, *solar cell*.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mendasar untuk menjalani segala aktivitas kehidupan di dalam masyarakat. Sumber air yang digunakan pada umumnya berasal dari air hujan, air tanah dan air sungai. Rinciannya adalah sebagai berikut, pengguna air ledeng (PAM) 16,08%, air tanah dengan menggunakan pompa 11,61%, air sumur 49,92%, mata air (air sumber) 13,92%, air sungai 4,91%, air hujan

2,62% dan lainnya 0,08%. Dari data terlihat bahwa sebagian besar masyarakat Indonesia memanfaatkan air sumur untuk memenuhi kebutuhan air dalam rumah tangga [1]. Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang sangat miskin akan ketersediaan sumber air tawar. Sumber daya air yang terdapat didaerah tersebut umumnya berkualitas buruk, misalnya air tanahnya yang payau atau asin [2].

Di Indonesia, lama waktu ketersediaan radiasi (waktu matahari bersinar) dalam setahun juga hampir sama, yaitu rata-rata sekitar 12 jam sehari. Energi dari matahari ini dimanfaatkan untuk menguapkan air laut pada proses distilasi, dimana air tawar bisa didapat dari uap air laut yang mengembun [3]. Pada penelitian ini, energi dari matahari tidak hanya digunakan untuk memanaskan air laut yang ada didalam wadah atau disebut sebagai rumah *evaporator*, namun juga untuk memberikan tenaga pada solar sel yang nantinya menghasilkan daya untuk mengisi *Accu*, sistem ini disebut sebagai sistem *hybrid*, yaitu penggabungan dua sumber daya untuk menjalankan sistem. Dua sumber daya dalam sistem ini bertujuan sebagai penghasil panas untuk proses distilasi. *Cuk converter* digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran *solar cell* menjadi 18 volt. *Accu* digunakan sebagai sumber tegangan yang disambungkan ke elemen pemanas yang berfungsi sebagai *heater*. *Heater* ini akan menyala apabila panas dari matahari tidak mencukupi untuk proses penguapan atau suhu yang ada di dalam rumah *evaporator* tidak mencapai *set point* yang telah ditetapkan, misalkan ketika mendung atau malam hari. Suhu di dalam rumah *evaporator* dirasakan oleh sensor suhu PT100 yang akan diolah oleh Mikrokontroler Arduino Uno. Penggunaan sistem *hybrid* ini bertujuan agar pemanfaatan energi matahari dapat dimaksimalkan pada proses distilasi ini..

II. SPESIFIKASI ALAT

A. Solar Cell

Energi surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai *solar cell* atau *photovoltaic cell* merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan tipe N, yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Modul *solar cell* terdiri dari beberapa sel, yang setiap selnya menghasilkan tegangan antara 0,5 volt sampai 0,6 volt. Jika 32 sampai 34 sel yang terpasang secara seri maka menghasilkan tegangan keluaran sekitar 18 volt [4]. Gambar 1. adalah

gambar *solar cell* dengan daya 50 Wp berjenis *polycrystalline*.



Gambar 1. Solar Cell 50Watt-peak

Sel surya dapat beroperasi sesuai dengan kurva karakteristik Arus-Tegangan. Terdapat 2 titik penting yaitu tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc}). *Open Circuit Voltage* (V_{oc}) merupakan tegangan maksimal yang dapat dicapai panel surya pada saat tidak ada arus. Daya pada saat V_{oc} dan I_{sc} adalah 0 watt. *Short Circuit Current* (I_{sc}) adalah arus keluaran maksimal dari panel surya pada kondisi tidak ada resistansi. *Short circuit current* dapat diukur dengan menghubungkan singkat terminal positif dan negatif dari modul panel surya

B. Accu

Accu adalah tempat penyimpanan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Di dalam standar internasional setiap satu *cell* akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt, sehingga *accu* 12 volt memiliki 6 *cell* sedangkan *accu* 24 volt memiliki 12 *cell*. Dalam penelitian ini, energi yang dihasilkan *solar cell* akan disimpan dalam tempat penyimpanan energi agar dapat digunakan apabila dibutuhkan menggunakan *accu* yang disesuaikan dengan kebutuhan beban dan lama penggunaan. Pemilihan *accu* dikarenakan mudah dalam perawatan serta memiliki kapasitas arus yang lebih besar.

