

ANALISIS TERMAL KOLEKTOR SURYA TIPE PLAT DATAR DENGAN FLUIDA KERJA ETANOL 96% PADA SISTEM SOLAR WATER HEATER

Rianda, Nurrohman, Hablinur Al-Kindi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: riandaleonardo@gmail.com

Abstrak--Optimasi penggunaan energi matahari perlu ditingkatkan, salah satunya dengan menggunakan kolektor surya. Panas yang diterima digunakan sebagai sumber kalor untuk memanaskan etanol 96% sebagai fluida kerja pada sistem solar water heater (SWH). Kegiatan penelitian diawali dengan desain, kontruksi, dan pengujian termal kolektor surya tipe plat datar. tujuan penelitian makalah adalah untuk menentukan energi yang diperoleh oleh fluida kerja secara optimal pada kolektor surya tipe plat datar berdasarkan perubahan debit dan pemasangan batu-batu kerikil yang disusun secara teratur dan merata diatas permukaan plat absorber untuk memperluas permukaan dan meningkatkan temperatur dalam kolektor surya serta menentukan pengaruh penggunaan dua cermin datar terhadap energi berguna pada kolektor surya tipe plat datar secara eksperimen. Analisis termal ini dilakukan untuk memanfaatkan potensi radiasi matahari yang bisa mencapai 5,2 kWh/m² sebagai media pemanas fluida kerja yaitu etanol 96% merupakan langkah awal penelitian. Kolektor surya tipe plat datar yang digunakan memiliki geometri panjang 1m, lebar 0,5 m, tinggi 0,18 m, kolektor surya dilapisi dua bahan yang berbeda yaitu polistirena foam dengan tebal 0,02 m dan armaflex dengan tebal 0,02 m. Pengambilan data dilakukan dengan sesuai variasi. Pengukuran besaran radiasi dan temperatur didalam box kolektor surya, temperatur pada satu kaca penutup, temperatur plat absorber, temperatur lingkungan, temperatur masuk etanol 96%, temperatur keluar etanol 96% dan kecepatan angin. Pengambilan radiasi matahari menggunakan kamera termal dan lux meter, temperatur menggunakan thermocouple tipe K, kecepatan angin menggunakan environment meter, dan debit menggunakan flow monitor. Hasil dari penelitian ini adalah temperatur capaian maksimum terjadi ketika debit maksimal 2.0 lpm, dengan batu kerikil pada plat absorber dan sudut reflektor 0°.

Kata kunci: optimasi, analisis termal, kolektor surya

Abstract--Optimization of solar energy use needs to be improved, one of them by using solar collector. The heat received is used as a heat source to heat 96% ethanol as a working fluid on a solar water heater (SWH) system. Research activities begin with the design, construction, and thermal testing of flat plate type solar collectors. the purpose of the research paper is to determine the energy obtained by the working fluid optimally in the flat plate solar collector based on the change of discharge and the installation of gravel stones arranged regularly and evenly over the surface of the absorber plate to expand the surface and increase the temperature in the solar collector and determine the effect of the use of two flat mirrors against the useful energy in the flat plate solar collector experimentally. This thermal analysis is conducted to exploit the potential of solar radiation that can reach 5.2 kWh / m² as a working fluid heating medium that is 96% ethanol is the first step of research. The flat plate type solar collector used has a 1m long geometry, 0.5 m wide, 0.18 m high, solar collector coated with two different materials: polystyrene foam with 0.02m thick and armaflex with 0.02m thick. The data collection is done by variation. Measurement of radiation and temperature quantities in the solar collector box, temperature on one cover glass, absorber plate temperature, ambient temperature, 96% ethanol entry temperature, 96% ethanol exit temperature and wind speed. Taking solar radiation using thermal and lux meter cameras, temperature using K type thermocouple, wind speed using environment meter, and discharge using flow monitor. The result of this research is the maximum performance temperature occurs when the maximum discharge is 2.0 lpm, with pebbles on the absorber plate and the reflector angle 0°.

Keywords: optimization, thermal analysis, solar collector

1. PENDAHULUAN

Sumber energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara semakin terbatas dan berdampak serius terhadap polusi udara dan pemanasan global [1] dan salah satu cara menanggulanginya dengan penggunaan sumber energi terbarukan seperti pemakaian panas buang (*thermal waste*). Penelitian dan pengembangan potensi ini di

indonesia telah banyak dilakukan salah satunya oleh denny widhiyanirawan,dkk. serta warjito, dkk. dimana potensi angin di indonesia mencapai 2 m/s hingga 4.16 m/s [2,3]. potensi sumber energi panas bumi sebesar 28.112 Mw e[4] yang terbesar di dunia. Demikian juga dengan potensi energi matahari cukup besar dimana intensitas radiasi di Indonesia bagian timur sekitar 5,1 kWh/m² dan

bagian barat sekitar 4.5 kWh/m^2 dengan rata-rata 4.8 kWh/m^2 [5,6]. salah satu pemanfaatan energi matahari adalah sebagai pemanas air, teknologi yang banyak dikembangkan untuk pemanfaatan energi matahari sebagai pemanas air adalah dengan teknologi kolektor surya tipe plat datar [7]. Kolektor surya tipe plat datar dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan pemanfaatan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa plat absorber pada kolektor surya, sebagai cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut akan dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna sebagai aplikasi [8].

