**Analisa Performansi Pengering Menggunakan Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Sirip Berlubang Yang Disusun Secara *Staggered***

I Kadek Aditya Kurnia Husada, Hendra Wijaksana, Ketut Astawa

*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

**Abstrak**

*Tenaga surya adalah suatu energi yang bisa digunakan sebagai energi alternatif tepat guna,Indonesiamerupakan negara yang beriklim tropis dimana temperatur udara rata-rata antara 20-30°C. Ketersediaan energi surya yang berlimpah inidigunakan untuk mengeringkan hasil pertanian, kebutuhan rumah tangga. Pemanfaatan energi surya ini terbilang kurang maksimal, untuk memaksimalkan energi surya ini maka butuh dilakukan penelitian lebih lanjut yaitu pengeringan. Alat kolektor surya merupakan alat yang memanfaatkan energi matahari yang diubah menjadi energi kalor yang berguna sebagai pemanas atau pengering. Pada penelitian ini kolektor surya digunakan untuk mengeringakan janan tradisional bali yaitu jaja gina (rengginang). Tujuan dari penggunaan kolektor surya sebagai pengering jaja gina adalah selain waktu pengeringan lebih cepat jaja gina yang dihasilkan lebih higienis karena terhindar dari debu dan kotoran. Kolektor surya yang digunakan adalah kolektor surya pelat datar dengan sirip berlubang dari besar ke kecil yang disusun secara staggered. Dari hasil pengujian terhadap performansi pengeringan menggunakan kolektor surya pelat datar dengan sirip berlubang dari besar ke kecil yang disusun secara staggered dimana rata-rata energi yang masuk kolektor sebesar 144,5watt, rata-rata penyerapan energi pada kolektor sebesar 4,5 watt, rata-rata energi radiasi matahari yang dipancarkan ke permukaan kolektor sebesar 407,7 watt, rata-rata energi yang keluar kolektor 119,1 watt. Kemudian rata-rata efisiensi pengeringan sebesar 2,9 % dan efisiensi pengeringan pada ruang pengering terjadi paling besar pada pukul 09.00 wita yaitu sebesar 4,6%.*

***Kata Kunci :*** *Kolektor surya pelat datar, Sirip pelat berlubang, Performa kolektor*

**Abstract**

*Solar power is something energy can be used as an alternative energy efficient, Indonesia State is a tropical country where the average air temperature between 20-30°C. The availability of this abundant solar energy is used to dry agricultural produce, household needs. Utilization of solar energy is somewhat less than optimal, to maximize this solar energy, further research is needed, namely drying. A solar collecto is a tool that utilizes solar energy converted into useful heating energy as a heater or dryer. In this research, solar collector isused to dry up the traditional Balinese jaja (rengginang). The purpose of using solar collectors as gaja dryers is that in addition to faster drying time, the resulting gina is more hygienic because it is protected from dust and dirt. The solar collector used is a flat plate solar collector with large, staggered perforated fin fins. From the test results on the drying performance using flat plate solar collectors with large staggered perforated fin fins where the average of collected incoming energy is 144.5 watts, the average energy absorption on the collector is 4.5 watts, the average the radiant energy of the sun radiated to the collector surface is 407.7 watts, the average energy out of the collector is 119.1 watts. Then the average drying efficiency was 2.9% and the drying efficiency in the drying chamber occurred at the highest at 09.00 wita which was 4.6%.*

***Keywords :*** *flat plate solar collectors, perforated plate fin, Performance collectors*

**1. Pendahuluan**

Jaja gina(rengginang) adalah salah satu jajanan khas Bali, jaja ginaini sangat diperlukan sebagai pelengkap sarana persembahyangan yaitu banten, dalam pembuatan banten jaja gina adalah salah satu bahan yang wajib ada, selain digunakan untuk pelengkap banten jaja ginajuga enak untuk dimakan sebagai teman kopi di pagi hari. Jaja ginaadalah jajan kering yang terbuat dari bahan ketan yang direndam kemudian di kukus, sebelum digoreng bahan ini harus dikeringkan atau dijemur terlebih dahulu.Hasil pengeringan dibawah sinar matahari langsung memiliki beberapa kekurangan karena bersinggungan langsung dengan udara luar, misalnya, berdebu atau terkena kotoran binatang sehingga jajan

yang dihasilkan kurang higienis, dan waktu pengeringan cukup lama yaitu 1,5 hari sampai 2 hari.

Negara Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dimana suhu udara rata-rata antara 20-30°C. Ketersediaan energi yang berlimpah ini dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif tepat guna, Kolektor surya merupakan salah satu contoh alat yang memanfaatkan energi matahari untuk diubah menjadi energi kalor yang berguna sebagai pemanas atau pengering sehingga energi panas matahari dapat dimanfaatkan dengan baik. Pada penelitian ini kolektor surya akan digunakan untuk mengeringkan jaja gina.

Tujuan dari penggunaan kolektor surya sebagai pengering jaja ginaadalah selain waktu pengeringan lebih cepat, juga agar jaja ginayang dihasilkan lebih bersih atau higienis karena jaja gina(rengginang) yang dikeringkan akan diletakkan di dalam sebuah rak tertutup jadi bahan yang dikeringkan tersebut tidak akan terkena debu atau polusi udara yang lainnya Bagian penting dari sebuah kolektor surya adalah pelat penyerap(absorber). Berdasarkan bentuk pelat penyerapnya, kolektor surya dibagi tiga jenis yaitu, kolektor surya dengan pelat datar, kolektor surya dengan pelat bergelombang, kolektor surya dengan pelat bersirip. Pada penelitian kali ini kolektor surya pelat bersiriplah yang digunakan untuk memerangkap energi panas matahari tersebut. Dengan penambahan sirip ini bertujuan memperluas bidang penyerapan panas matahari sehingga energi matahari yang nantinya akan dipindahkan ke fluida kerja akan semakin besar.

Pengembangan pembuatan modifikasi alat kolektor surya sudah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti lain, seperti penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penambahan sirip berbenntuk segiitiga yang disusun secara *aligned* terhadap performa kolektor surya pelat datar [1]. Penelitian yang telah dilakukantentang pengaruh penambahan sirip berbentuk segitiga pada kolektor surya pelat datar yang disusun secara *staggered*[2]danpenelitian yang telah dilakukan tentang analisis performansi kolektor surya pelat datar dengan variasi sirip berlubang. Hasil penelitian dengan variasi diameter lubang besar ke kecildidapatkansuhu keluar yang lebih tinggi sehingga energi berguna lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya pelat datar bersirip dengan variasi diameter dari kecil ke besar sehingga efisiensinya juga semakin besar [3].