C. Sensor Suhu PT100

PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. PT100 termasuk golongan RTD (*Resistance Temperature Detector*) dengan koefisien suhu positif, yang berarti nilai resistansinya naik seiring dengan naiknya suhu. Semakin panas benda tersebut semakin besar atau semakin tinggi nilai tahanan listriknya, begitu juga sebaliknya. Gambar sensor PT100 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Suhu PT100

D. Elemen Pemanas, *Inverter* dan *Relay Module*

Proses pembangkitan panas secara elektrik pada suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan elemen penghasil panas berupa material konduktor yang dapat menghantarkan panas secara konduksi, konveksi

maupun radiasi. Elemen pemanas yang digunakan membutuhkan sumber daya AC, sedangkan keluaran *accu* berupa tegangan DC sehingga dibutuhkan rangkaian *inverter* sebagai pengubah tegangan DC menjadi AC. Rangkaian ini mengubah tegangan 12 Volt DC menjadi 220 Volt AC. Untuk mengalirkan dan memutus arus, digunakan rangkaian *relay module*.

Elemen pemanas yang digunakan memiliki daya sebesar 154 Watt. Dan kapasitas *inverter* sebesar 300 Watt.

E. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega 328. Memiliki 6 pin input analog dan 13 output digital dimana 5 pin output tersebut dapat digunakan sebagai *Pulse Width Modulation* (PWM), 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Arduino Uno dapat dilihat dalam Gambar 3.

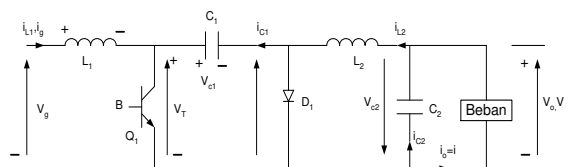
Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB.



Gambar 3. Arduino Uno

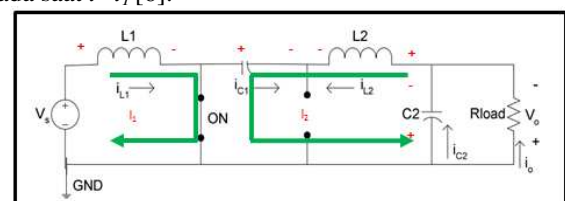
F. *Cuk Converter*

Cuk converter adalah sebuah *buck-boost converter* yang terdiri dari rangkaian *cascade boost converter* yang diikuti dengan rangkaian *buck converter* [5]. Regulator *cuk* atau *cuk converter* (Gambar 4.) merupakan konverter yang menghasilkan tegangan keluaran lebih kecil ataupun lebih besar dari tegangan masukan, akan tetapi polaritas tegangan keluaran berlawanan terhadap tegangan masukan [6]. *Cuk converter* dalam penelitian ini digunakan untuk menstabilkan tegangan yang digunakan untuk men-charge *accu* yakni berkisar sebesar 15 volt.



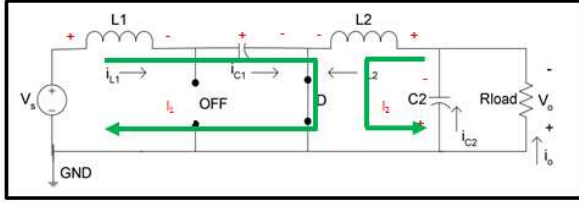
Gambar 4. Rangkaian *Cuk Converter*

Operasi rangkaian *cuk converter* terbagi menjadi dua kondisi, kondisi pertama (Gambar 5.) terjadi saat transistor Q_1 bekerja pada mode *on* (saklar menutup) pada saat $t=t_1$ [6].