Beberapa variasi penelitian yang terkait dengan sistem *solar water heater* untuk tingkat eksperimental hingga saat ini *solar water heater* dengan fluida kerja kerja etanol dengan pemanas dari kolektor surya tipe plat datar belum pernah dilakukan oleh peneliti lainnya. Pada dasarnya etanol memiliki nilai C_p yang lebih kecil ketimbang air dan pada tempat pengambilan data yaitu di wilayah bogor memiliki intensitas matahari yang fluktuatif oleh sebab itu etanol dipilih sebagai fluida kerja pada penelitian ini, agar mendapatkan nilai dari selisih temperatur maksimum dan ini merupakan langkah awal penelitian untuk mencari variasi yang tepat pada kolektor surya tipe plat datar dengan sistem *solar water heater* di wilayah bogor.

Penelitian ini juga dilakukan untuk mengatahui pengaruh debit terhadap kolektor surya tipe plat datar dengan menggunakan cermin datar sebagai reflektor yang bertujuan untuk meningkatkan fluks kalor yang diserap absorber dan meningkatkan energi berguna kolektor [9] berdasarkan hasil studi literatur, penelitian ini menggunakan Reflektor pada sudut Reflektor 0° dan 80° . Dilakukan juga variasi batu kerikil pada permukaan plat absorber untuk mencari metode tambahan yang efektif untuk digunakan dengan penambahan komponen batu kerikil pada bagian permukaan plat absorber yang terbuat dari alumunium. Ukuran batu-batu kerikil dipilih yang relatif sama, Tujuannya untuk memperluas permukaan dan meningkatkan temperatur dalam kolektor surya, karena bentuk permukaan batu tidak teratur yang mengakibatkan efek pantulan berganda terhadap sinar matahari [10]. kolektor surya tipe plat datar dalam analisis termal ini menggunakan satu kaca penutup dan sudut kemiringan kolektor surya adalah 20° .

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Matahari dan Pemanfaatannya

Radiasi matahari yang terpancar dari matahari dapat menembus ruang antar planet sehingga

menyebabkan fluktuasi dan komposisi kimia planet-planet dalam matahari. Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari.

Menggunakan energi pada dasarnya memanfaatkan efek perpindahan energi. Ada dua jenis perpindahan energi, yakni kerja (*work*) dan perpindahan panas (*heat transfer*). Sistem kerja dipicu oleh perbedaan potensi mekanik atau elektrik, dan perpindahan panas dipicu oleh perbedaan temperatur. energi (sinar) matahari paling unggul di sisi jumlah/cadangan energi dan faktor lingkungan, namun masih bermasalah dalam hal kerapatan energi. Diperlukan riset yang lebih dalam untuk menghasilkan alat konversi energi sinar matahari dengan efisiensi tinggi [8].

2.2 Pemanas Tenaga Surya

Pemanas tenaga surya atau *solar heater* adalah alat pengumpul panas dari energi matahari yang digunakan untuk memanaskan fluida. Pemanas ini menggunakan kolektor surya sebagai komponen utamanya. Menurut *Duffie & Beckman* pada alat penukar kalor yang mengubah energi radiasi menjadi panas. Menurut standard *ASHRAE* definisi kolektor surya adalah alat yang didesain untuk menyerap radiasi matahari dan mentransfer energi tersebut yang melaluiinya.

Diditnaju dari jenis solar collector, pemanas air tenaga surya ini memiliki berbagai jenis antara *flat plate collector*, *evacuated tube collector*, dan *compound parabolic collector* [8].

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bersuhu tinggi ke benda atau material yang bersuhu rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Kesetimbangan panas terjadi jika panas dari sumber panas sama dengan jumlah panas benda yang dipanaskan dengan panas yang disebarluaskan oleh benda tersebut ke medium sekitarnya. Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu:

- Konduksi
- Konveksi
- Radiasi.

2.4 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas dari suatu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Perpindahan panas secara konduksi dapat berlangsung pada benda padat, umumnya logam. dengan persamaan konduksi:

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.1)$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)

k = Konduktivitas termal (W/m°C)

A = Luas penampang (m^2)

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = Gradien suhu, yaitu laju perubahan suhu T dalam arah aliran x (°C)

Tanda minus (-) menunjukkan arah perpindahan panas terjadi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah.

