

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Energi surya merupakan energi yang ramah lingkungan dan didapat secara gratis. Indonesia sebagai negara yang terletak digaris katulistiwa mempunyai periode untuk memanfaatkan matahari lebih besar baik secara kuantitas maupun kualitasnya dibanding dengan kawasan yang tidak dilintasi oleh garis katulistiwa. Penggunaan energi surya di Indonesia merupakan pilihan yang tepat sebagai energi alternatif untuk kebutuhan energi dalam industri atau memenuhi kebutuhan energi sehari-hari di rumah tangga.

Pada negara berkembang, konsumsi energi terbesar adalah untuk keperluan memasak. Energi surya banyak juga dipergunakan sebagai pengeringan makanan dan komoditi pertanian. Menurut hasil survey pengering dilapangan asam gelugur dilapangan tanpa menghiraukan kotoran, kondisi cuaca tidak menentu, kadang hujan kadang terik matahari.

Untuk membantu mengatasi permasalahan di atas, maka diperlukan suatu inovasi teknologi yang menggunakan tenaga yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) seperti penggunaan energi matahari untuk mengeringkan bahan makanan/komoditi pertanian atau yang lebih dikenal dengan kolektor surya. Karena potensi energi matahari di Indonesia khususnya kota Medan sangatlah besar. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk merancang kolektor surya sebagai alat pengering komoditi asam gelugur

1.2. Identifikasi Masalah

Secara umum terdapat beberapa faktor yang menentukan kinerja kolektor surya, di antaranya posisi matahari, bentuk kolektor surya, *boosted mirror* dan kondisi cuaca. Posisi matahari yang terletak 90^0 terhadap kolektor surya akan lebih efektif bila dibandingkan dengan posisi 30^0 terhadap kolektor surya. (Cengel, Y.A. (2006). *Heat and Mass Transfer: A Practical Approach*).

Radiasi energi surya cukup besar, namun kehilangan panas ke lingkungan juga besar. Untuk memanfaatkan energi surya melalui pembuatan kolektor surya diharapkan dapat menghemat waktu para petani untuk mengeringkan asam gelugur. Maka perlu dirancang sebuah kolektor surya yang dapat menangkap atau mengumpulkan (radiasi) matahari.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada pada 3,3°LU 98.4°BB di Medan.
2. Bentuk kolektor surya yang digunakan adalah plat datar dengan ukuran 1 x 1,5 m.
3. Bahan yang akan dikeringkan adalah Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) yang diambil dari daerah Parsoburan Sumatera Utara.
4. Temperatur maksimal dalam kotak pengering 50°C
5. Kecepatan aliran panas 1,5 m/s
6. Posisi kolektor surya adalah rata 180°
7. Pengujian dilakukan selama dua hari mulai jam 8:00 pagi – 17:00 sore.
8. Pengujian dilakukan selama 18 jam.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah:

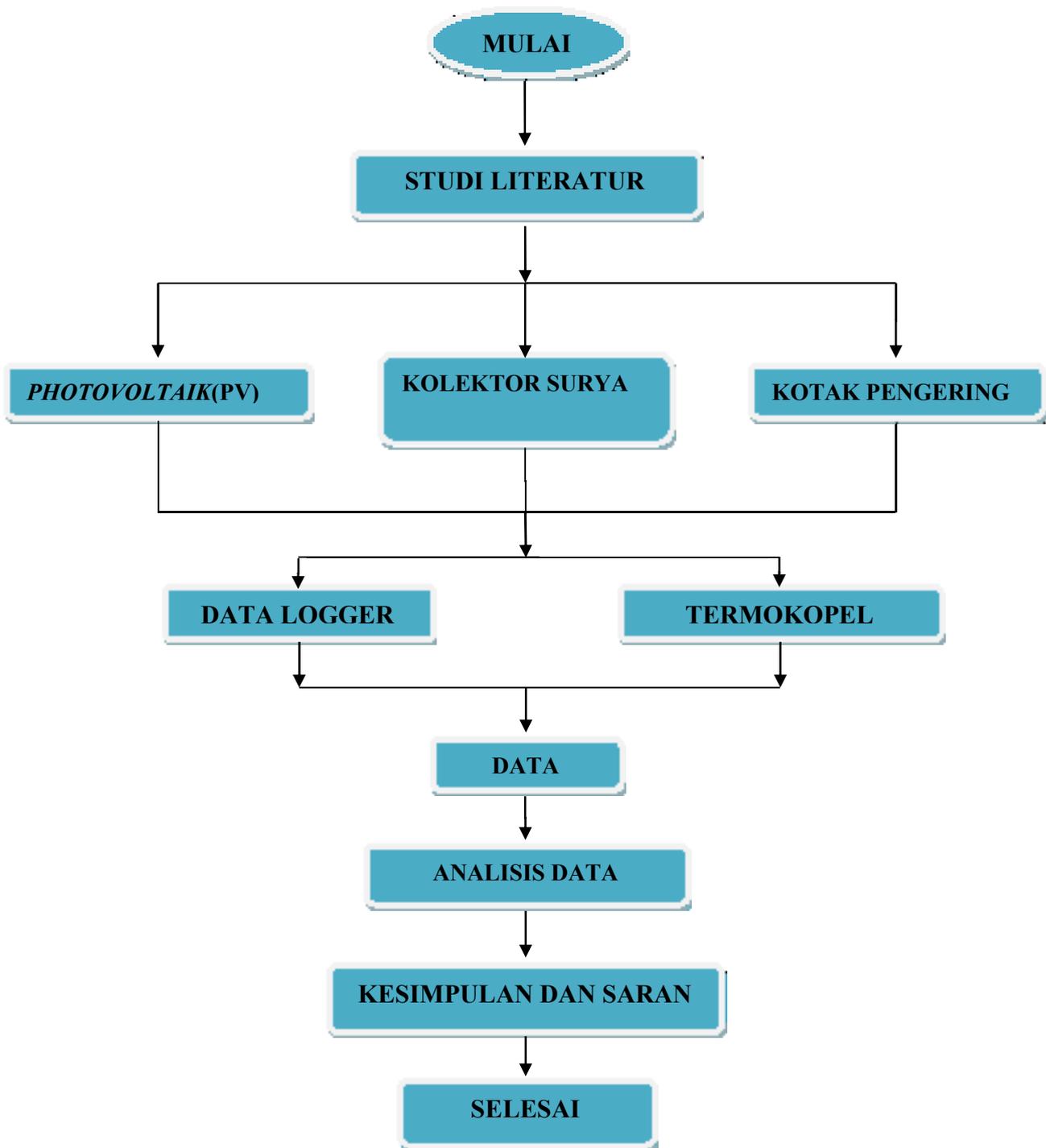
1. Untuk mengetahui potensi radiasi matahari yang dapat diserap oleh kolektor surya
2. Untuk mendapatkan kadar air dari Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) yang dikeringkan kotak pengering.
3. Untuk mendapatkan total kandungan asam, sebelum dan sesudah dikeringkan.

1.5. Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Survey lapangan.
2. Studi literatur, yakni berupa studi kepustakaan, kajian dari buku-buku, dan jurnal-jurnal yang terkait.
3. Diskusi, yakni berupa tanya-jawab dengan dosen pembimbing, dosen pembanding yang disediakan oleh Fakultas Teknik Prodi Mesin UHN mengenai kekurangan-kekurangan di dalam tulisan tugas akhir ini.

Diagram Alir Pengujian



Gambar : 1.1. Diagram Alir Pengujian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Anatomi Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*)

Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) adalah pohon penghasil asam potong atau asam keping. Asam potong diperoleh dari irisan buah Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) yang dikeringkan dengan cara dijemur di bawah terik matahari. Asam potong dimanfaatkan untuk bumbu masak, bahan perasa minuman, bahan dasar pengobatan dan bahan dasar kosmetika. Sebagian masyarakat Melayu pesisir mengolah buah Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) ini menjadi manisan untuk hidangan di hari raya. Tumbuhan Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) ini masih sekerabat dengan manggis dan asam kandis, dipercaya berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara. Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) dikatakan juga sebagai tumbuhan abadi, karena dapat bertahan hidup sampai ratusan tahun, dan berbuah semakin banyak. Satu batang tumbuhan Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) yang sudah berumur lebih dari tiga puluh tahun dapat menghasilkan buah sebanyak empat ratus kilogram dalam setahun.

Menurut ukuran dan sifat buahnya, Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) dibagi menjadi dua jenis : asam batu dan asam air. Asam batu buahnya kecil-kecil (diameter 7–10 cm), bersifat berat seperti batu, serta tekstur buahnya padat, liat dan cenderung kering. Satu kilogram asam potong berasal dari empat kilogram asam batu. Sedangkan asam air buahnya besar-besar (diameter 10–14 cm), tidak seberat asam batu, serta tekstur buahnya lebih renyah, kenyal dan berair. Satu kilogram asam potong berasal dari lima kilogram asam air.