Gambar 5. Rangkaian *Cuk Converter*

Kondisi kedua terjadi saat mosfet Q_1 bekerja pada mode *off* (saklar terbuka) pada saat $t=t_2$ (Gambar 6.). Kapasitor C_1 akan mengisi energi (*charge*) dari supply input sedangkan energi yang tersimpan pada L_2 dialirkan menuju ke kapasitor C_2 dan ke beban [6].



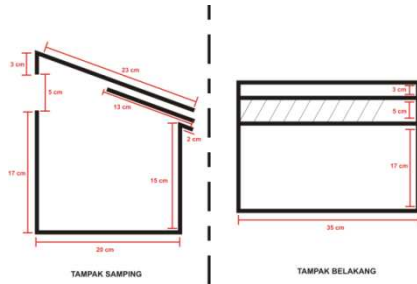
Gambar 6. Rangkaian Cuk Converter

III. PERANCANGAN MODUL

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras meliputi perancangan rumah *evaporator*, *cuk converter*, PWM *cuk converter*, RPS sensor suhu PT100. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada Arduino Uno untuk keperluan pengendalian suhu menggunakan sistem *on/off*.

A. Perancangan Rumah *Evaporator*

Konstruksi rumah *evaporator* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Konstruksi Rumah *Evaporator*

B. Parameter *Solar Cell*

Parameter *solar cell* didapatkan dari *datasheet* dan pengujian. Tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* didapatkan dari pengujian. Parameter *solar cell* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter *solar cell*

Parameter <i>Solar Cell</i>	Nilai
Maximum Power (P_{max})	50 Watt-Peak
Short Circuit Current (I_{SC})	3,12A
Maximum Power Current (I_{mpp})	2,92A
Open Circuit Voltage (V_{OC})	21,63V
Nominal Voltage (V_{mpp})	17,13V

C. Perancangan Cuk Converter

Rangkaian *Cuk converter* terdiri dari 2 buah kapasitor (C_1 dan C_2) dan 2 buah induktor (L_1 dan L_2). *Ripple* arus dan tegangan perancangan ditentukan sebesar 5%. Induktor L_1 dan L_2 didapatkan melalui persamaan:

$$\Delta I_1 = 0,05 \cdot I_{L1} = 0,05 \cdot 2,92 = 0,146A$$

$$\Delta I_1 = \frac{V_s \cdot D}{L_1 \cdot f}$$

$$L_1 = \frac{V_s \cdot D}{\Delta I_1 \cdot f}$$

$$L_1 = \frac{17,13 \cdot 1}{0,146 \cdot 50000} = 2,35mH$$

$$\Delta I_2 = 0,05 \cdot I_{L2} = 0,05 \cdot 3 = 0,15A$$

$$L_2 = \frac{17,13 \cdot 1}{0,15 \cdot 50000} = 2,28mH$$

Kapasitor C_1 dan C_2 didapatkan melalui persamaan:

$$\Delta V_{C1} = 0,05 \times 32,13 = 1,6065V$$

$$R = \frac{V_o^2}{P_o} = \frac{15^2}{50} = 4,5\Omega$$

$$\Delta V_{C1} = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot C_1 \cdot f}$$

$$C_1 = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot \Delta V_{C1} \cdot f}$$

$$C_1 = \frac{15 \cdot 1}{4,5 \cdot 1,6065 \cdot 50000} = 41,5\mu F$$

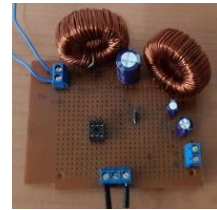
$$\Delta V_{C2} = \frac{V_s \cdot D}{8 \cdot f^2 \cdot C_2 \cdot L_2}$$

$$C_2 = \frac{V_s \cdot D}{8 \cdot f^2 \cdot \Delta V_{C2} \cdot L_2}$$

$$C_2 = \frac{V_s \cdot D}{8 \cdot f^2 \cdot \frac{\Delta V_o}{V_o} \cdot L_2}$$

$$C_2 = \frac{17,13 \cdot 1}{8 \cdot 50000^2 \cdot 0,05 \cdot (2,28 \cdot 10^{-3})} = 7,5\mu F$$

Gambar 8. menunjukkan perancangan rangkaian *cuk converter*.