2.5 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas oleh gerakan massa pada fluida dari suatu daerah ruang ke daerah lainnya. Perpindahan panas konveksi merupakan mekanisme perpindahan panas antara permukaan benda padat dengan fluida, persamaan konveksi adalah:

$$q = h \cdot A (T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)
h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m² °C)
A = Luas permukaan (m²)
 T_w = Suhu dinding (°C)
 T_∞ = Suhu fluida (°C)

2.6 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas tanpa memerlukan zat perantara (*medium*) tetapi dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Sebagai contoh, perpindahan panas dari matahari ke bumi. Panas dari matahari tidak dapat mengalir melalui atmosfer bumi secara konduksi karena antara bumi dan matahari adalah hampa udara. Panas matahari tidak dapat sampai ke bumi melalui proses konveksi karena konveksi juga harus melalui pemanasan bumi terlebih dahulu. Jadi walaupun antara bumi dan matahari merupakan ruang hampa, panas matahari tetap sampai ke bumi melalui perpindahan panas secara radiasi. Besarnya laju perpindahan panas secara radiasi adalah:

$$q_r = e \cdot \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

Dimana:

qr = Laju perpindahan panas (W)
e = Emisivitas benda yang terkena radiasi (0 < e < 1)
 σ = Konstanta Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^8$ (W/m²)
A = Luas permukaan (m²)
 T_1 = Suhu lingkungan (°C)
 T_2 = Suhu benda (°C)

2.7 Menghitung Besar Laju Energi Panas yang Diterima oleh Aliran Fluida

Laju aliran energi yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

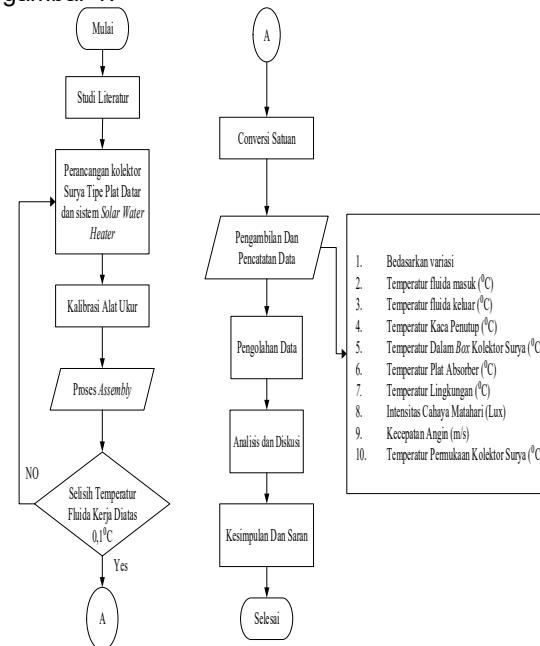
$$Qu = m \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) \quad (2.4)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju aliran massa fluida dingin (kg/s)
 T_i = Temperatur aliran fluida dingin masuk (°C)
 T_o = Temperatur aliran fluida dingin keluar (°C)
 C_p = Kalor spesifik pada tekanan konstan (kJ/kg °C)

3. METODE PENELITIAN

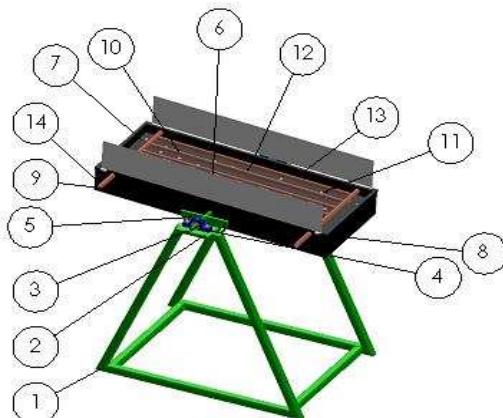
Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode analisis dimana hasil yang diperoleh adalah hasil data pengukuran perubahan temperatur yang terjadi pada komponen komponen dari kolektor surya dan mencatat hasil dari temperatur permukaan kolektor surya, radiasi matahari, kecepatan angin. Selanjutnya hasil pengukuran tersebut dihitung menggunakan persamaan, dan dibuat grafik-grafik hasil perhitungan dan pengukuran untuk mengetahui pola perubahan temperatur dan memperoleh optimasi dari kolektor surya yang digunakan. Diagram alir pada penelitian ini digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengambilan data analisis termal

3.1 Fasilitas Eksperimen Analisis Termal

Fasilitas eksperimen analisis termal yang digunakan berupa kolektor surya tipe plat datar dengan geometri panjang 1 m, lebar 0,5 m, tinggi 0,18 m. Kolektor surya dilapisi dua bahan yang berbeda yaitu *polistirena foam* dengan tebal 0,02 m dan *armaflex* dengan tebal 0,02 m, kolektor surya tipe plat juga terdiri dari bagian utama, plat absorber, pipa cairan dan header tembaga, kaca penutup bening dan isolator termal seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kontruksi purwarupa (*prototype*) kolektor surya tipe plat datar

Kontruksi purwarupa (*prototype*) solar kolektor yang digunakan adalah pengembangan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh prof. Ir.sudjipto, Ph.D, tentang pengaruh batu kerikil pada permukaan plat absorber [10], dan budiman sudia, tentang unjuk kerja kolektor surya tipe plat datar menggunakan dua cermin datar yang difungsikan sebagai reflektor [9], kumar et al. Memberikan analisa mengenai efek reflektor plat datar pada kolektor termal pada bulan mei dan desember di delhi [11]. Dua buah reflektor dari bahan *stainless steel* agar bekerja seperti cermin dipasang untuk memaksimalkan energi matahari, seperti diperlihatkan pada gambar 2. Tabel 1 adalah keterangan nama komponen pada gambar 2.