Berbekal dari penelitian tersebut, maka penelitian kali ini penulis akan menggunakan kolektor surya jenis pelat datar bersirip dengan variasi lubang dari besar ke kecil yang bertujuan untuk menambah luas penyerapan panas dari pelat penyerap ke sirip, selain itu juga untuk menghambat laju aliran fluida di dalam kolektor surya sehingga panas yang dihasilkan lebih banyak.

**2. Dasar Teori**

Secara alami, panas atau kalor dengan sendirinya akan berpindah dariobjek yang bersuhu tinggi mengalirke objek yang berduhu rendah. Perpindahanpanas berawal dimana suatu zat dengan temperatur yang lebih tinggi akan senantiasa menyamakan temperatur benda yang saling bersentuhan. Secara umum, terjadinya perpindahan panas diklasifikasikan dalam 3 metodeantara lain, konduksi, konveksi dan radiasi.

2.1 Perpindahan panas konduksi

Merupakan transfer kalor yangmelewatimedia tanpa diikuti perpindahan partikel-partikel media tersebut. Terjadinya konduksi disebabkan oleh perbedaaan temperatur antara permukaan benda satu dengan yang lainnya. Ketika salah satu bagian benda dengan temperature yang lebih tinggi bersentuhan dengan benda dengan temperature yang rendah, maka energi akan berpindah dari benda bertemperatur tinggi (THot) menuju bagian benda yang bertemperatur rendah (TCold). Adanya tambahan energi menyebabkan atom dan molekul penyusun benda bergerak semakin cepat seperti ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1. Perpindahan panas pada batang pejal**

Sumber : (fathul-ilmi.blogspot.co.id)

Persamaan laju konduksi dapat dirumuskan :

(1)

Keterangan :

: Laju perpindahan panas konduksi (W)

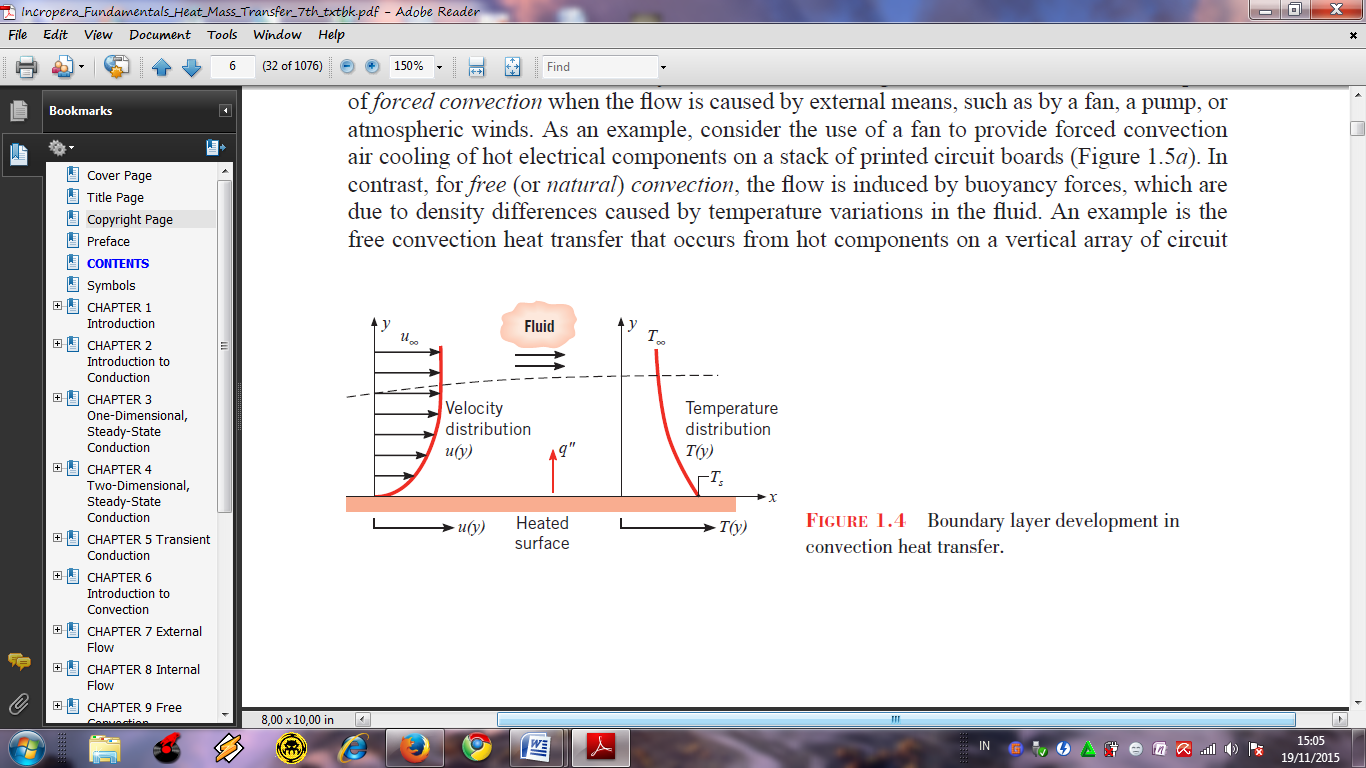
k : Konduktivitasthermal bahan(W/m.K)

A : Luas penampangtegak lurus terhadap arah aliran panas (m)

:Gradien temperatur pada penampangtersebut (K/m)

2.2 Perpindahan panas secara konveksi

Merupakan perpindahan panas dari suatu permukaan media padat yang diam menuju media yang mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur.Suatu fluida memiliki temperatur (T) yang bergerak dengan kecepatan (u), diatas permukaan benda padat (Gambar 2)., Transfer kalorsecara konveksi terjadi akibat temperatur media padat lebih tinggi dari temperatur fluida.



**Gambar 2. Perpindahan panas konveksi**

Sumber: (Incropera dan DeWitt, 3rd ed.)

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada Hukum Newton tentang pendinginan (*Newton’s Law of Cooling*) (Incopera and De Witt), dimana:

(2)

Dimana:

: Laju perpindahan panas konveksi (W)

: Koefisienperpindahanpanas konveksi

: Luas permukaan perpindahan panas ()

: Temperaatur permukaan(K)

: Temperaatur fluida(K)

Menurut perpindahan panas konveksi, aliran fluida dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Konveksi paksa

Terjadi bila aliran panas dipaksakan menglir ke suatu tempat dengan bantuan alat. Seperti: blower, pompa, dan kipas angin.