Gambar 8. Rangkaian Cuk Converter

D. Perancangan PWM (*Pulse Width Modulation*) Cuk Converter

Gelombang PWM yang dihasilkan oleh *microcontroller* merupakan fitur 16-bit *Timer/Counter* 1 yang dioperasikan pada *Fast Correct PWM mode*. Frekuensi yang dibutuhkan 50kHz dengan komponen *crystal* yang terpasang pada mikrokontroler sebesar 11,0592MHz serta menggunakan *prescaler* (N) sebesar 1. Berdasarkan *datasheet* ATMEGA 32 nilai TOP pada *Fast Correct PWM mode* ditunjukkan dalam persamaan:

$$(TOP + 1) = \frac{f_{clkI/O}}{N \cdot f_{PWM}}$$

$$(TOP + 1) = \frac{11,0592 \cdot 10^6}{1 \cdot 50 \cdot 10^3}$$

$$(TOP + 1) = 221$$

$$TOP = 220$$

E. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal (RPS) Sensor PT100

RPS sensor PT100 terdiri atas 3 bagian yaitu rangkaian jembatan wheatstone, penguat, dan *low-pass filter*, dapat dilihat dalam Gambar 9.



Gambar 9. RPS PT100

Berdasarkan *datasheet* sensor PT100, maka dapat dicari fungsi persamaan resistansi PT100 terhadap perubahan suhu pada Persamaan:

$$\frac{R_{PT100} - 100}{138,5 - 100} = \frac{T - 0}{100 - 0}$$

$$\frac{R_{PT100} - 100}{38,5} = \frac{T}{100}$$

$$R_{PT100} - 100 = 0,385T$$

$$R_{PT100} = 0,385T + 100$$

- Rangkaian Jembatan *Wheatstone* Pada suhu 0° Celcius:

$$R_{pt100} = 100 + (0,385 \times 0^\circ C)$$

$$R_{pt100} = 100 \Omega$$

$$V_a = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 V$$

$$V_b = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 V$$

$$\Delta V_0 = 0 V$$

Pada suhu 100° Celcius:

$$R_{pt100} = 100 + (0,385 \times 100^\circ C)$$

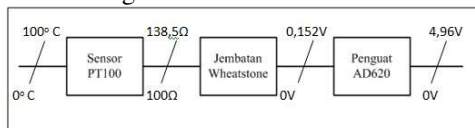
$$R_{pt100} = 138,5 \Omega$$

$$V_a = \frac{138,5}{1138,5} \times 4,94 = 0,602 V$$

$$V_b = \frac{100}{1100} \times 4,94 = 0,45 V$$

$$\Delta V_{100} = 0,152 V$$

- Penguat AD620



Gambar 10. Diagram Blok Penguatan Sinyal

Besarnya penguatan (G) yang dilakukan AD620 dihitung menggunakan Persamaan:

$$G = \frac{4,94}{\Delta V_{100} - \Delta V_0}$$

$$G = \frac{4,94}{0,152} = 33,068$$

- Rangkaian *Low-Pass Filter*

Frekuensi *cut-off* pada *low-pass filter* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$f_c = \frac{1}{2 \pi R C}$$

$$f_c = \frac{1}{(2 \pi)(1k\Omega)(100\mu F)}$$

$$f_c = 0,0628 \text{ Hz}$$

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian perangkat keras, yaitu pengujian *solar cell*, *cuk converter*, PWM (*Pulse Width Modulation*) *cuk converter*, rangkaian pengondisi sinyal PT100, dan pengujian sistem keseluruhan.