Tabel 1. Material kolektor surya tipe plat datar

No.	Nama Bagian
1	<i>Rectangular Tube (Hollow)</i>
2	<i>Dudukan bearing</i>
3	<i>Pillow block bearing</i>
4	Poros engsel
5	Busur derajat
6	Reflektor
7	Kaca penutup
8	Engsel
9	Header pipa tembaga
10	Pipa tembaga
11	Batu kerikil
12	Plat absorber
13	<i>Polisiterin foam</i>
14	<i>Armafleks</i>

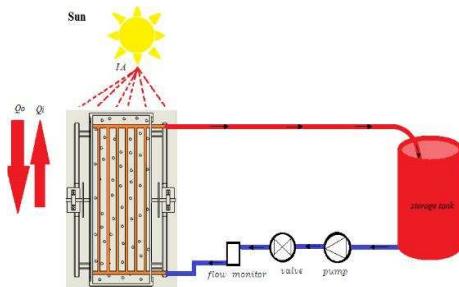
Tabel 2 adalah daftar kuantitas dan dimensi bahan yang dibutuhkan untuk membuat satu *prototype* kolektor surya tipe plat datar.

Tabel 2. Material kolektor surya tipe plat datar

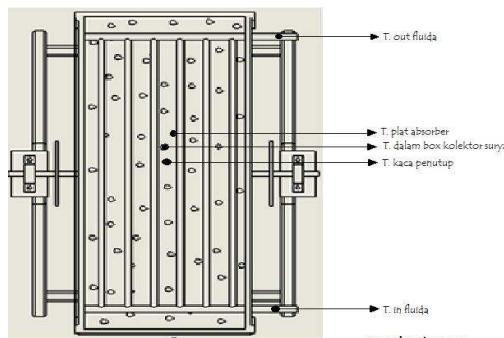
Bagian	Dimensi	Jumlah
Reflektor dan Kaca Penutup		
Reflektor SS 201	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 1 mm	2 buah
Poros engsel	P: 1 m, D: 25 mm	2 buah
Kaca penutup	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 3 mm	1 buah
Box kolektor		
A/SI 1015	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 1 mm	2 buah
Engsel	P: 108 mm, L: 76,2 mm, T: 1 mm	4 buah
Penerima		
Pipa tembaga	P: 1 m, D: 19,05 mm	6 buah
Header pipa tembaga	P: 1 m, D: 24,23 mm	2 buah
Batu kerikil	Tidak tentu	200 buah
Plat absorber Al 1100	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 5 mm	1 buah
Isolator Termal		
<i>Polisiterin foam</i>	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 20 mm	7 buah
<i>Armafleks</i>	P: 1 m, L: 0,5 m, T: 20 mm	7 buah
Dudukan Solar kolektor		
<i>Rectan. Tube (Hollow)</i>	P: 1 m (bawah), 0,2 m (atas) L: 0,7 m, T: 0,91652 m	10 buah
<i>Dudukan bearing</i>	P: 0,1 m, L: 0,17 m, T: 3 mm	4 buah
<i>Pillow block bearing</i>	P: 0,14 m, L: 0,03 m, D: 44 mm (luar), 25 mm (dalam)	2 buah
Busur derajat	P: 0,24 m, 180°	2 buah

Bagian dalam kolektor surya ditempatkan pipa-pipa tembaga yang didalamnya akan dialirkan fluida kerja yaitu etenol 96% yang temperaturnya akan mengalami kenaikan setelah melewati pipa tembaga (sisi keluar) akibat adanya penyerapan kalor akibat pancaran radiasi serta intensitas matahari dari sinar matahari yang tertangkap didalam kolektor surya. fluida kerja yaitu etanol 96% difungsikan sebagai sumber panas pada sistem *solar water heater* dan fungsi dari reflektor agar dapat meningkatkan fluks matahari dan batu kerikil yang dapat meningkatkan energi yang diperoleh oleh fluida kerja yaitu etanol 96% didalam pipa tembaga.