1. Konveksi alamiah

Terjadi bila aliran fluida disebabkan oleh efek gaya apungnya (*bouyancy forced effect*). Pada fluida, temperatur berbanding terbalik dengan massa jenis (*density*). Dimana, semakin tinggi temperatur suatu fluida maka massa jenisnya akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

2.3 Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas radiasi ialah suatu energi dari medan radiasi ditransportasikan melalui pancaran gelombang elektomagnetik *(photon)*, dan asalnya dari energi dalam material yang memancar. Pada peristiwa radiasi tidak memerlukan media atau benda, justru efisiensi radiasiakan meningkat jika berada dalam ruangan kosong. Lain halnya dengan perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mutlak memerlukan media pendukung. Nilai radiasi yang dihasilkanoleh permukaan suatu media (*real*)(), (W), ialah:

(3)

Namun, pada media yang berwarna hitam (*black body*), jika besar emisivitas (ε = 1) menghasilkan radiasi (), sebesar:

(4)

Pada laju perpindahan panas radiasi menyeluruh , antara permukaan dengan likungan sekitar (*surrounding*) dengan suhu sekeliling (), yaitu:

(5)

Dimana:

: Laju pertukaran panas radiasi (W)

: Nilai emisivitas suatu benda (0≤ ε ≤ 1)

: Konstanta proporsionalitas, disebut juga konstanta Stefan Boltzmann. Dengan nilai )

: Luasbidang permukaan()

: Temperatur benda (K)

2.4 Kolektor Surya

2.4.1 Bagian-Bagian Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan perangkat yang digunakan untuk menyerap panas sinar matahari lalumenghasilkan energi panas yang bergunaa. Adapun bagian-bagian dari kolektor surya adalah:

1. Penutup transparan (kaca bening)

Penutup transparan merupakan lapisan teratas dari kolektor surya. Penutup transparan pada umumnya menggunakan kaca bening sebagai bahannya

1. Plat penyerap

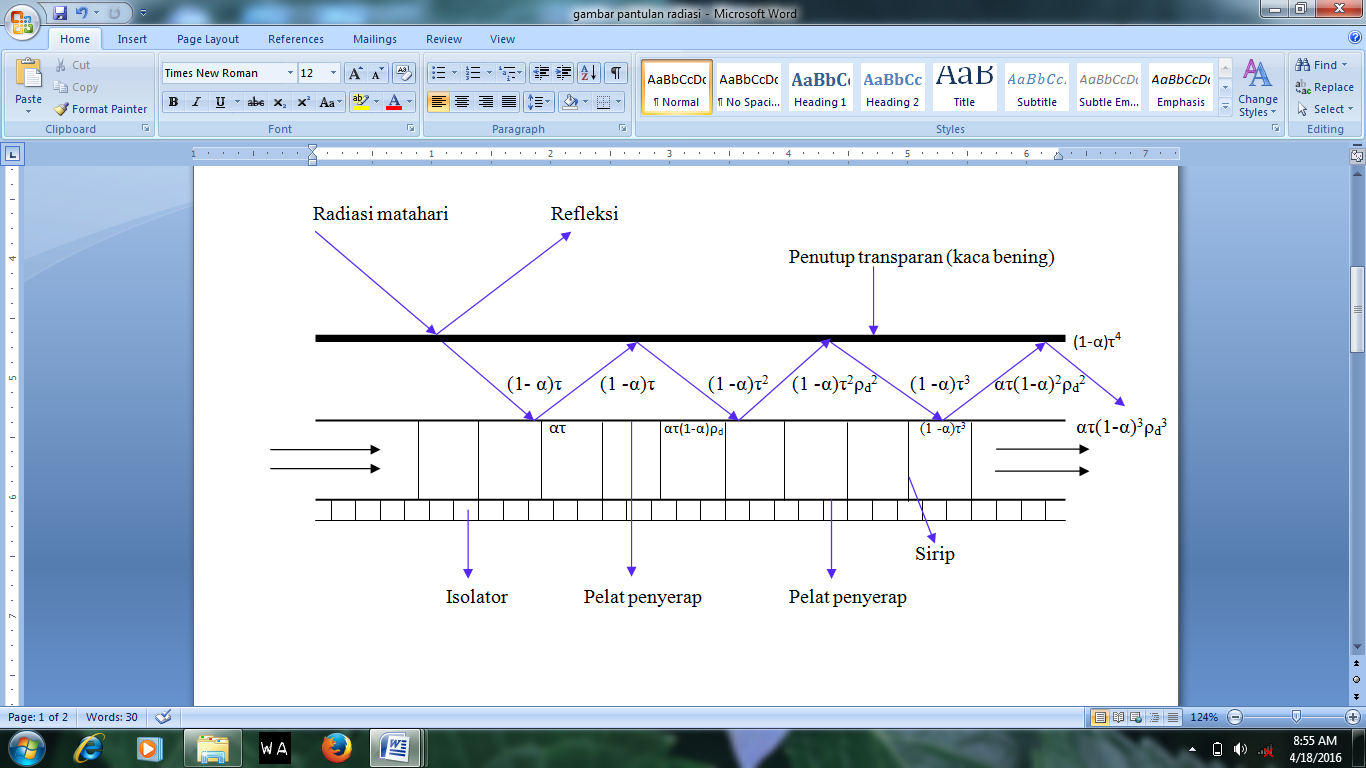
Agar memiliki permukaan dengan tingkat *absorbsivitas* yang baik maka diperlukan plat penyerap yang ideal dan tingkat *emisivtas* seminimal mungkinsehingga penyerapan radiasi bisa maksimal. Kemudian, nilai *konduktivitas thermal*plat yang digunakan tinggi.

1. Isolasi

Untuk menghindari terjadinya kehilangan panas ke lingkungan, bagian luar suatu kolektor surya diberi isolasi (perdam panas), yang dimana bahan yang digunakan sebagai isolator merupakan bahan dengan sifat *konduktivitas thermal* yang rendah.

2.4.2 Radiasi yang Diserap Kolektor Surya

Pada kolektor surya yang digunakan sebagai pemanas udara, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh pelat penyerap. Sebagian radiasi akan dipantulkan (direfleksikan) menuju bagian dalam penutup transparan. Pantulan sinar yang menuju penutup transparan akan dipantulkan kembali dan sebagian lainnya terbuang ke lingkungan. Proses penyerapan radiasi ini diperlihatkan pada gambar 3.



