

# OPTIMALISASI PEMANFAATAN *SOLAR WATER HEATER* MENGGUNAKAN SISTEM KONTROL *DISCRETE HYBRID*

Sri Utami<sup>1,a</sup> dan Rizky Kurnia<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung  
Jln Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012

<sup>a)</sup> *sri.utami@polban.ac.id*

## ABSTRAK

Energi matahari menjadi salah satu sumber energi berkelanjutan yang dapat dikonversikan menjadi panas atau energi listrik. Salah satu produk yang mengaplikasikan energi panas matahari adalah *solar water heater* (SWH). Satu permasalahan yang timbul adalah ketika intensitas matahari yang diterima tidak mencukupi untuk menaikkan nilai temperatur fluida sesuai dengan yang diinginkan oleh pengguna. Hal ini dapat mempengaruhi kepuasan pengguna disebabkan temperatur fluida yang diinginkan tidak tercapai atau lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur *set point*. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuat sebuah sistem kontrol diskrit *hybrid solar water heater* berbasis *programmable logic control* (PLC) Omron CPM2A dan sensor temperatur LM35 yang berfungsi untuk mengatur temperatur fluida dari pemanas air tenaga surya. Sistem kontrol diskrit memanaskan fluida dalam SWH didalam tangki dengan menggunakan elemen pemanas listrik. Kontrol diskrit diaplikasikan pada elemen pemanas listrik untuk mengurangi konsumsi daya dengan memvariasikan kondisi daya yang digunakan yaitu 100%, 75%, 50%, dan 25% dari total daya elemen pemanas. Pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol diskrit dengan variasi tersebut dapat menurunkan pemakaian daya sebesar 10,97% dibandingkan dengan kontrol on-off.

**Kata kunci:** kontrol diskrit, solar water heater, PLC, LM35

## PENDAHULUAN

Terdapat variasi penggunaan energi matahari dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk pemanas ruangan, pemanas air. Pemanfaatan *solar energy* untuk menghasilkan air panas atau yang biasa disebut dengan *solar water heater* (SWH) ini merupakan salah satu aplikasi yang paling populer (Bai dkk, 2012).

*Solar water heater* merupakan teknologi energi terbarukan yang digunakan untuk memanaskan air yang menghasilkan *steam* yang digunakan untuk keperluan domestik atau industri di beberapa negara dengan memanfaatkan energi solar matahari. *Solar energy* ini berupa radiasi matahari ketika mengenai permukaan yang menyerapnya akan mengubah energi tersebut menjadi panas dan kemudian digunakan untuk memanaskan fluida. Energi ini merupakan *costless energy* dan jumlahnya tidak terbatas di alam. Air panas yang dihasilkan sangat bermanfaat untuk proses pembersihan peralatan, mandi ataupun kebutuhan lain yang memerlukan air panas baik di ranah domestik atau industri (Bhasin, 2014). Penggunaan air panas untuk keperluan pada *kitchen sinks*, *showers* dan *tubes* juga telah menjadi aktivitas sehari-hari di beberapa area di Amerika (Hoeschele dkk, 2012).

Pemanas air adalah satu penyumbang permintaan energi sebesar 60-87% pada bangunan yang berlokasi di iklim dingin, dan 30-40% untuk gedung di iklim hangat (IRENA, 2015). Selain itu permintaan energi untuk pemanasan merupakan alasan utama peningkatan permintaan energi untuk keperluan residential di negara-negara berkembang. Hal ini mendorong pemanfaatan energi alternatif untuk

menghasilkan sistem pemanas air yang tidak bergantung pada bahan bakar fosil.

Namun dengan adanya pemanasan global dan efek rumah kaca yang menyebabkan meningkatnya suhu bumi sehingga berakibat pada berubahnya pola musim saat ini berakibat pula pada pemanfaatan energi matahari sebagai salah satu energi alternatif. Berubahnya pola cuaca ini berpengaruh pada kinerja *solar water heater* (SWH) sehingga menyebabkannya tidak dapat menaikkan temperatur fluida yang dihasilkan sesuai dengan keinginan. Atau fluida keluaran dapat mencapai temperatur yang diinginkan namun dengan waktu yang relatif lebih lama.