A. Pengujian *Solar Cell*

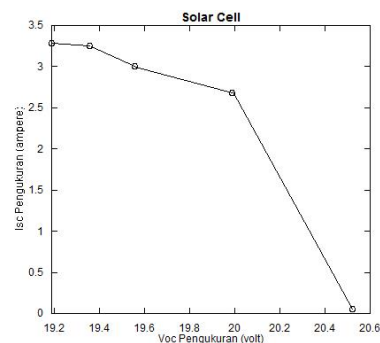
Tujuan pengujian *solar cell* untuk mengetahui arus *short circuit* (I_{SC}) dan tegangan *open circuit* (V_{OC}) yang dihasilkan *solar cell*. Pengujian dilakukan hari Sabtu, 15 Maret 2014 pada kondisi suhu lingkungan 25°C, saat 1-1.287 AM. Lokasi pengujian berada di 7.949386 LS dan 112.611912 BT. Pengujian dilakukan dengan mengukur arus *short circuit* (I_{SC}) dan tegangan *open circuit* (V_{OC}) yang dihasilkan *solar cell*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2., Tabel 3., dan Gambar 11.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Solar Cell*

Intensitas Cahaya (LUX)	I_{SC} Pengukuran (ampere)	V_{OC} Pengukuran (volt)
45300	0,049	20,52
72200	2,68	19,99
83500	3,01	19,56
93500	3,25	19,36
87400	3,28	19,19

Tabel 3. Hasil Pengujian *Solar Cell*

Parameter <i>Solar Cell</i>	Nilai Spesifikasi	Nilai Pengukuran
<i>Short Circuit Current</i> (I_{SC})	3,12A	3,28A
<i>Open Circuit Voltage</i> (V_{OC})	21,63V	20,52V



Gambar 11. Grafik Pengujian *Solar Cell*

Arus *load max* ($I_{loadmax}$) *solar cell* sebesar 2,33 ampere, sedangkan tegangan *load max* ($V_{loadmax}$) sebesar 19,12 volt. Parameter tersebut didapat pada saat intensitas matahari sebesar 93500 LUX. Sehingga,

$$FF = \frac{V_{LoadMax} \times I_{LoadMax}}{V_{OC} \times I_{OC}} \times 100\%$$

$$FF = \frac{19,12 \times 2,33}{19,36 \times 3,25} \times 100\%$$

$$FF = 71\%$$

maka daya keluaran didapat melalui persamaan:

$$P_{Out} = FF \times V_{OC} \times I_{SC}$$

$$P_{Out} = 71\% \times 3,25 \times 19,36$$

$$P_{Out} = 44,6732 \text{ Watt}$$

dengan demikian diperoleh nilai efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{44,6732}{437,5} \times 100\%$$

$$\eta = 10,21\%$$

B. Pengujian Cuk Converter

Tujuan pengujian rangkaian *cuk converter* untuk mengetahui apakah rangkaian *cuk converter* dapat mengeluarkan tegangan sesuai dengan persamaan:

$$V_o = -\frac{D}{1-D} \cdot V_s$$

Pengujian *cuk converter* menghasilkan tegangan keluaran seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Cuk Converter

Duty Cycle (%)	V_o Perhitungan (volt)	V_o Pengukuran (volt)	Selisih (volt)	Error (%)
30	-4,29	-4,83	0,54	12,70
32	-4,71	-5,20	0,49	10,50
34	-5,15	-5,46	0,31	5,99
36	-5,63	-5,88	0,26	4,53
38	-6,13	-7,12	0,99	16,17
40	-6,67	-7,73	1,06	15,95
42	-7,24	-8,22	0,98	13,51
44	-7,86	-8,73	0,87	11,11
46	-8,52	-9,82	1,30	15,28
48	-9,23	-9,89	0,66	7,14
50	-10,00	-10,51	0,51	5,10
52	-10,83	-11,87	1,04	9,57
54	-11,74	-12,57	0,83	7,08
56	-12,73	-12,88	0,15	1,20
58	-13,81	-14,03	0,22	1,60
60	-15,00	-15,22	0,22	1,47
Error Rata-rata				8,68

Pengujian rangkaian *cuk converter* menghasilkan *error* rata-rata sebesar 8,68% dan selisih tegangan antara perhitungan dan pengukuran paling besar adalah 1,3 volt.

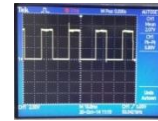
C. Pengujian PWM (Pulse Width Modulation) Cuk Converter

Tujuan pengujian PWM *cuk converter* untuk mengetahui apakah PWM yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan yaitu sebesar 50 kHz dengan nilai *duty cycle* yang bervariasi.