2.2. Energi Surya

Sumber energi berjumlah besar dan bersifat kontiniu terbesar yang tersedia bagi manusia adalah energi surya, khususnya energi elektrik magnetik yang dipancarkan oleh matahari. Sementara energi surya belum dipakai untuk sumber primer energi bahan bakar pada saat ini.

Tenaga surya dapat digunakan untuk:

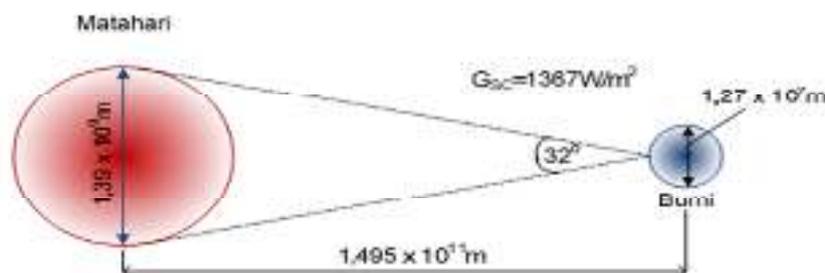
1. Menghasilkan listrik menggunakan sel surya.
2. Menghasilkan pembangkit listrik tenaga surya.
3. Memhasilkan listrik menggunakan menara surya.
4. Memanaskan gedung secara langsung.
5. Memanaskan gedung melalui pompa panas.
6. Memanaskan makanan dengan menggunakan oven surya.

Energi surya dapat dikonversikan ke bentuk energi lain, yaitu: Proses Helio chemical, proses Helio electrical, dan proses helio thermal (Anonymous, 1977).

- a. Proses Helio chemical. Reaksi helio chemical yang utama adalah proses fotosintesa. Proses ini adalah sumber dari semua bahan bakar fosil.
- b. Proses Helio electrical. Reaksi helio electrical yang utama adalah produksi listrik oleh sel-sel surya.
- c. Proses helio thermal adalah penyerapan radiasi matahari dan pengkonversian energi menjadi energi termal.

2.2.1. Teori Dasar Radiasi

Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellipse dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,49 \times 10^{11}$ m. Daya radiasi rata-rata yang diterima atmosfer bumi yaitu (G_{sc}) 1367 W/m^2 . Gambar 2.1 menunjukkan jarak antara matahari dan bumi.



Gambar 2.1 Jarak antara Matahari Dan Bumi
(Ambarita, H, 2011)

Lintasan bumi terhadap matahari berbentuk ellipse, maka jarak antara bumi dan matahari tidak konstan. Jarak terdekat adalah $1,47 \times 10^{11}$ m yang terjadi pada tanggal 3 Januari 2011, dan jarak terjauh pada tanggal 3 Juli dengan jarak $1,52 \times 10^{11}$ m. Karena adanya perbedaan jarak ini, menyebabkan radiasi yang diterima atmosfer bumi juga akan berbeda.

Beberapa istilah yang biasanya dijumpai pada perhitungan radiasi adalah :

1. *Air Mass* (m)

Air Massa adalah perbandingan massa udara sampai ke permukaan bumi pada posisi tertentu dengan massa udara yang dilalui sinar jika matahari tepat pada posisi zenit. Artinya pada posisi tegak lurus (zenit = 0) nilai $m = 1$, pada sudut zenith 60° , $m = 2$.

2. *Beam Radiation*

Radiasi energi dari matahari yang tidak dibelokkan oleh atmosfer. Istilah ini sering juga disebut radiasi langsung (*direct solar radiation*).

3. *Diffuse Radiation*

Radiasi energi surya dari matahari yang telah dibelokkan atmosfer

4. *Total Radiation*

Total Radiation adalah jumlah beam dan diffuse radiation.

5. *Irradiance* [W/m²]

Irradiance adalah laju energi radiasi yang diterima suatu permukaan persatuan luas permukaan tersebut *Solar irradiance* biasanya disimbolkan dengan G. Dalam bahasa Indonesia besaran ini biasanya disebut dengan Intensitas radiasi.

6. *Irradiation atau Radian Exposure* [J/m²]

Jumlah energi radiasi (bukan laju) yang diterima suatu permukaan dalam interval waktu tertentu. Besaran ini didapat dengan mengintegrasikan G pada interval waktu yang diinginkan, misalnya untuk 1 hari biasa disimbolkan H dan untuk 1 jam biasa disimbolkan I.

7. *Solar Time* atau Jam Matahari

Solar Time atau Jam Matahari adalah waktu berdasarkan pergerakan semu matahari di langit pada tempat tertentu. Jam matahari (disimbolkan ST) berbeda dengan penunjukkan jam biasa (*standard time*, disimbolkan STD).

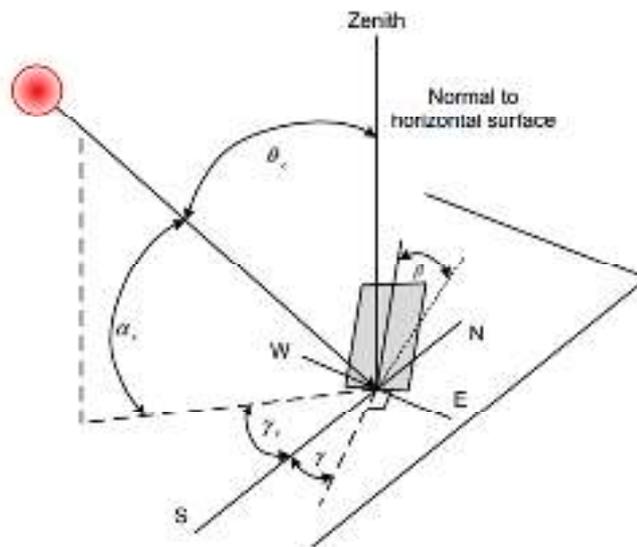
$$STD = ST \pm 4 (L_{st} - L_{loc}) + E \dots\dots\dots 2.1$$

Sementara E adalah persamaan waktu yang dihitung dengan:

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868\cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615\cos 2B - 0,04089 \sin 2 \dots\dots\dots 2.2$$

L_{st} adalah standar meridian untuk waktu local, sementara L_{loc} adalah derajat bujur daerah yang diukur.

Dalam menghitung energi radiasi matahari yang sampai ke suatu permukaan perlu dipertimbangkan beberapa sudut, karena garis edar sumbu matahari yang cukup kompleks. Gambar 2.2 Menunjukkan beberapa istilah sudut yang sering digunakan dalam analisis energi radiasi surya.



Gambar 2.2 Beberapa sudut dalam perhitungan energi radiasi matahari
(Sumber : Ambarita, H, 2011)

Beberapa sudut dalam perhitungan energi radiasi matahari antara lain:

1. Slope β adalah sudut antara permukaan yang dianalisis dengan horizontal.
2. ϕ adalah sudut lintang dimana posisi permukaan berada
3. Sudut deklinasi δ yaitu kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya.

Nilai sudut ini diperoleh dengan menggunakan persamaan yang diajukan oleh Cooper (Ambarita, H, 2011)

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \dots\dots\dots 2.3$$

atau dapat juga menggunakan persamaan yang lebih teliti, yang diajukan Spencer (Himsar, 2011)

$$\delta = 6,918 \times 10^{-3} - 3,99912 \cos B + 0,070251 \sin B - 0,006758 \cos 2B + 9,07 \times 10^{-4} \sin 2B - 0,002679 \cos 3B + 0,00148 \sin 3B \dots\dots\dots 2.4$$

Di mana nilai n merupakan nilai urutan hari dalam satu tahun yang dapat yang diperoleh dari tabel 2.1

Tabel 2.1 Urutan Hari dalam Tahun

No	Bulan	Nilai n pada hari ke- i
1	Januari	I
2	Februari	$31 + i$
3	Maret	$59 + i$
4	April	$90 + i$
5	Mei	$120 + i$
6	Juni	$151 + i$
7	Juli	$181 + i$
8	Agustus	$212 + i$
9	September	$243 + i$
10	Oktober	$273 + i$
11	November	$304 + i$
12	Desember	$334 + i$

Sumber: Ambarita, H, 2011

4. Sudut jam ω adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang. Perhitungan berdasarkan jam matahari (ST), setiap berkurang 1 jam, ω berkurang 15^0 dan setiap bertambah 1 jam, ω bertambah 15^0 .

$$\omega = 15(\text{STD} - 12) + (\text{ST} - \text{STD}) \times \frac{15}{60} \dots\dots\dots 2.5$$

Radiasi surya yang sampai ke permukaan bumi dapat dihitung secara analitis. Perhitungan radiasi surya secara analitis diberikan oleh Himsar, 2011.