Adapun ukuran diameter pipa tembaga dan *header* pipa tembaga dapat dilihat pada tabel 2. Diatas dan pipa *header* tembaga bagian atas dan bawah akan dihubungkan dengan pompa air berkapasitas 10-18 liter/menit. Untuk mengatur laju aliran fluida kerja yaitu etanol 96% dengan mengatur katup dan melihat settingan debit pada *flow monitor* dengan skema kerja kolektor surya ketika pengambilan data analisis termal seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Skema aliran fluida kerja (etanol 96%)



Gambar 4. Posisi peletakan termokopel

3.2 Prosedur Eksperimen Analisis Termal

Pengambilan data eksperimen dilakukan di lingkungan Universitas Ibn Khaldun Bogor yang terletak pada $06^{\circ}33'38''$ LS dan $106^{\circ}47'32''$ BT, dengan waktu pengambilan data tanggal 4-11 Oktober 2017 dan lama waktu untuk satu pengujian dari total enam belas pengujian selama 3 jam. Dan terkadang juga waktu untuk memulai pengambilan data menyesuaikan pada cuaca untuk memaksimalkan hasil yang didapat, selang pengambilan data pengumpulan setiap 30 menit.

Pengujian pada kolektor surya tipe plat datar

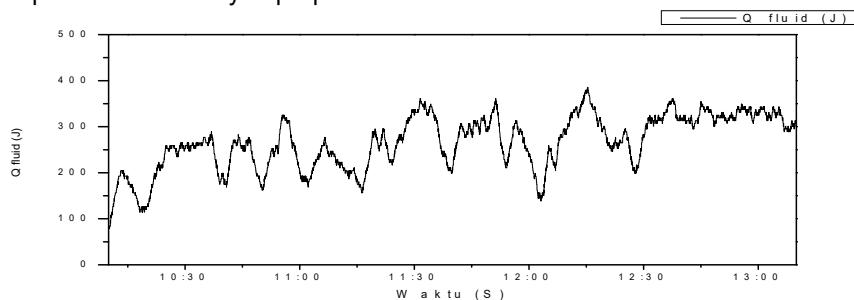
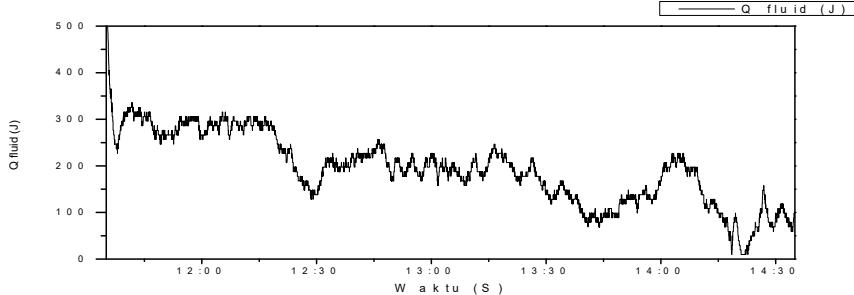
dilakukan untuk mengetahui temperatur pada masing-masing bagian dari solar kolektor, yaitu : temperatur plat absorber, temperatur dalam box kolektor surya, temperatur kaca penutup, temperatur lingkungan, temperatur pipa masuk fluida kerja etanol 96% dan temperatur pipa keluar fluida kerja etanol 96% ketika masih menggunakan sebuah solar kolektor.

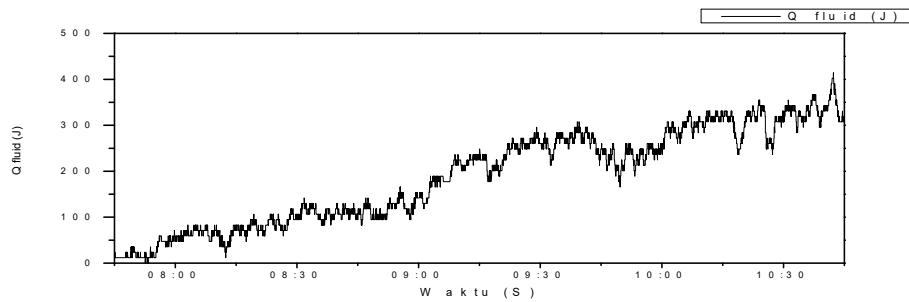
Data pengukuran diambil dengan memperhitungkan besar debit dengan cara membuka katup dan settingan debit dapat dilihat pada *flow monitor*, debit yang dipakai sebesar 0.5 lpm, 0.8 lpm, 1.0 lpm dan 2.0 lpm. Sebelum dilakukan pengambilan data alat ukur dikalibrasi dan setelah itu wadah diisi oleh etanol 96% sebanyak 2 liter, lakukan pemeriksaan pada sistem sambungan untuk mencegah kebocoran. Posisi solar kolektor dihadapkan ke arah datangnya sinar matahari.

Data hasil pengukuran kemudian dicatat dan dihitung menggunakan persamaan yang ada untuk mengetahui nilai Q energi cairan yang diperoleh, data juga diolah menggunakan perangkat lunak (*software*) pengolahan data akan diperoleh hasil pengukuran dan perhitungan.