**Gambar 3. Penyerapan radiasi matahari oleh kolektor**

Sumber: (Duffie dan Beckman, 1980 halaman 176**)**

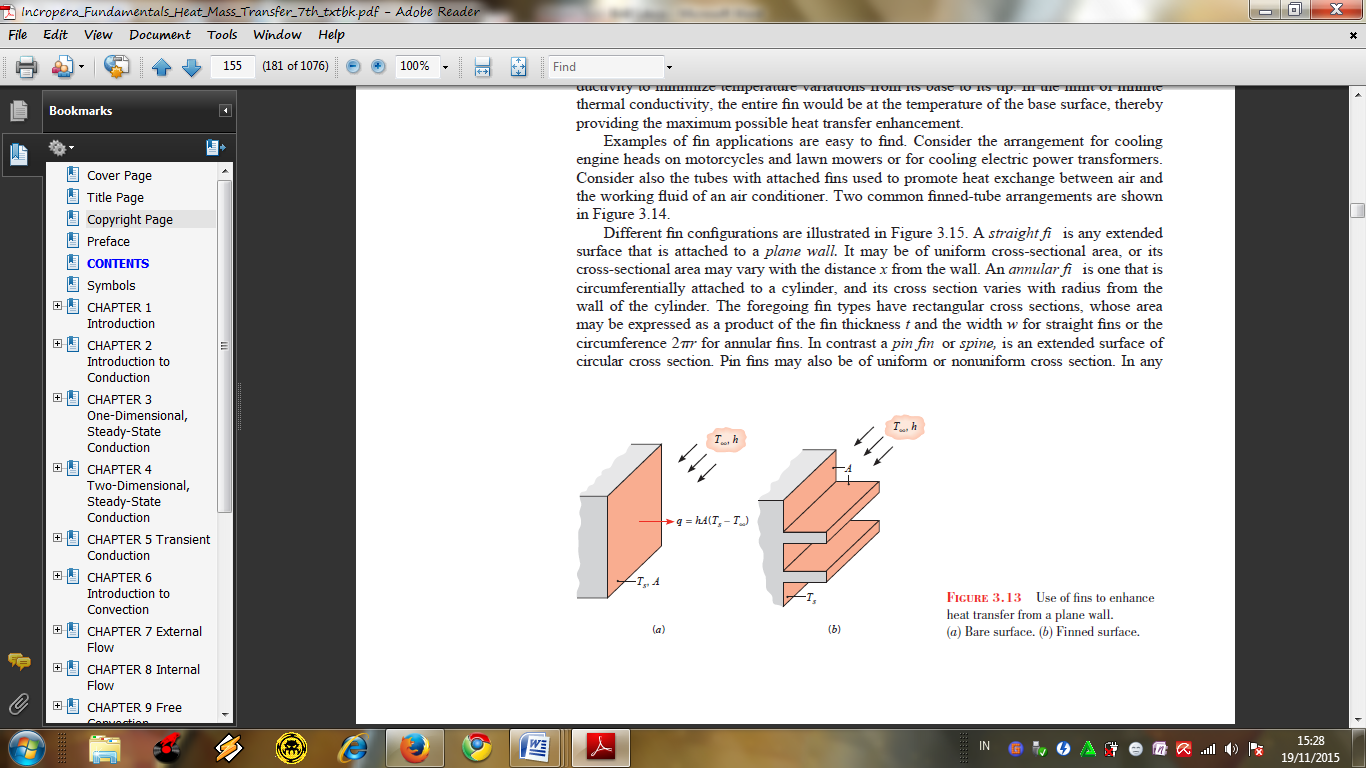
2.5 Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Sirip Berlubang

Rancangan kolektor surya pada penelitian ini akan menggunakan sirip berdiameter dari besar ke kecil yang disusun secara *staggered*, agar mengetahui performansi dari kolektor surya.

2.5.1 Perpidahan Panas Dari Permukaan Yang Diperluas

Perpidahan panas ini berguna untuk benda padat yang mengalami perpindahan energi secara konduksi di dalam batasan benda tersebut dan terjadi pula perpindahan energi melalui konveksi atau radiasi antara benda tersebut dan disekelilingnya.

Untuk memperbesar laju perpindahan panas antara benda padat dengan fluida dilakukan dengan memperluas permukaan dimana koveksi itu terjadi dengan pebambahan fin atau sirip seperti gambar 4.



**Gambar 4. Kegunaan sirip untuk memperbesar perpindahan panas media padat**

Sumber: (Incropera dan De Witt,)

**3. Metode Penelitian**

3.1. Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang dipakaipada proses pengujian alat pengering, yaitu sebagai berikut :

1. Jaja Gina (rengginang)

Jaja gina (rengginang) adalah salah satu jajan tradisional bali diamana jajan ini yang dipakai sebagai benda uji untuk alat pengering.

1. Alat Pengering

Alat pengering yang digunakan adalah alat berupa pengering energi surya demgan aliran udara alami dan menggunakan satu buah kolektor surya plat datar

1. Alat Ukur

Adapun berbagai alat ukur yang akan digunakan dalam langkah pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. *Multimeter analog*

Alat bantu ini digunakan untuk membaca besarnya temperatur yang ditunjukkan oleh thermocouple.

1. *Thermometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan tempat pengujian kolektor surya.

1. *Thermocouple*

Diletakkan pada beberapa titik pengukuran. Dimana alat ini difungsikan untuk mengukur temperatur pada alat penyerap, temperatur udara yang keluar masuk kolektor, dan temperatur pada kaca penutup.

1. *Solarymeter*

Alat ini digunakan untuk mengukur intensitas radiasi sinar matahari

1. *Stopwatch*

Digunakan sebagai alat bantu untuk pengingat waktu selama proses pengujian.