Radiasi harian yang sampai ke bumi berbeda setiap harinya, karena lintasan bumi yang berbentuk elips.

Radiasi pada hari ke-n dirumuskan oleh Duffie dan Beckman (1991)

$$G_{on} = G_{sc} (1,00011 + 0,034221 \cos B + 0,00128 \sin B + 0,000719 \cos 2B + 0,000077 \sin 2B) \dots\dots\dots 2.6$$

Di mana, B diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$B = (n-1) \times 360/365 \dots\dots\dots 2.7$$

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \dots\dots\dots 2.8$$

Parameter lain yang digunakan untuk perhitungan radiasi secara teoritis yaitu, estimasi bahwa langit dalam kondisi cerah. Maka dalam hal ini perlu diketahui τ_b

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right) \dots\dots\dots 2.9$$

Di mana, nilai masing-masing parameter

$$a_0 = r_0 (0,4237 - 0,0082 (6 - A)^2) \dots\dots\dots 2.10$$

$$a_1 = r_1 (0,5055 + 0,00595 (6.5 - A)^2) \dots\dots\dots 2.11$$

$$k = r_k (0,2711 + 0,01858 (2.5 - A)^2) \dots\dots\dots 2.12$$

Di mana, A adalah ketinggian (km) dan r_0 , r_1 , dan r_k adalah koreksi akibat iklim.

Nilai faktor koreksi akibat iklim ditampilkan pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Faktor koreksi akibat iklim

Iklim	r_0	r_1	r_k
Tropical	0,95	0,98	1,02
Midiatude summer	0,97	0,99	1,02
Subartic summer	0,99	0,99	1,01

Midiatude winter	1,03	1,01	1,00
------------------	------	------	------

Radiasi *beam* adalah radisi matahari yang jatuh langsung ke permukaan bumi.

$$G_{\text{beam}} = G_{\text{on}} \tau_b \cos \theta_z \quad 2.13$$

Radiasi *diffuse* adalah radiasi hasil pantulan atmosphere

$$G_{\text{diffuse}} = G_{\text{on}} \cos \theta_z (0,271 - 0,294 \tau_b) \dots\dots\dots 2.13$$

Maka total radiasi teoritis

$$G_{\text{total}} = G_{\text{beam}} + G_{\text{diffuse}} \dots\dots\dots 2.14$$

2.2.2. Pemanfaatan Energi Surya

Dalam era ini, penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia, kemajuan teknologi dan lain lain. Namun hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber daya alam tersebut. Sehingga para ilmuwan telah mencoba mengembangkan potensi sumber daya alam yang dapat diperbarui contohnya air, angin dan energi surya. Pembahasan adalah tentang pemanfaatan energi surya, terdapat 2 macam pemanfaatan energi surya yaitu:

1. Pemanfaatan *Fotovoltaic*

Pemanfaatan energi surya ini adalah untuk menghasilkan energi listrik. Menurut Sujono (2009). Energi surya yang diubah menjadi energi listrik hanya memiliki efisiensi sekitar 10%. Gambar 2. menunjukkan pemanfaatan energi surya dengan memanfaatkan teknologi fotovoltaik.



Gambar 2.3 Sel Fotovoltaik

2. Pemanfaatan Termal

Terdapat 9 pemanfaatan termal terbesar yang sudah dilakukan dan diterapkan di beberapa negara yaitu:

a. *Solar Water Heater* (Pemanas Air Tenaga Surya)

Prinsip kerja *solar water heater* adalah memanaskan air dengan energi surya. Air dialirkan ke pipa-pipa yang pipih, biasanya dicat warna hitam untuk memaksimalkan penyerapan energi surya. Air yang telah mencapai suhu yang diinginkan disimpan ke sebuah silinder sebagai tempat penyimpanan. *Solar water heater* juga dilengkapi beberapa sensor untuk menjaga suhu air yang diinginkan. *Solar Water Heater* juga dapat memanaskan air menggunakan listrik jika cuaca hujan/mendung. Gambar 2.2 menunjukkan *solar water heater*.



Gambar 2.4 *Solar Water Heater*
(Tang, R, 2011)

b. *Solar Cooker*

Solar Cooker adalah alat memasak yang menggunakan energi surya. *Solar cooker* ini juga memiliki berbagai bentuk konstruksi. Beberapa bentuk memiliki cara kerja yang sedikit berbeda, tapi pada prinsipnya *solar cooker* menggunakan energi surya, dan diubah menjadi energi panas untuk memasak makanan.

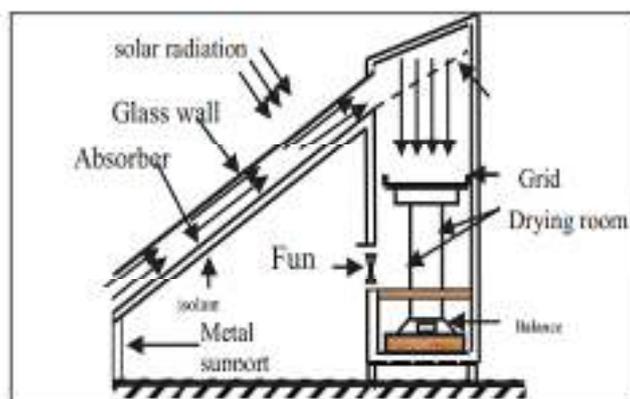


Gambar 2.5 *Solar Cooker*

(<https://www.niftyhomestead.com/blog/solar-cooker/>)

c. *Solar Drier*

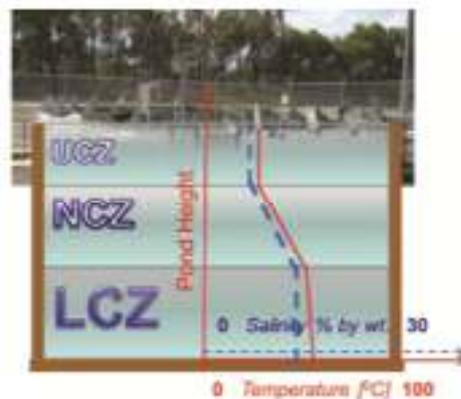
Pada negara-negara berkembang, produk-produk pertanian dan perkebunan sering dikeringkan menggunakan tenaga matahari. Konsep inilah yang digunakan sebagai acuan untuk menciptakan *solar driers*. Cara kerjanya adalah udara yang masuk ke dalam kolektor akan dipanaskan oleh energi surya, udara yang telah panas kemudian masuk ke dalam kotak pengering, kotak pengering inilah yang diisi produk-produk pertanian yang akan dikeringkan. Gambar 2.6 menunjukkan bagian-bagian utama *solar driers*.



Gambar 2.6 *Solar Drier*
(Sumber: Choicha ,S, 2014)

d. *Solar Ponds*

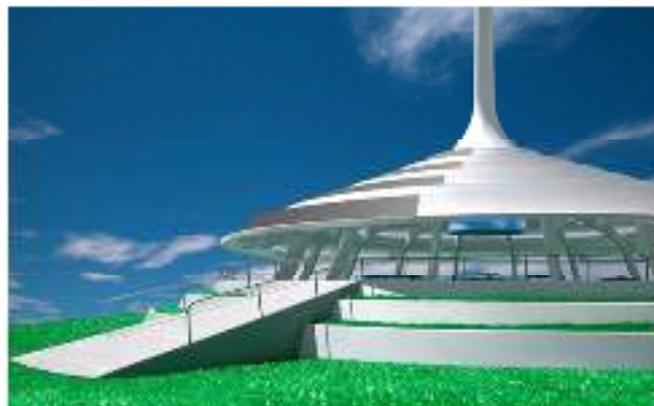
Ini tergolong aplikasi dengan skala cukup besar. Cara kerjanya adalah garam yang mengendap di dasar, dan disinari matahari akan bertambah panas. Panas ini digunakan untuk memutar turbin. Menggunakan prinsip rankine organik. Gambar 2.7 memperlihatkan konstruksi *solar ponds*.



Gambar 2.7 Skema *Solar Ponds*
(sumber: Simic, M, 2016)

e. *Solar Architecture*

Dalam bidang arsitektur, pemanfaatan energi surya telah dikembangkan. Pemanfaatan dalam bidang ini sudah cukup banyak diterapkan di Jepang. Dari segi artistik juga mendapatkan tanggapan positif demikian juga dari segi pemanfaatan energi termalnya. Fungsi dari *solar architecture* adalah untuk membuat ruangan menjadi nyaman. Gambar 2.8 menunjukkan desain perumahan yang berdasar pada *solar architecture*.