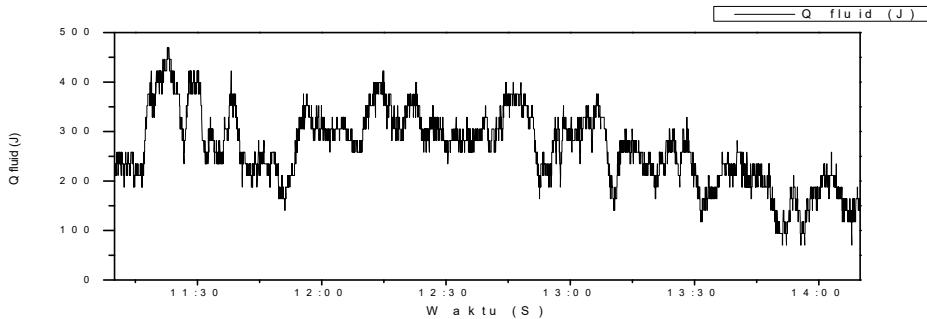
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dan pengukuran pada dasarnya dilakukan pada 6 titik, dengan grafik-grafik pada gambar 5 sampai 12 namun perlu juga diketahui bahwa nilai Q energi cairan sangat fluktuatif karena Q energi cairan sangat bergantung pada besarnya energi matahari yang di transfer kepada fluida kerja yang melintas didalam pipa tembaga, dan kemudian diambil nilai-nilai Q energi cairan tertinggi pada penelitian ini bedasarkan variasi masing-masing.

Gambar 5. Debit 0.5 lpm, Menggunakan batu kerikil dan sudut reflektor 80° Gambar 6. Debit 0.8 lpm, Tanpa batu kerikil dan sudut reflektor 80°



Gambar 7. Debit 1.0 lpm, Menggunakan batu kerikil dan sudut reflektor 80°

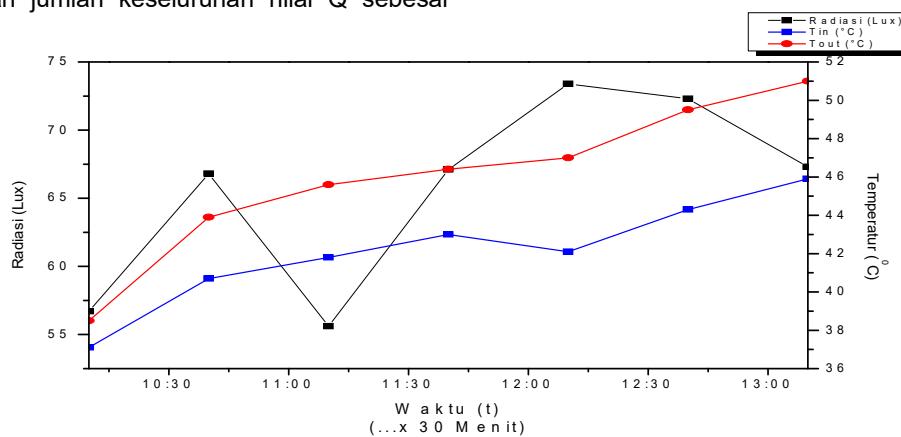


Gambar 8. Debit 2.0 lpm, Menggunakan batu kerikil dan sudut reflektor 0°

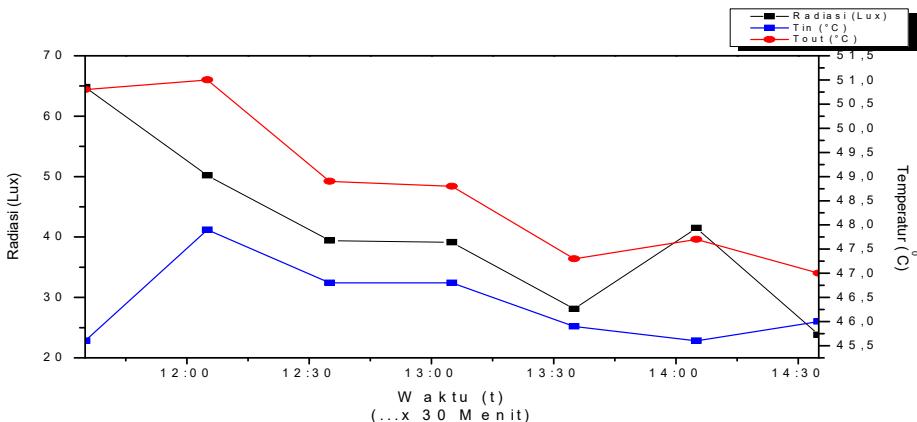
Gambar 5 nilai Q fluida tertinggi pada pengujian ini didapat sekitar pada pukul 12:15 Wib, dengan nilai Q sebesar 385,352 Joule, rata-rata nilai Q secara keseluruhan sebesar 265, 9228 Joule dan jumlah nilai Q secara keseluruhan sebesar 2871881,564 Joule hasil dari 10800 data selama 3 jam pengujian. Gambar 6 didapat nilai Q tertinggi pada pengujian ini sekitar pukul 11:35 Wib, dengan nilai Q sebesar 542,55 Joule, rata-rata nilai Q secara keseluruhan sebesar 192,748 Joule, dengan jumlah nilai Q secara keseluruhan sebesar 1900510,874 Joule. Gambar 7 didapat nilai Q tertinggi pada pengujian ini didapat sekitar pukul 10:42 Wib, sebesar 413, 99 Joule. Denga rata-rata keseluruhan nilai Q sejumlah 193, 7599 Joule dengan jumlah keseluruhan nilai Q energi fluida sebesar 2090650,936 Joule. Gambar 8 didapat nilai Q tertinggi pada pengujian ini didapat pada pukul 11:22 Wib, sebesar 469,59 Joule. Rata-rata keseluruhan nilai Q sebesar 267,305 Joule dan jumlah keseluruhan nilai Q sebesar