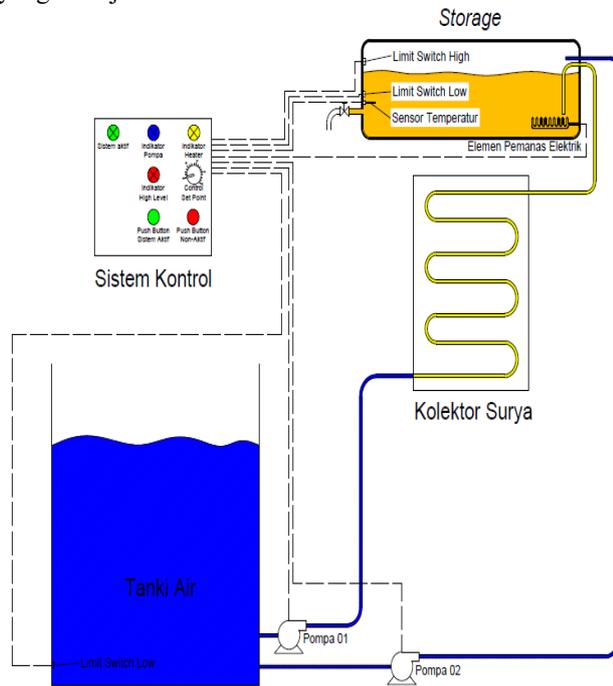
Terdapat beberapa penelitian untuk mengatasi hal tersebut antara lain yang dilakukan oleh Santoso (Santoso dkk, 2008). Dalam penelitiannya digunakan mikrokontroler untuk mengontrol temperatur air panas yang dihasilkan.

Sebuah sistem kontrol diskrit dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang muncul dan dapat mengontrol temperatur fluida yang keluar dari SWH secara otomatis untuk mencapai *set point* yang dimaksud. Selanjutnya sistem kontrol diskrit ini mengkombinasikan energi matahari dengan elemen pemanas (*hybrid*) yang bertujuan tetap menggunakan sumber energi terbarukan dan juga untuk mengurangi daya pemanas elektrik dengan penghematan penggunaan energi listrik.

## SISTEM HYBRID *SOLAR WATER HEATER*

Sistem kontrol yang dibangun merupakan sistem kontrol diskrit yang menggunakan pemanas elektrik

yang digunakan untuk mengurangi konsumsi energi dengan cara mengatur besarnya daya yang dikonsumsi oleh pemanas air dengan memperhatikan nilai temperatur yang sudah dicapai oleh air dalam solar water heater. Sensor LM35 digunakan untuk mensensing temperatur yang telah dicapai fluida di dalam SWH. Diagram sistem yang diusulkan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



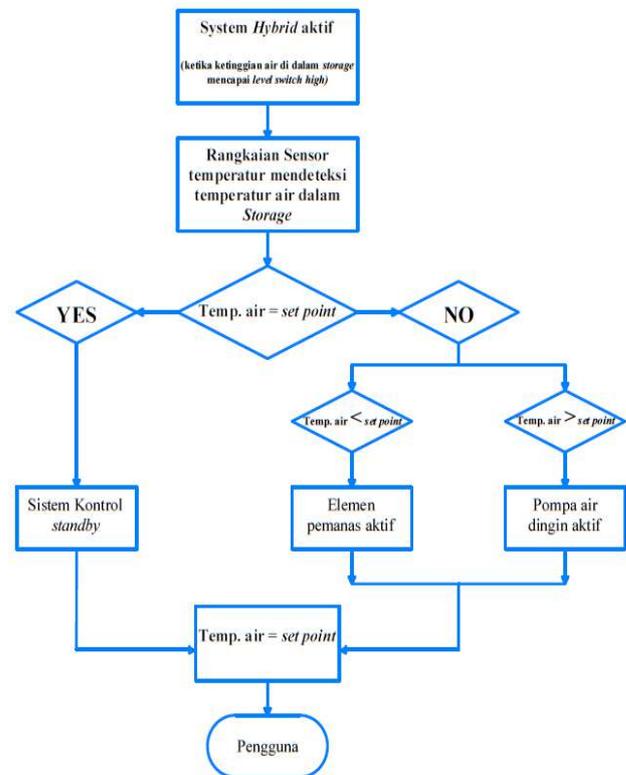
Gambar 1. Sistem kontrol diskrit yang digunakan untuk SWH