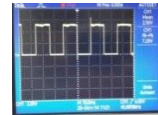
Pengujian PWM *cuk converter* menghasilkan sinyal dengan frekuensi 50kHz. Hasil pengujian PWM *cuk converter* ditunjukkan dalam Tabel 5, Gambar 11-13.

Tabel 5. Pengujian PWM Cuk Converter

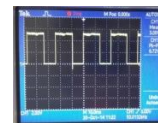
No	Duty Cycle Perhitungan (%)	Duty Cycle Pengukuran (%)	V_o (volt)	Selisih (%)	Error (%)
1	0	0	0	0	0
2	10	11,78	0,60	1,78	15,11
3	20	22,59	1,15	2,59	11,46
4	30	31,43	1,60	1,43	4,55
5	40	40,67	2,07	0,67	1,64
6	50	50,68	2,58	0,68	1,34
7	60	60,51	3,08	0,51	0,83
8	70	71,11	3,62	1,11	1,56
9	80	80,35	4,09	0,35	0,43
10	90	90,56	4,61	0,56	0,62
11	100	100	5,09	0	0
Rata-rata				0,88	3,41



Gambar 11. Hasil Pengujian Duty Cycle PWM 40%



Gambar 12. Hasil Pengujian Duty Cycle PWM 50%



Gambar 13. Hasil Pengujian Duty Cycle PWM 60%

Pengujian PWM *cuk converter* menghasilkan *error* rata-rata sebesar 3,41 % dan selisih *duty cycle* antara perhitungan dan pengukuran paling besar adalah 0,8 %.

D. Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal (RPS) Sensor PT1100

Tujuan pengujian rangkaian sensor suhu PT100 dan RPS ini adalah untuk mengetahui kemampuan pembacaan sensor terhadap perubahan suhu dengan melihat perubahan resistansi sensor suhu PT100 dan kemampuan rangkaian penguat sinyal RPS. Hasil pengujian sebelum kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 6. dan pengujian setelah kalibrasi pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu PT100 (Sebelum Kalibrasi)

No.	Suhu pembacaan termometer (°C)	Suhu pembacaan serial monitor (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	25,00	25,80	0,80	3,10
2	30,00	30,84	0,84	2,72
3	35,00	35,61	0,61	1,71
4	40,00	40,69	0,69	1,69
5	45,00	46,55	1,55	3,33
6	50,00	51,41	1,41	2,74
7	55,00	56,51	1,51	2,67
8	60,00	61,31	1,31	2,13
9	65,00	66,51	1,51	2,27
10	70,00	71,51	1,51	2,11
11	75,00	76,86	1,86	2,42
12	80,00	81,83	1,83	2,23
13	85,00	86,92	1,92	2,21
14	90,00	91,85	1,85	2,01
Rata-rata			1,37	2,38

Untuk meminimalkan *error* maka dilakukan regresi linear.

Tabel 7. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu PT100 (Setelah Kalibrasi)

No.	Suhu pembacaan termometer (°C)	Suhu pembacaan serial monitor (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	25,00	25,07	0,07	0,28
2	30,00	30,12	0,12	0,39
3	35,00	35,29	0,29	0,82
4	40,00	40,13	0,13	0,32
5	45,00	45,60	0,60	1,31
6	50,00	50,36	0,36	0,71
7	55,00	55,24	0,24	0,43
8	60,00	60,21	0,21	0,34
9	65,00	65,20	0,20	0,30
10	70,00	70,06	0,06	0,08
11	75,00	75,25	0,25	0,33
12	80,00	80,21	0,21	0,26
13	85,00	85,14	0,14	0,16
14	90,00	90,08	0,08	0,09
Rata-rata			0,21	0,42

Pengujian rangkaian sensor suhu PT100 (setelah kalibrasi) menghasilkan *error* rata-rata sebesar 0,42% dan selisih pembacaan *thermometer* dan pembacaan sensor suhu PT100 (setelah kalibrasi) paling besar adalah 0,60°C.