2886890,493 Joule.

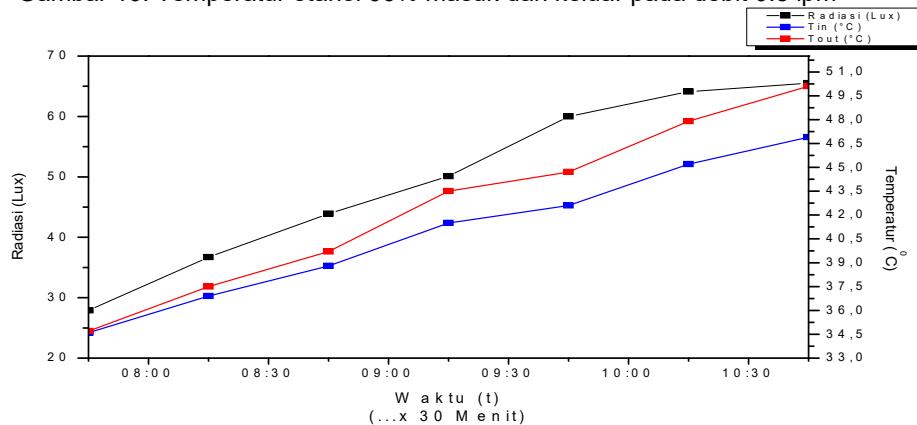
Pada gambar 5,7 dan 8, pengujian tertinggi bedasarkan nilai Q energi fluida, pada gambar 5 pengujian dengan debit 0.5 lpm, gambar 7 pengujian dengan debit 1.0 lpm dan pada gambar 8 pada debit 2.0 lpm didapat dengan variasi menggunakan batu kerikil pada permukaan plat absorber, hal ini dikarenakan peran batu kerikil dapat membuat nilai temperatur didalam *box* solar kolektor lebih tinggi sehingga menyebabkan selisih temperatur energi panas yang diperoleh fluida kerja yang melintas didalam pipa tembaga menjadi lebih tinggi. dan pada gambar 5,6 dan 7 pada debit 0,5 lpm, 1.8 lpm, dan 1.0 lpm. pengujian variasi dengan sudut reflektor 80° menghasilkan nilai Q energi yang tinggi pada pengujian ini, dikarenakan fluks kalor yang diserap absorber dapat meningkatkan energi berguna pada kolektor dan selisih temperatur pada fluida kerja.



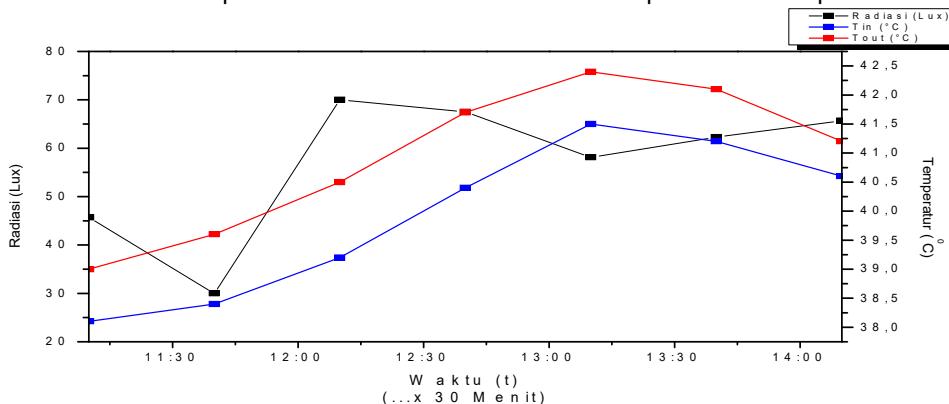
Gambar 9. Temperatur etanol 96% masuk dan keluar pada debit 0.5 lpm



Gambar 10. Temperatur etanol 96% masuk dan keluar pada debit 0.8 lpm



Gambar 11. Temperatur etanol 96% masuk dan keluar pada debit 1.0 lpm



Gambar 12. Temperatur etanol 96% masuk dan keluar pada debit 2.0 lpm

Gambar 9 menunjukkan pada saat pengambilan data debit 0.5 lpm dengan variasi nilai Q energi cairan tertinggi yaitu dengan variasi menggunakan batu kerikil pada permukaan plat absorber dan sudut reflektor 80° , terjadi dua kali penurunan intensitas matahari namun tidak berpengaruh banyak terhadap penurunan temperatur keluar etanol 96% didalam pipa tembaga, hal ini dikarenakan nilai penurunan dari intensitas matahari pertama sama dengan intensitas matahari awal, dan intensitas matahari kedua masih berada pada nilai yang cukup tinggi.