Sistem terdiri dari tangki air (sebagai sumber), kolektor surya, storage (media penyimpanan air yang telah dipanaskan oleh SWH), dan sistem kontrol. Air dari dalam tangki menuju solar water heater (kolektor surya) untuk dipanaskan dengan panas yang diserap solar kolektor. Dari solar kolektor air menuju tempat penyimpanan. Di dalam media penyimpanan ini terdapat level switch yang berguna untuk menentukan level high dan low. Level low digunakan untuk mengaktifkan suplai air dengan men-on-kan pompa dan memastikan bahwa air yang berada di dalam penyimpanan tidak sampai habis. Untuk switch dengan kondisi high mengindikasikan bahwa sistem kontrol hybrid dalam posisi aktif.

Sistem kontrol yang dibangun mengikuti alur seperti yang disajikan oleh Gambar 2. Sistem kontrol diskrit akan aktif ketika nilai level switch di dalam storage mencapai nilai high. Kondisi aktif ini secara otomatis akan meng-on-kan sensor temperatur yang berada dalam storage. Sensor LM35 akan mendeteksi apakah nilai air sudah sesuai dengan set point yang ditentukan atau belum. Jika set point sudah terpenuhi, sistem dalam keadaan standby (aktif tapi tidak melakukan apapun). Jika suhu air belum mencapai nilai set point maka sistem akan melakukan pengecekan air berada pada suhu berapa.

Jika suhu air berada di atas temperatur yang diinginkan (karena telah dipanaskan oleh solar water heater), maka sistem akan menyalakan pompa air dingin untuk memberikan tambahan air sehingga temperatur akan sesuai dengan yang ditentukan (set

point). Tetapi jika suhu air berada di bawah set point yang ditentukan, sistem akan mengindikasikan berapa suhu air dalam penyimpanan. Suhu yang terindikasi ini yang akan digunakan untuk mengaktifkan sistem dan menentukan besaran daya yang akan digunakan untuk mengaktifkan electrical heater sehingga temperatur akan mencapai set point yang sudah ditentukan.



Gambar 2. Flowchart sistem kontrol diskrit untuk solar water heater

### SOLAR WATER HEATER (SWH)

Solar water heater merupakan suatu sistem yang menggunakan kolektor surya untuk mengumpulkan panas matahari dan dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu cairan pentransfer panas yang melalui pipa-pipa kolektor dan dihantarkan pada fluida melalui pipa kolektor (Harris, 2005). SWH ini terbagi menjadi dua kategori yaitu: sistem pemanas fluida langsung dan sistem pemanas fluida tidak langsung.

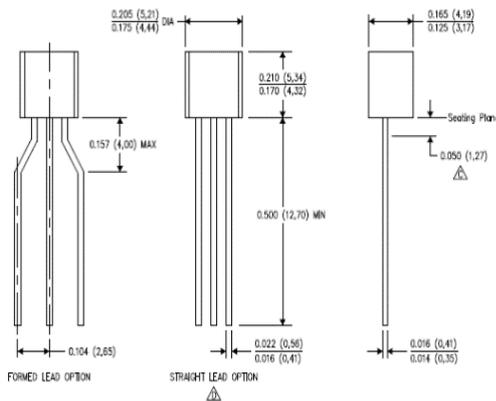
### PLC OMRON CPM2A-40CDR-A

Programmable logic control (PLC) ini memiliki masukan yang akan mengaktifkan keluaran sesuai dengan kondisi pada waktu tertentu. PLC dapat digunakan untuk pengendalian dan memiliki 120 input output. Untuk tipe CPM2A-40CDR-A ini sendiri mempunyai jumlah input output sebanyak 40.