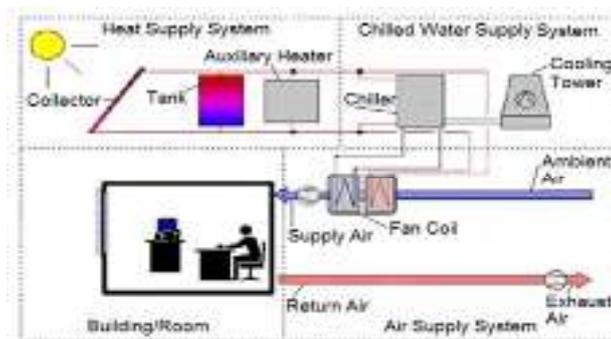


Gambar 2.8 *Solar Architecture*

[\(www://inhabitat.com/solar-wind-pavilion/\)](http://www://inhabitat.com/solar-wind-pavilion/)

f. *Solar Air-Conditioning*

Penggunaan *Air-Conditioning* mencapai puncaknya pada saat matahari terik/panas. Inilah yang dimanfaatkan menjadi *Solar-Air Conditioning*. Cara kerjanya adalah dengan kolektor tabung hampa panas yang memanaskan air untuk menggerakkan sebuah chiller penyerapan sinar matahari secara langsung. Udara digunakan sebagai pendingin. Dengan teknologi ini juga, kerusakan atmosfer akan dapat dihindarkan. Gambar 2.9 menunjukkan bagian-bagian *solar air-conditioning*.

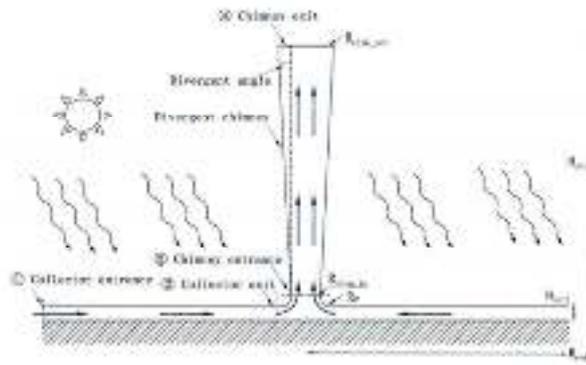


Gambar 2.9 *Solar Air-Conditioning*

www.blog.qualitytechnic.com/2012/03/solar-air-conditioning.html

g. *Solar Chimney*

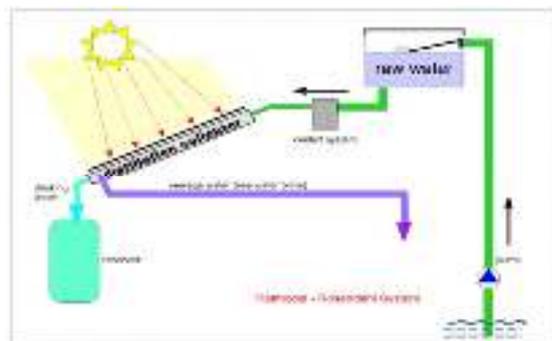
Solar Chimney digunakan untuk ventilasi pada gedung-gedung besar. Sirkulasi udara menjadi baik dan ruangan menjadi tidak terlalu panas. Biasanya juga digunakan untuk menghasilkan listrik. Cara kerjanya adalah udara dipanaskan oleh energi surya. Udara yang panas akan cenderung bergerak ke atas dan keluar melalui cerobong. Pada cerobong biasanya dipasang turbin. Udara yang bergerak ke atas akan menggerakkan turbin, sehingga menghasilkan listrik. Gambar 2.10 menunjukkan bagian-bagian utama *solar chimn*



Gambar 2.10 *Solar Chimney*
(Hu,S, 2016)

h. Solar Distillation Water

Solar Destilasi/ purification digunakan untuk memurnikan air maupun memisahkan air dengan garam. Cara kerjanya adalah air laut dipompakan setelah itu melewati kolektor, dengan panas dari energi surya ini, air akan menguap dan menyisakan garam. Uap dikondensasikan menjadi air. Sehingga didapat 2 hasil yaitu garam dan air tawar. Gambar 2.11 menunjukkan bagian-bagian *solar distillation water*.



Gambar 2.11 *Solar Distillation Water*
(<http://benjimester.hubpages.com/hub/solar-water-distiller-solar-still>)

i. Solar Powerplant

Ini merupakan aplikasi dengan skala yang sangat besar, bisa diaplikasikan di daerah gurun. Dapat menghasilkan listrik dalam kapasitas yang sangat besar. Cara kerjanya ialah energi surya yang terpapar ke reflektor, direfleksikan ke tower yang di tengah. Dari tower

itulah energi surya dikumpul dan digunakan untuk menghasilkan listrik. Gambar 2.12 menunjukkan *solar power plant* di Seville, Spanyol.



Gambar 2.12 *Solar Power Plant*

(Sumber: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=is-the-sun-setting-on-solar-power-in-spain>)

2.3. Alat Pemanas Air Tenaga Surya (*Solar Water Heater*)

Pemanas air tenaga surya (PATS) merupakan produk teknologi yang memanfaatkan energi thermal surya yang cukup populer dan banyak digunakan, terutama di hotel, villa peristirahatan hingga perumahan. Alat pemanas ini pada umumnya menggunakan absorber berbentuk plat rata yang bagian atasnya akan ditutup dengan lapisan transparan, baik kaca, maupun jenis plastik lainnya.

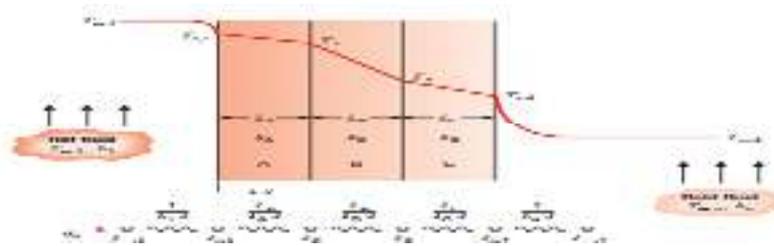
2.4. Teori Perpindahan Panas

Konversi energi yang terjadi pada alat pemanas air tenaga surya pada dasarnya adalah perpindahan panas. Panas adalah suatu bentuk energi yang dapat ditransfer dari satu system kesistem lain sebagai fungsi dari perbedaan suhu. Jumlah energi yang ditransfer ini disebut sebagai perpindahan panas (Cengel, 2002). Energi surya dapat diterima oleh plat penyerap karena perpindahan panas secara radiasi dari matahari. Energi yang diterima oleh air disebabkan karena perpindahan panas secara konduksi dan konveksi.

2.4.1. Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang memiliki energi lebih besar ke substansi dengan energi yang lebih rendah dan sebagai hasilnya terjadi interaksi antara

partikel (Cengel, 2002). Gambar 2.13 menunjukkan . Skema perpindahan panas secara konduksi.



Gambar 2.13 Skema Perpindahan Panas Secara Konduksi (Incropera,2011)

Rumus Umum :

$$q = k.A (\Delta T)$$

$$q = \frac{T_{u,1} - T_{u,4}}{\left[\left(\frac{1}{h_1.A} \right) + \left(\frac{L_A}{k_A.A} \right) + \left(\frac{L_B}{k_B.A} \right) + \left(\frac{L_C}{k_C.A} \right) + \left(\frac{1}{h_4.A} \right) \right]} \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

q = Laju perpindahan panas (W)

A = Luas penampang dimana panas mengalir (m²)

Δ T = Perubahan temperature (K)

k = Konduktivitas thermal bahan (W/mK)

L = tebal masing-masing plat A,B,C,...n. (m)

h = koefisien konveksi masing-masing fluida 1,2,...n (W/mK)

Konduktivitas termal bahan berbeda-beda tergantung jenis bahan tersebut. Jika konduktivitas semakin tinggi, maka benda tersebut dapat menghantarkan panas dengan baik, begitu juga sebaliknya. Pada kolektor surya pelat rata, bahan dengan konduktivitas termal yang baik digunakan sebagai pelat penyerap dan pipa sirkulasi, sedangkan bahan dengan konduktivitas yang buruk digunakan sebagai isolator untuk mengurangi kerugian panas yang terjadi. Tabel 2.3 menunjukkan beberapa jenis bahan dengan konduktivitasnya.

Tabel 2.3 Konduktivitas Termal Beberapa Bahan

No	Bahan	Konduktivitas termal (W/m.K)
1	Tembaga	385,0

2	Aluminium	211,0
3	Timah putih	66,0
4	Baja, 1% karat	45,0
5	Baja tahan karat	16,0
6	Kaca	1,05
7	ABS (Akrilonitril-Butadien-Stiren)	0,27
8	Polikarbonat	0,2
9	Karet alam 30 durometer	0,14
10	Karet alam 70 durometer	0,17
11	Isolasi papan serat kaca	0,043

Sumber: Jansen, T, 1995

2.4.2. Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah bentuk dari transfer energi diantara permukaan padat dan fluida yang bergerak dan terkandung efek kombinasi konduksi dan fluida bergerak.