Gambar 10 menunjukkan bahwa pada saat pengambilan data intensitas matahari cenderung

menurun dan nilai selisih temperatur pada etanol 96% yang berada didalam pipa tembaga bahkan juga cenderung turun. Hal ini dikarenakan karena tidak ada penyimpanan panas dalam kolektor surya terlebih variasi dengan debit 0.8 lpm tanpa batu kerikil dan sudut plat absorber 80° merupakan variasi dari nilai Q energi cairan tertinggi pada penilitian ini.

Gambar 11 menunjukkan intensitas matahari yang cenderung naik bahkan diikuti oleh nilai dari nilai selisih temperatur yang diterima oleh fluida kerja yaitu etanol 96% yang berada melintas didalam pipa tembaga, namun pada gambar 11 juga menunjukkan bahwa pada saat pengambilan

data terjadi empat kali penurunan intensitas matahari.

Gambar 12 menunjukan pada saat pengambilan data terjadi tiga kali penurunan intensitas matahari dan tidak berpengaruh pada nilai selisih temperatur yang naman pada saat menjelang akhir proses pengambilan data setelah pada pukul 13:00 wib, terjadi penurunan nilai selisih temperatur yang diterima oleh fluida kerja yaitu etanol 96%.

5. KESIMPULAN

1. Debit fluida kerja pada etanol 96% sangat berpengaruh terhadap daya serap panas antara pipa tembaga dengan fluida kerja yaitu etanol 96% dimana debit 2.0 lpm dengan variasi menggunakan batu kerikil dan sudut reflektor 0° adalah Pengujian yang optimum untuk memperoleh nilai Q energi cairan yang maksimum.
2. Penurunan intensitas cahaya matahari tidak berpengaruh cukup besar bila terdapat batu kerikil pada permukaan plat absorber, dan reflektor juga dapat bekerja dengan baik bila intensitas matahari naik.
3. Pemasangan batu kerikil pada permukaan plat absorber dapat menjadi solusi untuk penyimpanan energi panas didalam kolektor surya, dan reflektor yang memiliki tingkat *mirror* yang tinggi maka dapat dijadikan solusi untuk meningkatkan nilai fluks matahari yang akan diterima kolektor surya dan menjadi energi berguna untuk fluida kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sylvain quoilin experimental study and modeling of a low temperature rankine cycle for smal scale cogeneration, University of liege, 2007.
- [2]. Denny widhiyanuriyawan, sudjito suparman mega bur sasongko, potensi sumber energi angin di wilayah perairan indonesia dengan data satelit QuikSCAT. Proceeding seminar nasional tahunan teknik mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012.
- [3]. Abu bakar lubis, energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan, jurnal teknik mesin lingkungan vol 8 No.2 Hal 155-162, Jakarta, Mei 2007, ISSN 1441-318
- [4]. M.Helmi F.A.P,Epyk sunarno, Endro Wahyono, Pemanfaatan energi matahari menggunakan solar cell sebagai energi alternatif untuk menggerakan konveyor,-
- [5]. Harmut speliethoff, andreas schuster.the organic rankine cycle-power production from low temperature heat, electricity generation combined heat power, strasbourg, 14-16 september 2006.
- [6]. J.M. Lujan, J.R Serrano, V. Dolz, J. Sanchez. Model expansion precess for 5245fa in an organic rankine cycle. Applied thermal engineering 40 248-257,2012.
- [7]. Auliya Burhanuddin, Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Jarak Kaca Penutup Dan Sudut Kemiringin, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengertahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 2011.
- [8]. Selmi, M., M. J. Al-Khawaja, et al. (2008). "Validation of CFD Simulation For Flat Plate Solar Energy Collector." Renewable Energy 33, 383–387.
- [9]. Budiman Sudia, Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar Menggunakan Reflektor Dua Cermin Datar, DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 1, No. 2, Mei 2010, 85-91
- [10]. P. Ir. Sudjito, Ph.D, Alat Penyerap Panas Radiasi Matahari dengan Lapisan Batu Kerikil, Paten No. P00200200648 (ID P 0026349).
- [11]. Kumar R, kaushik SC, Garg HP. Analytical study of collector solar-gain enhancement by multiple reflectors. Energy 20 (6):511e2
- [12]. Duffie, A.John & Beckmann, William, A, "Solar Energy Thermal Processes", John Willey & sons.