### SENSOR TEMPERATUR LM35

LM35 merupakan sensor temperatur yang memiliki tiga pin yang masing-masing berfungsi sebagai sumber tegangan (pin 1), tegangan keluaran (pin 2) dan yang ketiga adalah ground (pin 3). Tegangan keluaran sensor ini memiliki jangkauan kerja dari 0V sampai dengan 1.5V dan tegangan operasi dari 4V sampai dengan 30 V. Output sensor akan berubah 10mV untuk

setiap derajat kenaikan suhu yang terbaca. Konfigurasi sensor seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor temperatur LM35

### CARA KERJA SISTEM

Sistem bekerja dengan mengatur arus yang memasuki elemen pemanas yang terdapat dalam *storage*. Skenario yang digunakan adalah dengan mengkondisikan empat kriteria arus yang memasuki elemen pemanas tersebut. Besarnya arus adalah 100%, 75%, 50% dan 25% dari arus yang dialirkan ke elemen pemanas.

Rangkaian yang digunakan untuk mengatur besaran arus adalah empat buah dimmer yang dirangkai dengan triac BT138 dan diac DB3 sebagai pengatur *gate*-nya. Gate ini berfungsi untuk mengaktifkan *relay* yang dikontrol oleh PLC yang menerima input dari rangkaian sensor temperatur yang mempunyai fungsi sebagai sinyal input pada rangkaian pembagi dayanya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi kontrol diskrit yang digunakan dalam sistem yang usulkan

Sensor Temperatur	Range temperatur	Nilai Daya (%)
2V	20°C - 35°C	100 (600W)
3.5V	35°C - 37°C	75 (450W)
3.7V	37°C - 39°C	50 (300W)
3.9V	39°C - set point	25 (150W)

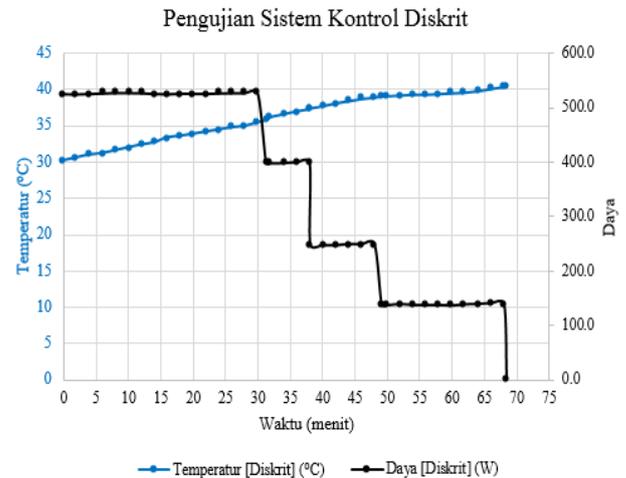
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yaitu pengujian sistem kontrol diskrit dan pengujian untuk membandingkannya dengan sistem kontrol on-off. Perbandingan dilihat dari besarnya daya yang digunakan oleh kedua buah sistem.

### PENGUJIAN KONSUMSI DAYA SISTEM KONTROL DISKRIT

Pengujian dilakukan pada pukul 11.00 dengan kondisi radiasi matahari sebesar 570W/m<sup>2</sup> dan temperatur air 26.5°C. Volume fluida yang digunakan sebanyak 35 liter dan daya pada elemen pemanas sebesar 600 W. Skenario untuk nilai daya yang

digunakan mengikuti Tabel 1. Data yang diamati adalah temperatur dalam *storage*, arus dan tegangan pada *electrical heater* setiap 2 menit sampai dengan tercapainya nilai *set point*. Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan nilai daya yang dikonsumsi oleh sistem.