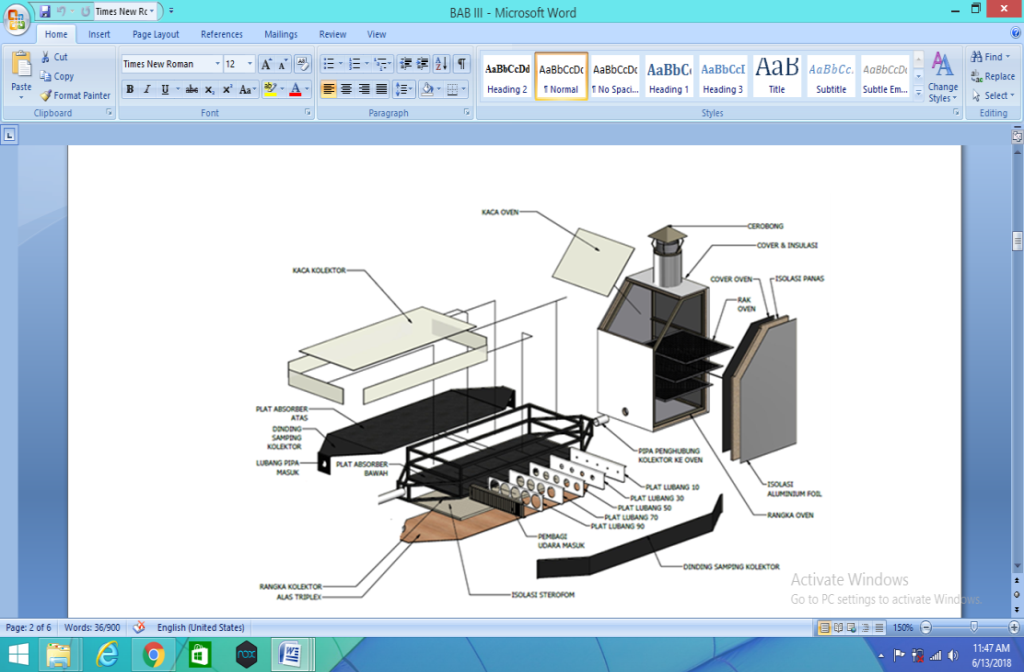
1. *Inclined manometer*

Digunakan untuk mengukur kecepatan udara yang masuk ke kolektor surya.

1. *Timbangan*

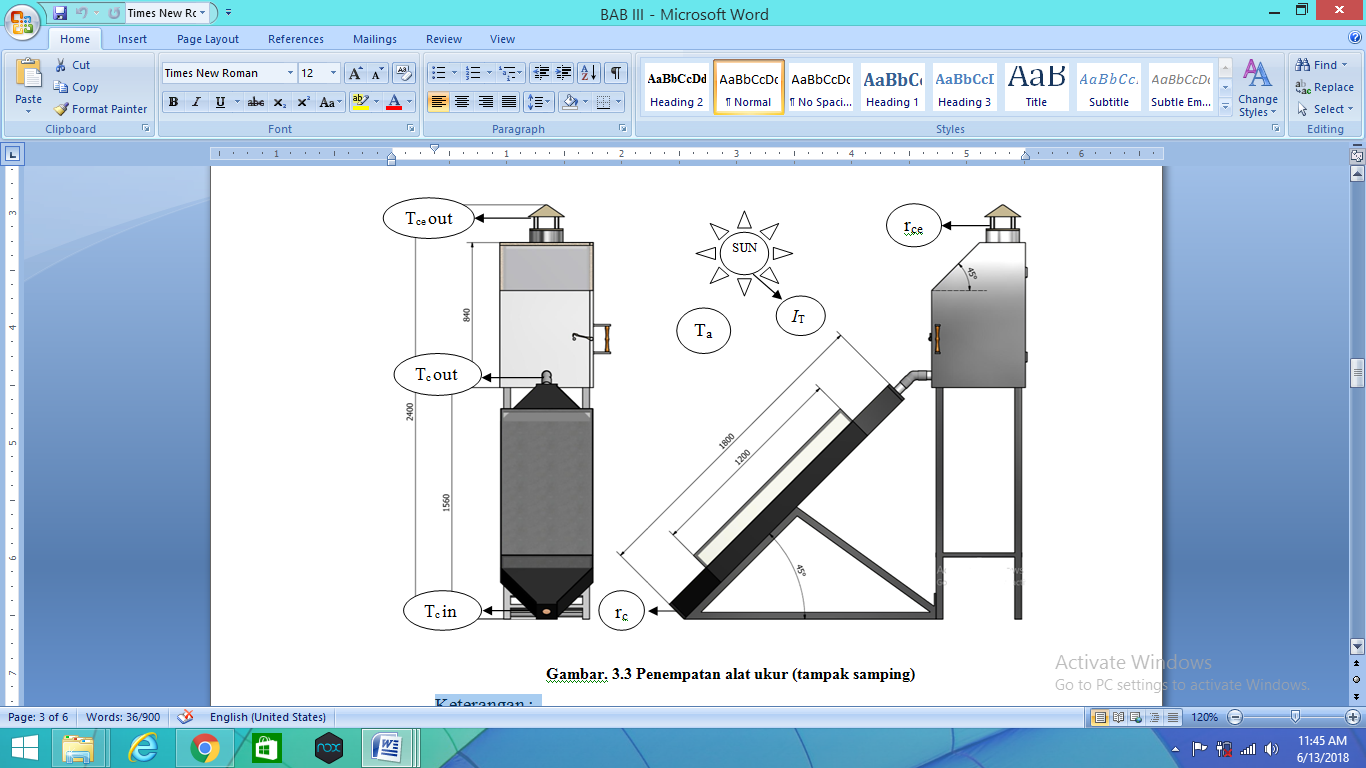
Digunakan untuk mengukur berat jaja gina (rengginang).

3.2 Alat Pengering



**Gambar. 5. Ilustrasi alat pengering surya**

3.3 Penempatan alat ukur pada alat pengering



**Gambar. 6. Penempatan alat ukur**

Keterangan :