E. Pengujian Sistem Keseluruhan

Radiasi matahari yang mengenai rumah *evaporator* dapat dihitung dengan mengetahui luasannya. Jika luas (A) rumah *evaporator* adalah 0,07m², suhu (T) terukur sebesar 30°C, dan konstanta Stefan-Boltzmann (σ) adalah 5,67. 10⁻⁸, maka besar radiasinya:

$$Q = \sigma AT^4$$

$$Q = 5,67. 10^{-8} \times 0,07 \times (273 + 30)^4$$

$$Q = 33,4 \text{ Watt}$$

radiasi matahari yang menembus kaca bening di asumsikan senilai 90%. Sehingga,

$$Q = 33,4 \text{ Watt} \times 90\%$$

$$Q = 30,06 \text{ Watt}$$

elemen pemanas yang digunakan sebesar 154 Watt. Sehingga daya total yang digunakan adalah 184,06 Watt.

Total air tawar yang dihasilkan dalam pengujian selama 10 jam adalah 1,076 liter. Maka efisiensi yang dihasilkan dapat dihitung:

$$\eta = \frac{\text{Volume}_{input}}{\text{Volume}_{output}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,5 \text{ liter}}{1,076 \text{ liter}} \times 100\%$$

$$\eta = 30,74\% \approx 31\%$$

Berdasarkan analisis kinerja pengujian sistem secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian suhu pada alat distilasi tenaga *hybrid* dapat berjalan dengan baik. Penggunaan bantuan sistem elektrik yang terkontrol dapat meningkatkan efisiensi dari air tawar yang dihasilkan. Sistem ini dinilai layak untuk diaplikasikan pada warga pesisir.

V. KESIMPULAN DAN PROSPEK

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan perancangan dan pembuatan sistem distilasi tenaga *hybrid* ini dapat diimplementasikan dengan baik. Setelah dilakukan pengujian diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. Air tawar yang dihasilkan selama rentang waktu 10 jam dan dengan *setpoint* suhu 70°C adalah 1,076 liter dan didapatkan efisiensi hasil sebesar 30,74%
2. Daya yang diberikan matahari langsung sebesar 30,06 Watt dan Daya dari pemanas bantuan adalah 154 Watt. Sehingga total daya yang digunakan sistem adalah 184,06 Watt.
3. Efisiensi yang dihasilkan *solar cell* sebesar 10,21%. Dan *error* yang dihasilkan pada masing-masing rangkaian:
 - a. Pada rangkaian *cuk converter* menghasilkan *error* rata-rata sebesar 8,68%.
 - b. Pada PWM *cuk converter* menghasilkan *error* rata-rata sebesar 3,41%.
 - c. Pada rangkaian sensor tegangan menghasilkan *error* rata-rata sebesar 1,83%.
 - d. Pada rangkaian sensor suhu PT100 setelah kalibrasi menghasilkan *error* rata-rata sebesar 0,42%.

Penelitian ini dapat diaplikasikan pada warga pesisir pantai yang sangat kesulitan mendapatkan air tawar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Said, Nusa Idaman. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.

- [2] Tanusekar, Hangga H. 2013. *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Desalinasi Sistem Penyulingan Menggunakan Panas Matahari Dengan Pengaturan Tekanan Udara*. Skripsi Universitas Brawijaya.
- [3] Sudjito dan P. Raharja. 2001. *Prospek Aplikasi Teknologi Distilasi Air Laut Tenaga Matahari*. Jurnal Ilmu-ilmu Teknik (*Engineering*) Universitas Brawijaya Vol.13-No.2
- [4] Mukund, R. Patel. 2006. *Wind and Solar Power Systems : Design, Analysis, and Operation*. New York: Taylor & Francis Group.
- [5] Mohammed, Latifah, Norshafinash Saudin, dkk. 2012. *Cuk Converter as a LED Lamp Driver*. 2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Kota Kinabalu Sabah, Malaysia.
- [6] Mohan, Ned, Tore M. Undeland, William P. Robbins. 2003. *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*. USA: John Wiley & Sons, Inc.