Rumus Umum :

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas konveksi (W)

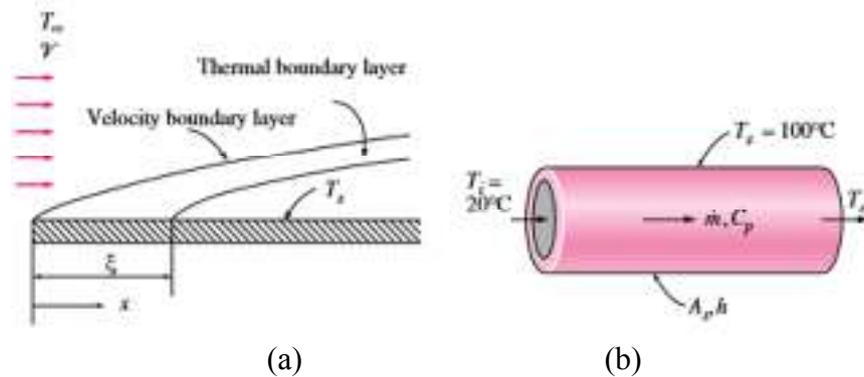
h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 K$)

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Perubahan atau perbedaan temperatur ($^{\circ}C$)

1. Konveksi Paksa

Konveksi paksa adalah perpindahan panas pada fluida yang dialirkan secara paksa. Konveksi terdiri atas dua jenis yaitu *internal forced convection* dan *external forced convection*. *Internal forced convection* adalah konveksi paksa yang terjadi didalam suatu bidang yang memiliki batas area, sedangkan *external forced convection* adalah konveksi paksa di mana fluida yang mengalir tidak memiliki batas aliran. Gambar 2.14 menunjukkan *internal forced convection* (a) dan *external forced convection* (b).



Gambar 2.14 *Internal Forced Convection* (a) dan *External Forced Convection* (b).
(Cengel, Y, 2002)

Dalam kajian *internal forced convection* terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan laju aliran fluida yang perlu diperhatikan, antara lain :

a. Bilangan Reynold

Bilangan Reynold adalah bilangan tanpa dimensi yang menunjukkan jenis aliran fluida. Menurut (Jansen, Ted) bilangan Reynold dapat diperoleh dengan:

$$Re = \frac{V \cdot d_i \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan:

V = kecepatan rata-rata fluida (m/s)

d_i = diameter dalam tabung (m)

ρ = massa jenis (kg/m³)

μ = viskositas dinamik

Bila bilangan Reynold berkisar < 2.000 maka alirannya laminar, sedangkan bila berkisar antara > 10.000 maka alirannya turbulen. Bila bilangan Reynold berada diantara 2000 -10000, maka alirannya adalah transisi

b. Bilangan Nuselt

Bilangan Nuselt adalah salah satu bilangan tanpa dimensi lainnya setelah bilangan Reynold. Bila aliran laminar maka:

$$Nu = 3,66 + [0,065 \left(\frac{D}{L}\right) Re Pr] / \{1 + 0,04 \left[\left(\frac{D}{L}\right) Re Pr\right]^{2/3}\} \dots\dots\dots 2.18$$

Bila alirannya turbulen maka:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{1/3} \dots\dots\dots 2.19$$

Persamaan di atas berlaku apabila:

$$(0,7 \leq Pr \leq 160) \text{ dan } (Re > 10.000)$$

Bila alirannya aliran transisi maka digunakan persamaan yang diajukan oleh Gnielinski:

$$Nu = \frac{(f/8) (Re-1000) Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0,5} (Pr^{2/3} - 1)} \dots\dots\dots 2.20$$

Persamaan ini berlaku, apabila:

$$(0,5 \leq Pr \leq 2000) \text{ dan } (3 \times 10^3 < Re < 5 \times 10^6)$$

Nilai f diperoleh dengan persamaan Petukhov

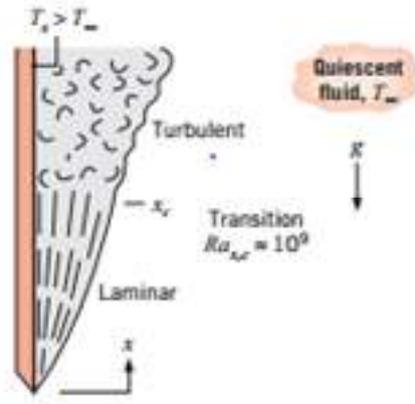
$$f = (0,790 \ln Re - 1,64)^{-2} \dots\dots\dots 2.21$$

Koefisien perpindahan panas konveksi diperoleh dengan menggunakan rumus

$$h = Nu \frac{k}{di} \dots\dots\dots 2.22$$

2. Konveksi Natural

Konveksi natural perpindahan panas yang terjadisecara alami yang mengakibatkan terjadinya aliran fluida. Gambar 2.15 memperlihatkan terjadinya konveksi alami pada suatu permukaan.



Gambar 2.15 Konveksi Alami pada Suatu Permukaan (Incropera, 2011)

Bilangan-bilangan tanpa dimensi yang sering digunakan untuk menghitung konveksi alamiah adalah (Incropera, 2011) :

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta (T_s - T_r) L^3}{\nu^2} \dots\dots\dots 2.23$$

dan

$$Ra_L = \frac{g \beta (T_s - T_r) L^3}{\nu \alpha} = Gr_L Pr \dots\dots\dots 2.24$$

Keterangan:

- Ra_L = Rayleigh Number
- g = gravitasi bumi
- T_s = suhu permukaan
- T_r = suhu ruangan
- L = panjang
- ν = viskositas kinematik (μ/ρ)
- α = diffusitas termal (k/ρ.c_p)
- Pr = bilangan Prandtl

Persamaan mencari bilangan Nusselt untuk konveksi alamiah pada plat luar telah diturunkan secara analitik, dengan asumsi bawah aliran adalah laminar. Namun faktanya,

aliran tidak selalu laminar melainkan turbulenta. Bilangan Nusselt pada plat vertikal dengan T_s konstan dapat dirumuskan sebagai berikut :

Jika bilangan $10^{-1} < Ra < 10^{12}$, maka bilangan Nusselt yang dipakai adalah [Incropera, 1985] :

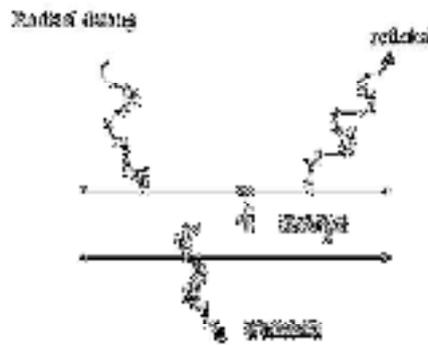
$$Nu = 0.68 + \frac{0.387 Ra^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \dots\dots\dots 2.25$$

Jika bilangan $Ra < 10^9$, maka bilangan Nusselt yang dipakai adalah (Persamaan ini lebih akurat) [Incropera, 2011] :

$$Nu = 0.68 + \frac{0.67 Ra^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \dots\dots\dots 2.26$$

2.4.3. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui media perantara (padat dan fluida). Gambar 2.16 menunjukkan skema perpindahan panas radiasi.



Gambar 2.16 Skema Perpindahan Panas Radiasi (Cengel, Y, 2002)

$$\rho_G + \alpha_G + \tau_G = 1 \dots\dots\dots 2.27$$

Penukaran panas netto secara radiasi termal diantara dua badan ideal (“hitam”) diberikan oleh (W. Gray, 1974)

$$q = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots 2.28$$

Dalam praktik pada kolektor surya, permukaan bukan pemancar atau pun penyerap yang sempurna dari radiasi termal. Permukaan “kelabu” semacam ini ditandai oleh fraksi-fraksi dari jumlah ideal yang dipancarkan dan diserap. Perpindahan panas radiasi antara pelat penyerap dengan kaca dirumuskan oleh (Jansen, T, 1995).

$$q = \frac{\sigma A (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \dots\dots\dots 2.29$$

Keterangan:

- q = laju perpindahan panas radiasi (W)
- ϵ = emisivitas bahan
- A = luas permukaan (m²)
- σ = konstanta Stefan – Boltzmann (5,67 x 10⁻⁸ W/m² K⁴)
- T₁ = temperatur permukaan 1(K)
- T₂ = temperatur permukaan 2 (K)

2.5. Analisis Radiasi pada Kolektor Surya Plat datar

Komponen utama dari sebuah solar system adalah kolektor surya. Kolektor surya adalah alat yang digunakan untuk menyerap energi radiasi, mengubahnya menjadi panas, dan mentransfernya ke fluida yang mengalir melalui kolektor.