rc : Manometer pada kolektor surya

rce : Manometer pada cerobong

Tc in :Termometer In kolektor

Tc out : Termometer out kolektor

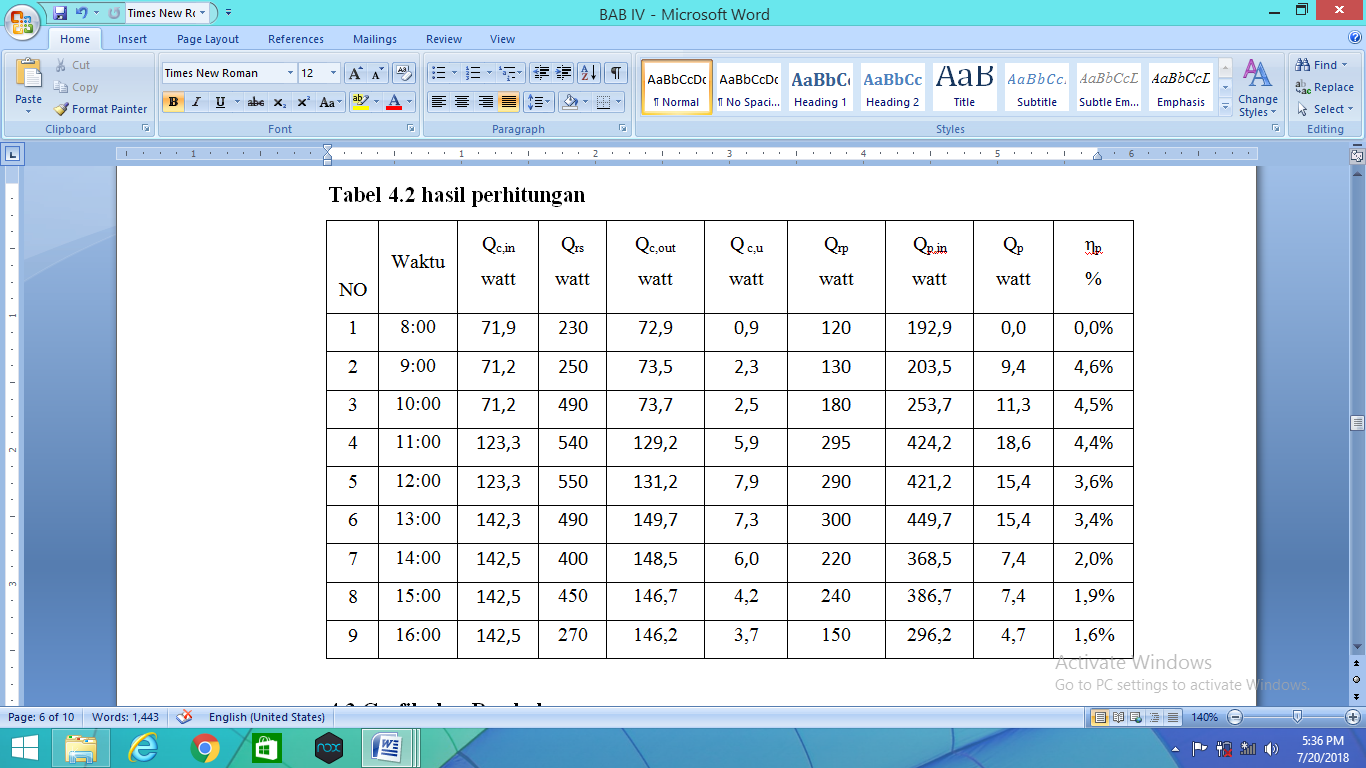
Tce out : Termometer pada cerobong

*I*T  :Inbtensitas radiasi matahari

**4. Hasil dan Pembahasan**

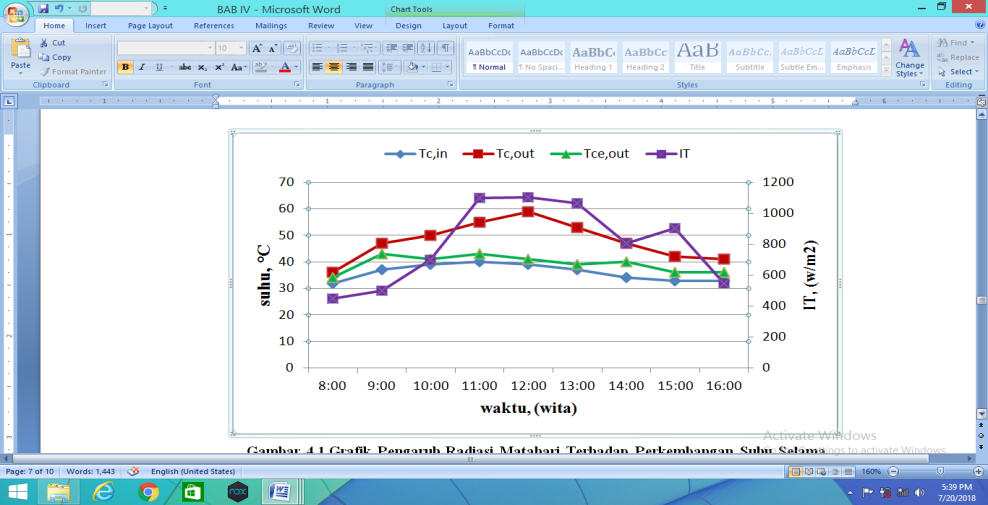
4.1 Data hasil penelitian

**Tabel 1 hasil pengujian**



4.2 Grafik dan Pembahasan

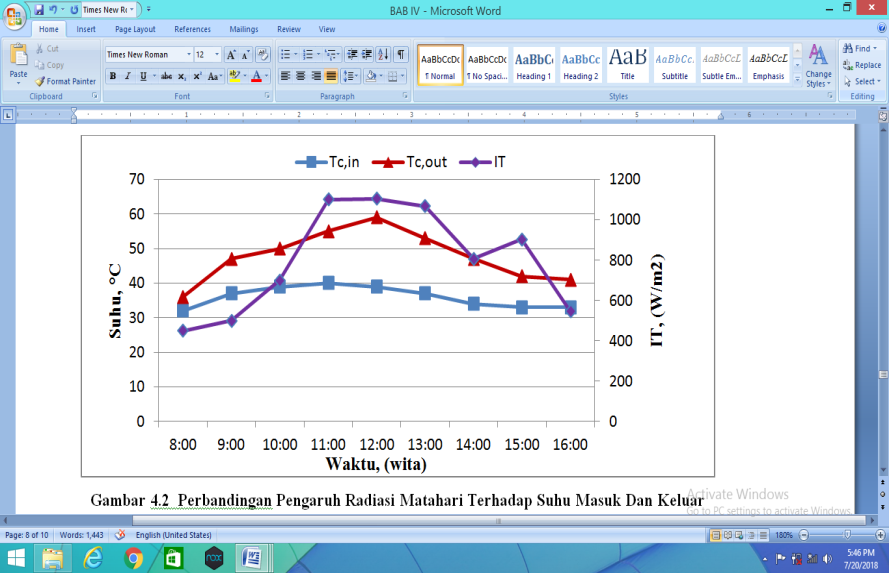
4.2.1 Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Temperatur Udara Pengering



**Gambar 7. Grafik Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Perkembangan Suhu Selama Pengujian Pada Kolektor**

Pada gambar 7 Perkembangan dari suhu dari pengujian kolektor naik setiap jam. Puncak tertinggi pada suhu masuk kolektor terjadi pada pukul 11.00 WITA sebesar 40 oC, suhu keluar kolektor tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WITA yang sebesar 59 oC, dan puncak tertinggi suhu keluar cerobong terjadi pada pukul 11.00 WITA sebesar 43 oC, dengan puncak intensitas radiasi sebesar 1105 W/m2 terjadi pada pukul 12.00 WITA. Ini berarti semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka semakin tinggi juga temperatur pada kolektor.