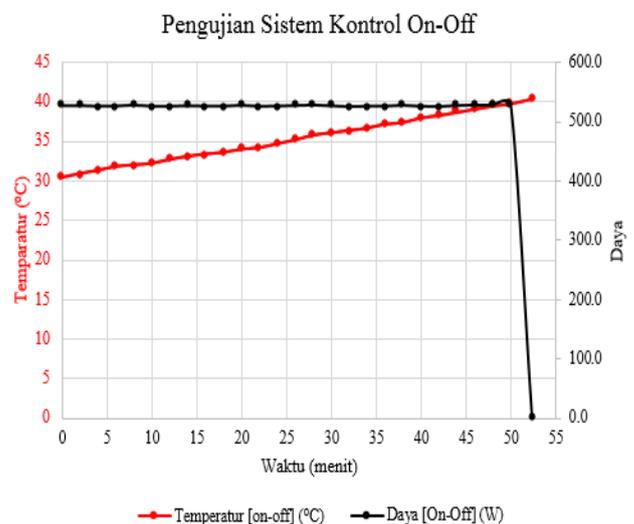


Gambar 4. Temperatur dan konsumsi daya sistem kontrol diskrit

Suhu awal air yang berasal dari tangki adalah 26.5°C, melewati kolektor surya dan suhunya menjadi 30.2°C dan mulai memasuki *storage* (kenaikan suhu di dalam SWH sebesar 3.7°C). Sehingga sistem diskrit mulai bekerja dengan suhu awal di dalam *storage* adalah 30.2°C. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara temperatur dengan konsumsi daya yang dikonsumsi *electrical heater*-nya. Ketika nilai suhu naik dari 30.2°C menjadi 35°C, daya yang dikonsumsi yang awalnya 600W (100%) menjadi berkurang dan berada pada nilai 400W (75%). Nilai daya yang dikonsumsi ini makin berkurang seiring naiknya nilai temperatur air di dalam *storage* menuju nilai *set point*-nya.

### PENGUJIAN SISTEM ON-OFF

Sistem *on-off* diuji dengan maksud akan dibandingkan dengan sistem kontrol yang diusulkan untuk mengetahui perbandingan konsumsi daya pada kedua sistem. Temperatur air awal berada pada nilai yang sama dengan sistem yang diuji sebelumnya (sistem diskrit). Hasil pengujian ditunjukkan oleh Gambar 5.



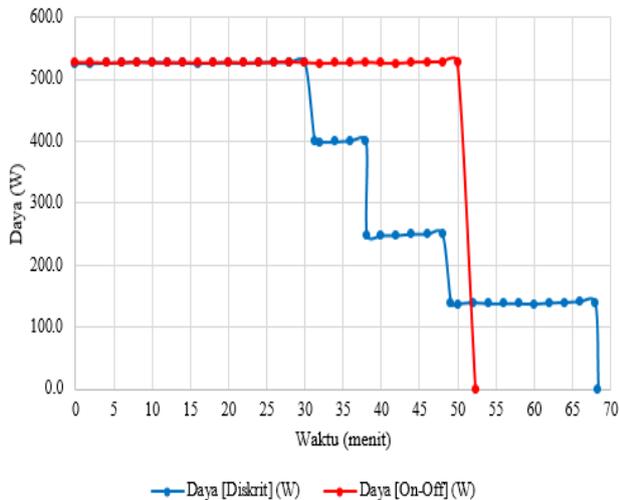
Gambar 5. Pengujian sistem kontrol on-off

Sistem *on-off* menggunakan konsumsi daya konstan untuk menaikkan nilai temperatur sampai *set point*. Nilai daya yang digunakan sama dari awal sampai tercapainya nilai *set point* yaitu sebesar 525 W. Nilai *set point* tercapai menit ke 53.

### PERBANDINGAN SISTEM YANG DIUSULKAN DENGAN KONTROL ON-OFF

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dan dibandingkan dengan sistem *on-off* untuk mengetahui konsumsi daya yang digunakan.