Kolektor surya memiliki bentuk yang bermacam-macam, tetapi yang paling umum digunakan adalah kolektor surya tipe plat datar. Analisis jumlah energi pada kolektor plat datar meliputi energi yang diterima kolektor plat datar, energi yang terbuang dan energi berguna yang digunakan untuk mengeringkan kopi.

2.5.1. Analisis Radiasi yang Diterima Kolektor

Untuk menghitung perolehan energi radiasi matahari yang diterima pada sebuah permukaan datar yang dimiringkan maka digunakan persamaan yang diberikan oleh Duffie and Beckman (1991).

$$R_{b,1} = \frac{q_{in}}{q_{radiasi}} \dots\dots\dots 2.30$$

Sehingga untuk mencari nilai q_{in} digunakan persamaan berikut:

$$q_{in} = R_b \times q_{radiasi} \dots\dots\dots 2.31$$

Keterangan:

$R_{b,1}$ = rasio perbandingan perolehan energi radiasi pada bidang datar terhadap bidang yang dimiringkan

q_{in} = energi yang diterima pada bidang yang dimiringkan (Joule)

$q_{radiasi}$ = energi yang diterima pada bidang yang datar (Joule)

Untuk mencari rasio perbandingan perolehan energi radiasi pada bidang datar terhadap bidang yang dimiringkan ini digunakan persamaan yang diajukan oleh Duffie dan Beckman (1991).

$$R_{b,1} = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta} \dots\dots\dots 2.32$$

Keterangan:

ϕ = posisi lintang permukaan

β = sudut kemiringan kolektor

δ = sudut kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya

ω = adalah sudut pergeseran semu matahari dari dari garis siang.

2.5.2. Analisis Kehilangan Radiasi pada Kolektor

Kehilangan panas pada kolektor dapat diperoleh dengan menjumlahkan total panas yang terbuang pada sisi kolektor. Pada sisi depan, belakang, samping dan bawah kolektor analisis dapat digunakan dengan menggunakan analisis perpindahan panas secara konveksi dan konduksi, sementara pada sisi atas terdapat analisis yang berbeda sebagai akibat dari jumlah cover yang digunakan.

Duffie dan Beckman (1991) memberikan persamaan berikut ini untuk menghitung koefisien perpindahan panas sisi atas dari sebuah kolektor yang memiliki *cover* lebih dari 1.

$$U_t = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \left[\frac{(T_{pm} - T_a)^e}{(N + f)} \right]} + \frac{1}{h_w} \right\}^{-1} + \frac{\sigma (T_{pm} + T_a)(T_{pm}^2 + T_a^2)}{(\varepsilon_p + 0,00591 N h_w)^{-1} + \frac{2N + f - 1 + 0,133\varepsilon_p}{\varepsilon_g} \cdot N} \dots\dots\dots 2.33$$

Keterangan:

- N = jumlah penutup bagian atas
- C = 520 (1-0,000051 β²) untuk 0⁰< β< 70⁰.
- e = 0,430 (1-100/T_{pm})
- β = kemiringan kolektor
- ε_g = emisivitas kaca
- ε_p = emisivitas plat
- T_a = Temperatur lingkungan di sekitar kaca
- T_{pm} = Temperatur plat rata-rata (K)
- h_w = koefisien konveksi angin (W/m²C)

Total kehilangan panas pada kolektor dapat diperoleh sebagai total energi yang terbuang dari sebuah kolektor.

$$\Sigma Q_{out} = \Sigma Q_{o,a} + \Sigma Q_{o,s} \dots\dots\dots 2.34$$

Keterangan:

- Σ Q_{o,a} = Total energi yang terbuang dari sisi atap (Joule)
- Σ Q_{o,s} = Total energi yang terbuang dari seluruh sisi dinding (Joule)

2.6. Dasar Teori Sel Surya/Photovoltaic

Sel surya terbuat dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapis bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub

positif dan negatif. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan 0,5 volt. Sel surya merupakan elemen aktif (Semikonduktor) yang memanfaatkan efek fotovoltaiik untuk merubah energi surya menjadi energi listrik.

Pada sel surya terdapat sambungan (*junction*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (negatif). Semikonduktor jenis-N dibuat dari kristal silikon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya posfor) dalam batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan elektron bebas.

Elektron adalah partikel sub atom yang bermuatan negatif, sehingga silikon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis-N (Negatif). Semikonduktor jenis-P juga terbuat dari kristal silikon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain (umumnya boron) yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu elektron bebas. Kekurangan atau hilangnya elektron ini disebut lubang (*hole*). Karena tidak ada atau kurangnya elektron yang bermuatan listrik negatif maka silikon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis-P (Positif).

2.6.1. Prinsip Kerja Sel Surya.

Susunan sebuah solar cell, sama dengan sebuah dioda, terdiri dari dua lapisan yang dinamakan PN junction. PN junction itu diperoleh dengan jalan menodai sebatang bahan semikonduktor silikon murni (valensinya 4) dengan impuriti yang bervalensi 3 pada bagian sebelah kiri, dan yang di sebelah kanan dinodai dengan impuriti bervalensi 5.

Sehingga pada bagian kiri terbentuk silikon yang tidak murni lagi dan dinamakan silikon jenis P, sedangkan yang sebelah kanan dinamakan silikon jenis N. Di dalam silikon

murni terdapat dua macam pembawa muatan listrik yang seimbang. Pembawa muatan listrik yang positif dinamakan hole, sedangkan yang negatif dinamakan elektron. Setelah dilakukan proses penodaan itu, di dalam silikon jenis P terbentuk hole (pembawa muatan listrik positif) dalam jumlah yang sangat besar dibandingkan dengan elektronnya. Oleh karena itu di dalam silikon jenis P hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Sebaliknya, di dalam silikon jenis N terbentuk elektron dalam jumlah yang sangat besar sehingga disebut pembawa muatan mayoritas, dan hole disebut pembawa muatan minoritas.

Di dalam batang silikon itu terjadi pertemuan antara bagian P dan bagian N. Oleh karena itu dinamakan PN junction. Bila sekarang, bagian P dihubungkan dengan kutub positif dari sebuah batere, sedangkan kutub negatifnya dihubungkan dengan bagian N, maka terjadi hubungan yang dinamakan "forward bias".

Dalam keadaan forward bias, di dalam rangkaian itu timbul arus listrik yang disebabkan oleh kedua macam pembawa muatan. Jadi arus listrik yang mengalir di dalam PN junction disebabkan oleh gerakan hole dan gerakan elektron. Arus listrik itu mengalir searah dengan gerakan hole, tapi berlawanan arah dengan gerakan elektron. Sekedar untuk lebih menjelaskan, elektron yang bergerak di dalam bahan konduktor dapat menimbulkan energi listrik. Dan energi listrik inilah yang disebut sebagai arus listrik yang mengalir berlawanan arah dengan gerakan elektron. Tapi, bila bagian P dihubungkan dengan kutub negatif dari batere dan bagian N dihubungkan dengan kutub positifnya, maka sekarang terbentuk hubungan yang dinamakan "reverse bias". Dengan keadaan seperti ini, maka hole (pembawa muatan positif) dapat tersambung langsung ke kutub positif, sedangkan elektron juga langsung ke kutub positif. Jadi, jelas di dalam PN junction tidak ada gerakan

pembawa muatan mayoritas baik yang hole maupun yang elektron. Sedangkan pembawa muatan minoritas (elektron) di dalam bagian P bergerak berusaha untuk mencapai kutub positif batere. Demikian pula pembawa muatan minoritas (hole) di dalam bagian N juga bergerak berusaha mencapai kutub negatif. Karena itu, dalam keadaan reverse bias, di dalam PN junction ada juga arus yang timbul meskipun dalam jumlah yang sangat kecil (mikro ampere). Arus ini sering disebut dengan reverse saturation current atau leakage current (arus bocor).

Ada yang menarik dalam keadaan reverse bias itu. Bila suhu PN junction tsb dinaikkan ternyata dapat memperbesar arus bocor yang timbul itu. Berarti bila diberi energi (panas), pembawa muatan minoritas di dalam PN junction bertambah banyak. Karena cahaya itu merupakan salah satu bentuk energi, maka bila ada cahaya yang menimpa suatu PN junction dapat juga menghasilkan energi yang cukup untuk menghasilkan pembawa muatan. Gejala seperti ini dinamakan fotokonduktif. Berdasarkan gejala fotokonduktif itu maka dibuat komponen elektronik fotodioda dari PN junction itu. Dalam keadaan reverse bias, dengan memperbesar intensitas cahaya yang menimpa fotodioda dapat meningkatkan arus bocornya. Arus bocor dapat juga diperbesar dengan memperbesar tegangan batere (tegangan reverse), tapi penambahan arus bocornya itu tidak signifikan. Bila batere dalam rangkaian reverse bias itu dilepas dan diganti dengan beban tahanan, maka pemberian cahaya itu dapat menimbulkan pembawa muatan baik hole maupun elektron. Jika iluminasi cahaya itu ditingkatkan, ternyata arus yang timbul semakin besar. Gejala seperti ini dinamakan photovoltaic. Cahaya dapat memberikan energi yang cukup besar untuk memperbesar jumlah hole pada bagian P dan jumlah elektron pada bagian N.