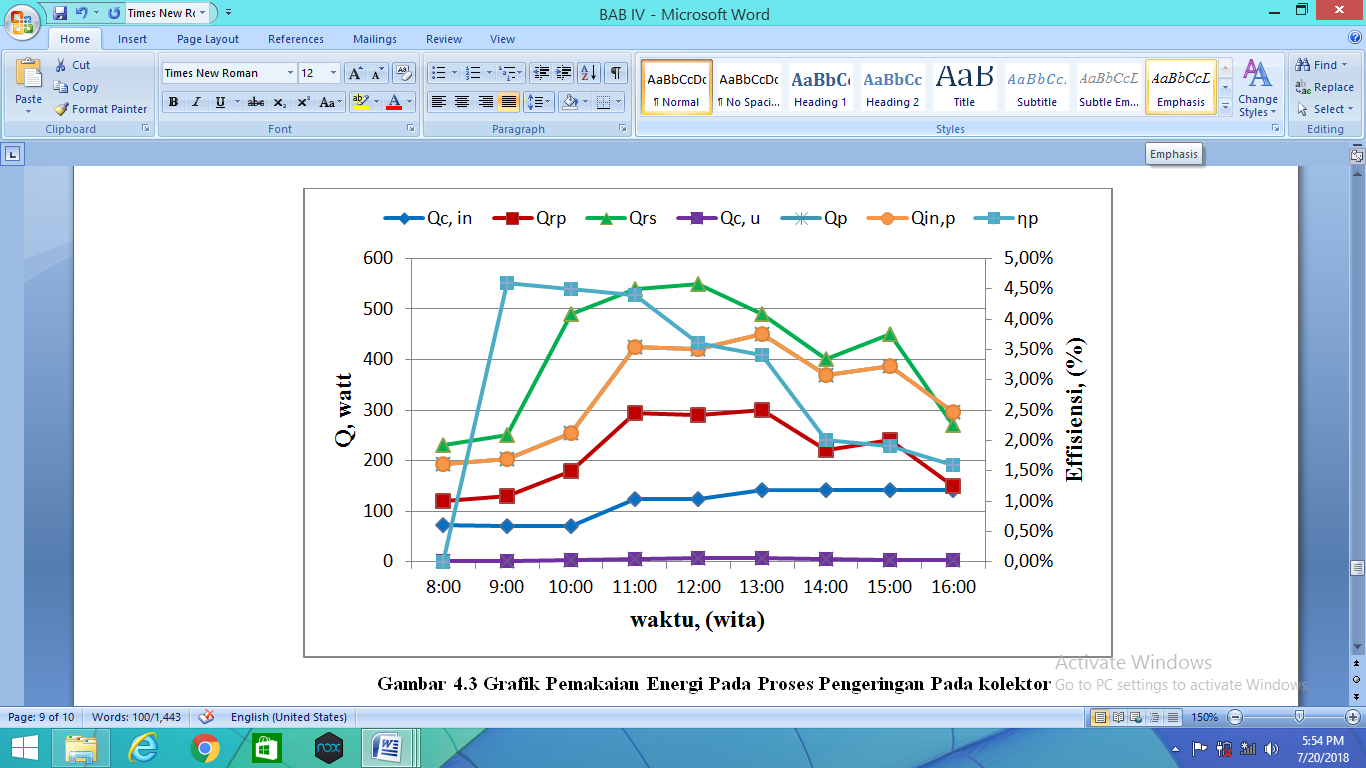
4.2.2 Perbandingan Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Temperatur Pada Kolektor



**Gambar 8. Perbandingan Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Suhu Masuk Dan Keluar Kolektor**

Pada gambar 8, perbandingan pengaruh radiasi terhadap suhu masuk kolektor dapat dilihat dari jam 08:00-16:00 grafik peningkatam suhu meningakat secara perlahan begitu juga penurunannya menurun secara perlahan, suhu masuk kolektor ini dipengerahi oleh tempertaur lingkungan. Sedangkan grafik intensitas radiasi matahari meningkat secara perlahan puncaknya terjadi pada jam 12:00 yaitu 1105 W/m2. Perbandingan pengaruh radiasi terhadap suhu keluar kolektor yaitu semakin tinggi IT maka Tc,out semakin tinggi ini disebabkan oleh sirip kolektir menyerap IT semakin besar. Suhu pada kolektor dapat dilihat meningakat secara perlahan dan punjaknya terjadi pada jam 11:00, sedangkan grafik intensitas radiasi matahari meningkat secara perlahan IT tertinggi terjadi pada jam 12:00

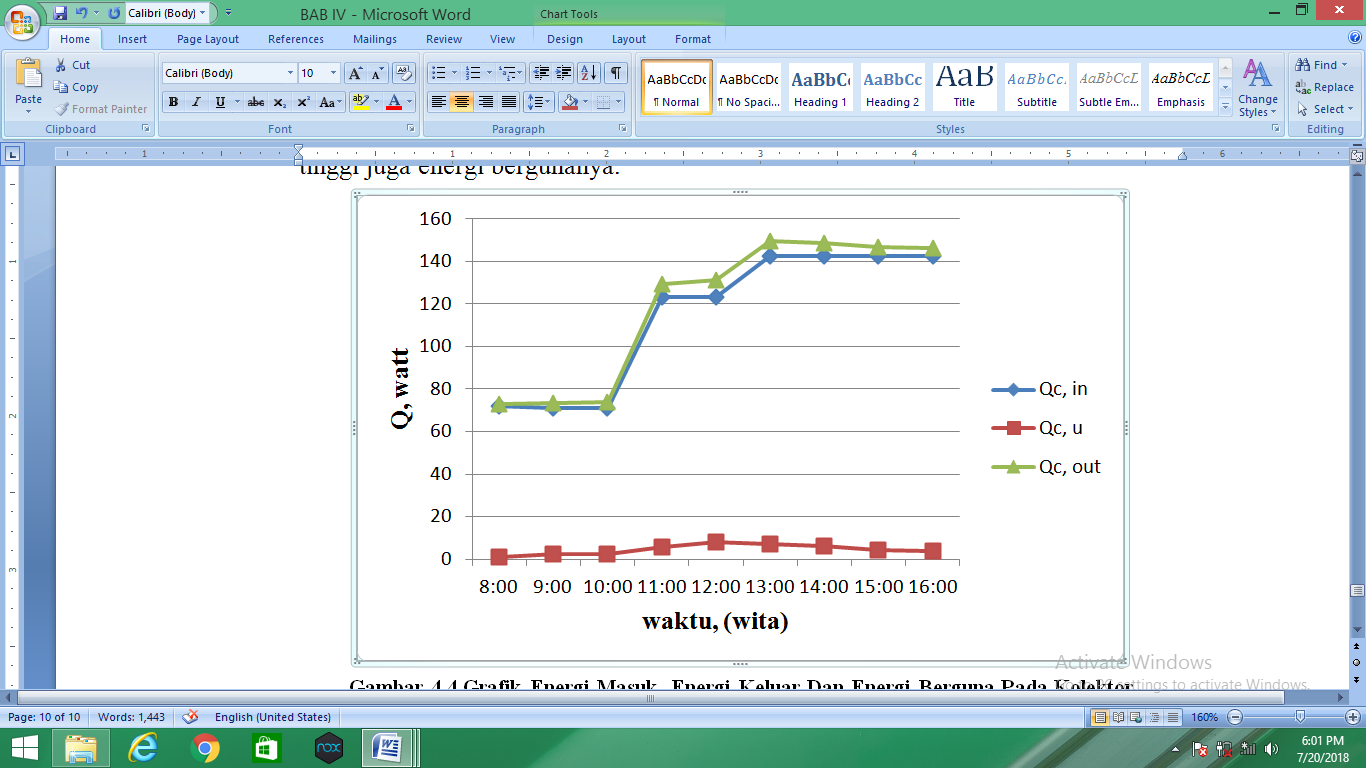
4.2.3 Pemakaian Energi Pada Proses Pengeringan