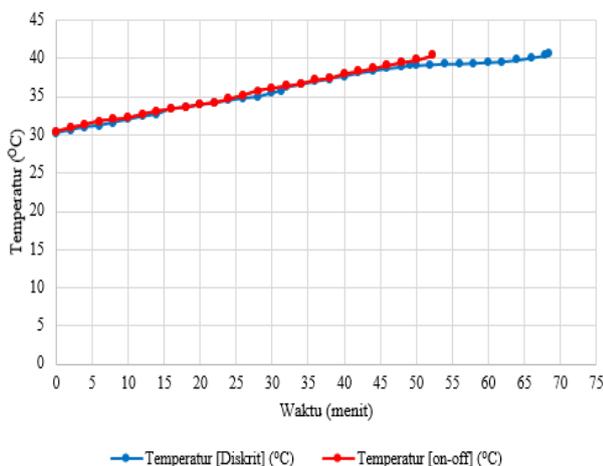
Perbandingan Konsumsi Daya



Gambar 6. Perbandingan konsumsi daya sistem diskrit dan sistem *on-off*

Dari Gambar 6 diketahui bahwa sistem kontrol diskrit dapat mengurangi konsumsi daya yang digunakan untuk mencapai nilai *set point* yang dikehendaki dengan pengaturan prosentase daya yang digunakan sesuai dengan suhu yang dicapai fluida.

Perbandingan Temperatur



Gambar 7. Perbandingan temperatur kedua sistem

Kedua sistem dapat mencapai *set point* untuk temperatur yang diinginkan. Yang membedakan kedua sistem adalah lamanya waktu yang digunakan untuk mencapai nilai *set point* yang diinginkan. Pada sistem kontrol diskrit untuk mencapai *set point* diperlukan

waktu selama 68 menit 39 detik. Sedangkan pada sistem *on-off* untuk mencapai nilai *set point* yang sama diperlukan waktu selama 52 menit 37 detik. Sehingga untuk *set point* yang sama waktu yang diperlukan lebih lama pada sistem kontrol diskrit bila dibandingkan dengan sistem *on-off*. Akan tetapi pada sistem diskrit daya yang dikonsumsi mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem *on-off*. Perbedaan daya yang digunakan ini akan semakin signifikan bila nilai temperatur awal yang digunakan (di dalam SWH) lebih tinggi yang disebabkan oleh lebih tingginya nilai radiasi matahari yang diterima. Sehingga selain daya yang dikonsumsi lebih sedikit, waktu yang digunakan untuk menuju *set point* juga lebih singkat.

### KESIMPULAN

Dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Sistem kontrol diskrit yang diajukan dapat mengurangi nilai daya yang dikonsumsi oleh *electrical heater* sebesar 10.97% dibandingkan dengan daya yang dikonsumsi oleh sistem *on-off*
2. Besarnya energi yang diperlukan oleh sistem diskrit untuk mencapai *set point* dengan nilai temperatur awal yang sama adalah sebesar 1.663 Joule dan memerlukan waktu selama 52 menit 37 detik. Kontrol diskrit yang diusulkan memerlukan 1.480 Joule dengan waktu selama 68 menit 39 detik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan teima kasih disampaikan pada Unit Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Bandung (Polban) yang telah membiayai penelitian mandiri tahun 2019 dan selalu memberi dukungan administrasi selama proses penyelesaian penelitian ini. Disampaikan terima kasih juga kepada Jurusan Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung yang selalu mendorong kegiatan penelitian yang kompetitif di lingkungan jurusan.

### REFERENSI

- Bai, Y., Chow, T. T., M'en'ezo, C., & Dupeyrat, P. (2012). Analysis of a Hybrid PV/Thermal Solar-Assisted Heat Pump System for Sports Center Water Heating Application. *International Journal of Photoenergy*, 2012, 13. doi:10.1155/2012/265838
- Bhasin, V. (2014). Performance Testing Methodology of a Hybrid Solar Water Heater-cum-room Lighting Room Heater. *MIT International Journal of Mechanical Engineering*, 4(1), 4.
- Harris, C. M. (2005). *Dictionary of Architecture & Construction*: Mc. Graw-Hill.
- Hoeschele, M., Kosar, D., Weitzel, E., Glanville, P., & Vadnal, H. H. (2012). *WATER*

*HEATING DESIGN GUIDE*. Retrieved from

IRENA, I.-E. a. (2015). *Solar Heating and Cooling for Residential Applications*. Retrieved from

Santoso, B. H., Rahardjo, A. H., Wulung, A., & Suwidodo. (2008). Pembuatan Solar Collector Sistem Siklus Terbuka Dengan Alat Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8583. *Teknik Energi*.