Berdasarkan gejala photovoltaic ini maka dapat diciptakan komponen elektronik photovoltaic cell. Karena biasanya matahari sebagai sumber cahaya, maka photovoltaic cell sering juga disebut solar cell (sel surya) atau solar energy converter. Jadi sel surya itu pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaic sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan daya yang sebesar mungkin. Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Di bawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya. Biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel, dan dinamakan panel photovoltaic (PV). PV sebagai sumber daya listrik pertama kali digunakan di satelit. Kemudian dipikirkan pula PV sebagai sumber energi untuk mobil, sehingga ada mobil listrik surya. Sekarang, di luar negeri, PV sudah mulai digunakan sebagai atap atau dinding rumah. Bahkan Sanyo sudah membuat PV yang semi transparan sehingga dapat digunakan sebagai pengganti kaca jendela. Sel surya di Indonesia sudah mulai banyak dimanfaatkan, terutama sebagai energi penerangan di malam hari. Juga sudah dilakukan uji coba untuk membuat mobil tenaga surya. Sekarang, pemerintah sedang memikirkan untuk mengembangkan pemanfaatan sel surya ke daerah-daerah transmigrasi.

2.6.2. Daya Dan Efisiensi.

Sebelum mengetahui daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui energi yang diterima, dimana energi tersebut adalah perkalian **intensitas radiasi yang diterima dengan luasan** dengan persamaan :

$$E = I_r \times A$$

dimana :

$$I_r = \text{Intensitas radiasi matahari (W/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas permukaan (m}^2\text{)}$$

Sedangkan untuk besarnya daya sesaat yaitu perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

dimana :

$$P = \text{Daya (Watt),}$$

$$V = \text{Beda potensial (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

$$P = V \times I$$

dimana :

$$P = \text{Daya (Watt),}$$

$$V = \text{Beda potensial (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

Radiasi surya yang mengenai sel fotovoltaik dengan menggunakan alat pyranometer adalah dalam satuan mV sehingga harus dikonversikan menjadi W/m^2 , persamaan yang digunakan adalah :

$$I_r \text{ (mV)}$$

$$I_r = \frac{\quad}{21,13} \times 1000 \quad (\text{W/m}^2)$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari sinar matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100 \%$$

Sehingga efisiensi yang dihasilkan :

$$\eta_{\text{seesaat}} = \frac{P}{I_r \times A} \times 100 \%$$

dimana:

η = Efisiensi (%)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m^2)

P = Daya listrik (Watt)

A = Luasan sel surya (m^2)

Apabila pengguna menginginkan tegangan maupun arus yang lebih besar, maka panel solar cell dapat dirangkai secara seri atau paralel maupun kombinasi keduanya. Bila panel dirangkai seri maka tegangan yang naik tetapi bila dirangkai paralel maka arus yang naik.

6.2.3 Penyimpanan Arus Listrik.

Setelah mendapatkan output dari solar cell yang berupa arus listrik dapat langsung digunakan untuk beban yang dimanfaatkan. Tetapi juga arus listrik tersebut dapat digunakan sebagai pengisian dengan cara disimpan ke dalam baterai agar dapat dipergunakan pada saat yang diperlukan khususnya pada malam hari karena tidak adanya sinar matahari.

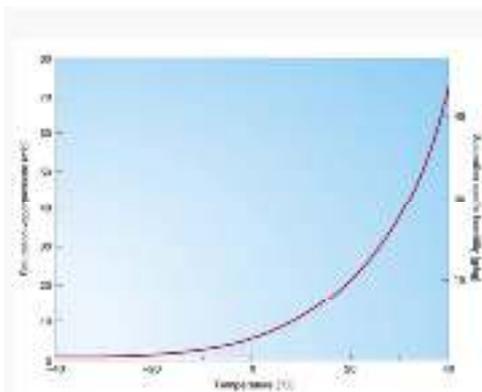
Apabila solar cell tersebut digunakan untuk penyimpanan ke baterai, maka besarnya tegangan yang dihasilkan harus diatas spesifikasi baterai tersebut. Misalnya baterai yang digunakan adalah 12 Volt, maka tegangan yang dihasilkan solar cell harus diatas 12 Volt untuk dapat melakukan pengisian.

Sebaiknya sebelum melaksanakan pengisian sebaiknya baterai dalam keadaan kosong karena arus yang masuk akan dapat terisi dengan maksimal. Satuan kapasitas suatu baterai adalah Ampere jam (Ah) dan biasanya karakteristik ini terdapat pada label suatu baterai. Misalnya suatu baterai dengan kapasitas 10 Ah akan terisi penuh selama 10 jam dengan arus output solar cell sebesar 1 Ampere.

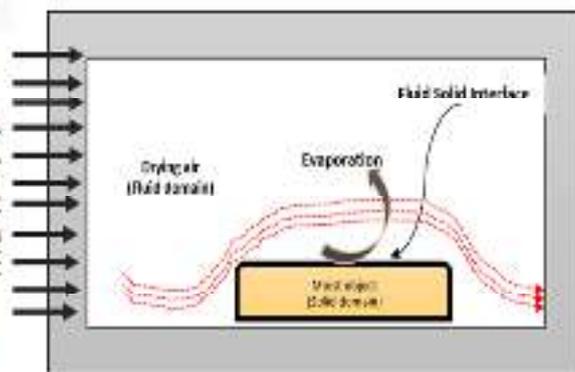
2.7 Proses Pengerinan

Proses pengerinan pada bahan dimana udara panas yang dialirkan dapat dianggap sebagai suatu proses adiabatik. Panas yang dibutuhkan untuk penguapan air bahan hanya diberikan oleh udara pengering. Ketika udara pengering menembus bahan basah sebagian panas sensibel udara pengering diubah menjadi panas laten sambil menghasilkan uap air. Sebelum pengerinan, tekanan uap air bahan adalah sama dengan tekanan uap air udara (dalam keadaan seimbang). Saat pengerinan dimulai, uap panas yang dialirkan melewati

permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap air bahan, terutama pada daerah permukaan sejalan dengan kenaikan suhunya. Pada kondisi ini terjadi perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air dan dikatakan terjadi proses pengeringan pada permukaan bahan yang diikuti dengan menurunnya tekanan uap air pada permukaan bahan. Demikian selanjutnya proses perpindahan panas berlangsung kembali secara simultan ke permukaan bahan untuk menguapkan air sampai akhirnya dicapai keseimbangan tekanan uap air bahan dengan udara sekitarnya. Waktu pengeringan didefinisikan sebagai total waktu yang dibutuhkan dari mulai sampai kesetimbangan tercapai. Kelembaban relatif membandingkan antara kandungan / tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuh atau pada kapasitas udara untuk menahan uap air. Kapasitas udara untuk menahan uap air (dalam kondisi jenuh) tergantung pada suhu udara. Tingkat saturasi sangat dipengaruhi oleh suhu. Tiga hubungan diilustrasikan pada Gambar 2.16. dan gambar 2.17



Gambar 2.17. Hubungan Uap Jenuh panas dan massa



Gambar 2.18 Mekanisme perpindahan dan Kelembaban dalam pengeringan

Teknologi pengering surya dengan menggunakan kolektor surya telah banyak dikembangkan baik jenis kolektor plat datar maupun dalam bentuk kolektor tabung vakum (KTV). Tujuan penelitian ini melakukan pengujian pengeringan dengan matahari secara konveksi terhadap kandungan Asam pada asam gelugur dengan ketebalan yang berbeda.