****

**Gambar 9. Grafik Pemakaian Energi Pada Proses Pengeringan Pada kolektor**

Pada gambar 9udara memasuki ruang kolektor dengan rata – rata energi sebesar 144,5 watt pada kolektor, selanjutnya udara menyerap energi pada kolektor rata –rata sebesar 4,5 watt. Energi ini didapatkan dari energi radiasi matahari yang dipancarkan ke permukaan kolektor dengan energi rata – rata sebesar 407,7 watt.

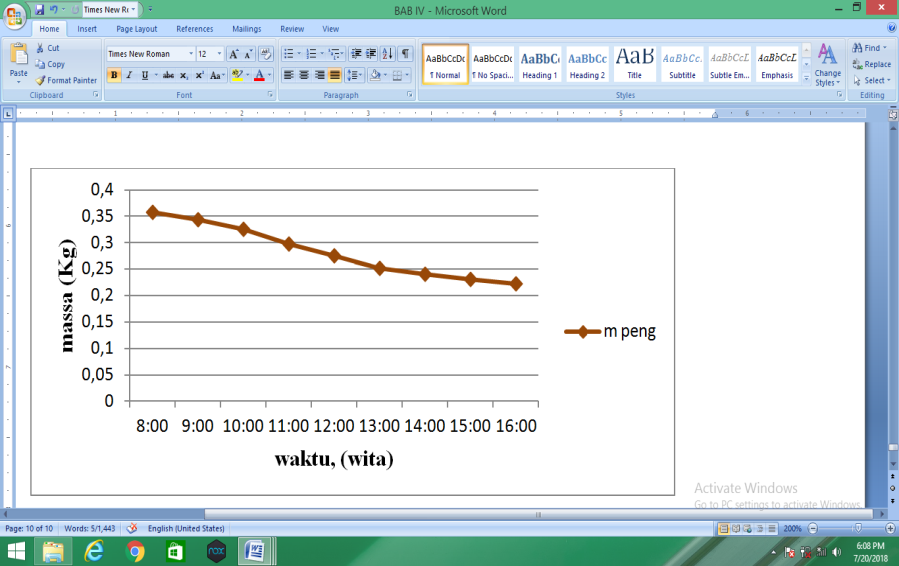
4.2.4 Grafik Pemakaian Energi Pada kolektor

****

**Gambar 10. Grafik Pemakaian Energi Pada Kolektor**

Pada gambar 10dijelaskan tentang peningkatan energi berguna dipengaruhi oleh temperatur keluar kolektor dan temperatur masuk ruang kolektor, semakin tinggi temperatur keluar dan temperatur masuk kolektor maka semakin tinggi juga energi bergunanya.

4.2.5Grafik Penurunan Massa Jaja Gina



**Gambar 11. Grafik Penurunan Massa Jaja gina**

Pada gambar 11dapat dijelaskan massa jaja gina yang menurun setiap jam nya akibat benda uji dialiri udara panas sehingga benda uji mengalami proses pengeringan.

**5. Kesimpulan**

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisa data dalam penelitian ini, berikut merupakan hasil yang didapatkan :

1. Dari hasil penelitian udara memasuki ruang kolektor dengan rata – rata energi sebesar 144,5 watt, penyerapan energi pada kolektor rata –rata sebesar 4,5 watt. energi radiasi matahari yang dipancarkan ke permukaan kolektor dengan rata – rata sebesar 407,7 watt.
2. Rata-rata efisiensi pengeringan pada ruang pengering sebesar 2,9 %
3. Efisiensi pengeringan pada ruang pengering terjadi paling besar pada pukul 09.00 yaitu sebesar 4,6%.

**Daftar Pustaka**

[1] Rangga Iswara, I Dewa Gede, (2007) ,***pngaruh penempatan sirip berbentukk segitiga yang dipasang secara aligned terhadap performa kolektor surya pelat datar****,* Skripsi Program Studi Teknik Mesiin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.

[2] Subadiyasa, I Kadek (2009),***pengaruh penyusunansirip berbentuk segitiga pada kolektor surya plat datar yang dipasaang secara stagered****,* Skripsi Program Studi Tekknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.

[3] Gigih Predana Putra, I Nyoman (2010), ***analisis performansii kolektor surya pelat datar dengan variasi sirip berlubaang****,* Skripssi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.

[4] Incropera and Dewitt (1996), ***Fudamentals of Heat and Mass Transfers****,* John Wily& Son,Innc, New York

[5] J.A Duffie,., and Beckman, W. A., (2006), ***Solar Engineering of Thermal Processess***, 3rd ed, John Wiley and Son, Innc, New York

[6] Janseen, Ted. J., aliih bahasa oleh Prof. Wiranto Arismunnandar, (1995),***Teknologi Rekayasa Surya***, PT. Pradnya Paramita, Jakarta

[7] Kreith, Frank, (1986), ***Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas****,* Erlangga, Jakarta.

[8] Hollands, K.G.T. (1965), ***Honeycomb devices in flat plate solar collectors***, Solar Energy, Vol. 9, pp. 159-64.

[9] Holman, J. P., alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M.Sc, (1985), ***Perpindahan Kalor***, Erlangga, Jakarta