Ulasan solusi numerik menunjukkan bahwa untuk menggunakan energi secara efisien, proses pengeringan harus dibagi menjadi beberapa tahapan. Pada tahap pertama ketika kandungan lembab tinggi, suhu udara pengeringan lebih tinggi lebih efektif. Untuk

langkah-langkah di mana, konten lembab rendah, suhu udara pengeringan lebih rendah lebih baik

Mekanisme pengeringan melalui Kotak Pengering tidak membutuhkan perlakuan fisik untuk merubah posisi semua irisan asam Gelugur saat di keringkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metoda eksperimental dengan merancang peralatan dan melakukan pengujian dan pengambilan data-data terhadap kolektor surya. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara yang dilaksanakan pada bulan Oktober Tahun 2018.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Adapun beberapa alat pengujian yang digunakan adalah :

a. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur massa dari asam gelugur yang akan dikeringkan



Gambar 3.1 Timbangan

b. Pisau Karter dan Penggaris

Pisau karter digunakan untuk mengiris asam gelugur dengan ketebalan 5mm dengan berat 1kg, dan penggaris digunakan untuk mengukur ketebalan dari asam gelugur yang akan di iris



Gambar 3.2 Pisau Karter dan Penggaris

c. Laptop

Laptop digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang telah di dapatkan dari Hobo Microstation data Logger dan Termokopel Agilent 3 a 972 A. Ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Laptop

d. Termokopel Agilent 3 a 972 A

Alat ini dihubungkan dengan termocouple yang dipasang pada titik-titik yang akan diukur temperaturnya, setelah itu akan disimpan ke dalam alat ini dan kemudian dipindahkan ke computer untuk dapat di olah datanya. Ditampilkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Termokopel Agilent 3 a 972 A

Dengan Spesifikasi :

- 1) Daya 35 Watt
- 2) Jumlah Saluran Termocoupelel 20 buah
- 3) Tegangan 250 Volt
- 4) Mempunyai 3 saluran utama
- 5) Dapat memindai data hingga 250 saluran per detik
- 6) Mempunyai 8 tombol panel dan sistem control
- 7) Fungsional antara lain pembacaan suhu Termocouple, RTD dan Termistor arus listrik AC

e. Data Logger

Adapun fungsi dari data logger ini, yaitu :

- 1) Untuk mengukur kelembapan dari bahan yang akan diuji
- 2) Untuk mengetahui temperatur dari bahan yang diuji
- 3) Mengukur bobot dari bahan yang diuji setiap 5 menit
- 4) Mengukur kecepatan aliran panas dari kolektor surya ke box pengering 1,5 m/s konstan.



Gambar 3.5 Data Logger

f. Hobo Microstation Data Logger

Alat ini di hubungkan ke data logger untuk kemudian dihubungkan ke komputer untuk di olah datanya. Terdapat beberapa alat ukur pada Hobo Microstation data logger yaitu :

- 1) Pyranometer

Alat ini digunakan untuk mengukur radiasi matahari pada suatu lokasi.

- 2) Wind Velocity Sensor

Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan angin.

3) Ambient Measurement apparatus

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan sekitar.

g. T and RH smart sensor

Alat ini digunakan untuk mengukur kelembaban dan temperature lingkungan sekitar. Ditampilkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hobo Microstation Data Logger

Dengan Spesifikasi :

- a) Skala pengoperasian : 20° C - 50° C dengan baterai alkalin
40° C - 70° C dengan baterai lithium
- b) Input Processor : 3 buah sensor pintar *multi channel monitoring*
- c) Ukuran : 8,9 cm x 11,4 cm x 5,4 cm
- d) Berat : 0,36 Kg
- e) Memori : 512 Kb Penyimpanan data *nonvolatile flash*
- f) Interval Pengukuran : 1 detik – 18 jam (tergantung pengguna)
- g) Akurasi Waktu : 0 - 2 detik

h. Sensor Kelembapan, Load Cell, dan Jangka Sorong



(a) (b) (c)
Gambar 3.7 (a) Sensor Kelembapan, (b) Load Cell, (c) Jangka Sorong

3.2.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk pengujian tersebut yaitu :

- a. Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) 2 kg berasal dari Parsoburan



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



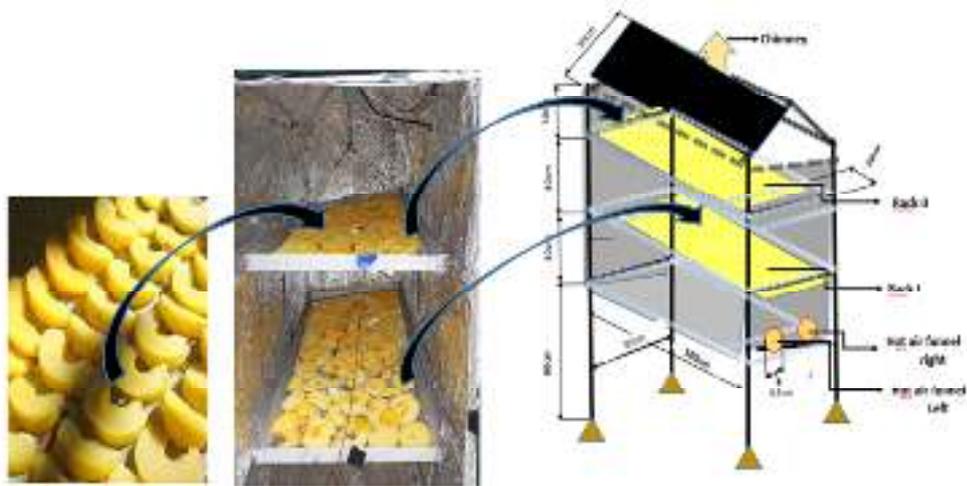
(f)

Gambar 3.8 Proses persiapan pengeringan Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*)

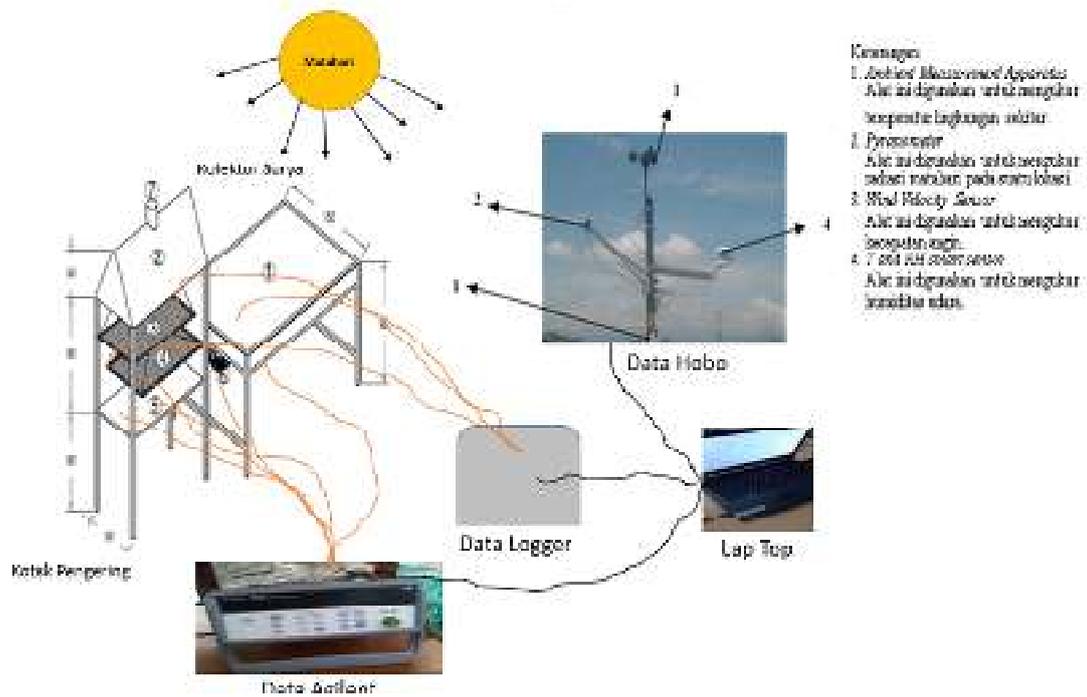
3.3. Proses persiapan Bahan

Asam gelugur yang berasal dari Parsoburan Tobasa (a) terlebih dahulu dicuci lalu di iris sesuai dengan kebutuhan yaitu tebal 3mm dan 5mm(b) selanjutnya diukur dibuat tanda dengan sigmat dan Mistar (c) setelah cukup lalu di timbang (d). Setelah di timbang maka disusun dalam rak pengering dengan tebal 5 mm di rak atas dan 3 mm dirak bawah(e) setelah disusun irisan irisan asam gelugur maka dimasukkan raknya kedalam kotak pengering (f). Pengujian dilakukan selama 2 hari atau 18 jam dimulai dari jam 08.00 samapai dengan jam 17.00 selanjutnya bahan dibiarkan tetap dalam kotak pengering hingga besoknya dimulai lagi pukul 08.00 sampai pukul 17.00 wib.

Pada proses pengeringan data yang diambil antara lain bobot asam gelugur, kelembaban, temperatur dalam kotak pengering, kecepatan aliran udara. Sementara data yang diambil diluar kotak pengering yaitu besar panas yang diserap kolektor surya yang diukur pada beberapa titik, serta data temperatur ambient, radiasi matahari dan kelembapan dengan alat ukur Hobo.



Gambar 3.9. Pengeringan dan sampel Asam Gelugur



Gambar 3.10 . Rangkaian Proses Pengujian

