

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kebutuhan energi

Kebutuhan akan sumber energi di muka bumi ini sangat mempengaruhi aspek kehidupan di dalamnya dari hubungan energi dengan musim, pemenuhan kebutuhan pokok makhluk hidup, ekonomi bahkan kebudayaan kultural suatu kelompok. Kebutuhan energi dalam rumah tangga yang sangat besar, untuk memasak atau sekedar memanaskan air (Wilson and Maryam, 2000).

Kenaikan bahan bakar pada tahun 2012 ini semakin mempersulit ekonomi rakyat golongan menengah ke bawah, sehingga banyak yang mencari sumber energi alternatif untuk mengatasi problematika ekonomi. Kayu bakar yang dahulu tergeser oleh minyak tanah dan gas elpiji mulai diminati kembali. Kuantitas dan kualitas kayu bakar untuk saat ini tidak dapat dijadikan andalan. Energi alternatif lainnya yang dapat dipilih adalah cahaya Matahari yang sering dikenal dengan istilah *solar energi* (Mazen dkk, 2008).

Kebutuhan energi dalam bentuk panas merupakan problem utama di kehidupan sehari-hari (Muller and Schwarzer, 2004). Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi energi dapat berubah bentuk. Hal ini juga berlaku bahwa cahaya Matahari dapat diubah menjadi energi panas. Permasalahan pelik yang timbul yaitu mempertahankan kalor saat cahaya Matahari meredup dan

hilang sangat sukar. Kalor hasil transformasi harus disimpan supaya saat Matahari tidak menyinari bumi masih dapat dimanfaatkan. Cara mengatasinya diperlukan bahan yang memiliki kapasitas panas jenis tinggi untuk mempertahankan simpanan kalor.

2.2. Radiasi dan sinar Matahari

Melaporkan bahwa Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi Matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi Matahari rata-rata sekitar $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ diseluruh wilayah Indonesia. Dalam kondisi puncak atau posisi Matahari tegak lurus, sinar Matahari di Indonesia seluas 1 m^2 akan mampu mencapai 900 hingga 1000 W. Total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mampu mencapai 4500 W jam/m^2 yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi Matahari. Salah satu cara sederhana dan efektif untuk memanfaatkan energi yang diperlukan untuk memasak adalah kompor tenaga surya. Kompor berkonsentrasi energi Matahari dengan merefleksikan cahaya Matahari melalui lapisan. Teknologi yang digunakan pada kompor ini disebut teknologi energi termal dengan mengubah energi Matahari menjadi energi panas pada panci. Kompor energi surya mengurangi ketergantungan terhadap listrik dan bahan bakar minyak, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.

Sinar Matahari yang melimpah di daerah tropis, termasuk Indonesia merupakan sumber energi potensial yang hingga kini belum dieksplorasi secara maksimal untuk memberikan manfaat yang tinggi. Matahari merupakan sumber energi dengan jumlah yang melimpah, murah, bersih, dan berkesinambungan. Indonesia

menerima sinar Matahari tidak kurang dari 10 jam tiap harinya karena letaknya di khatulistiwa. Pemanfaatannya di Indonesia belum optimal dalam bentuk teknologi maju, baru sebatas untuk pengeringan dan penerangan secara tradisional.

Eksplorasi artifisial di negara lain sudah banyak dilakukan, misalnya untuk pengeringan makanan (Scanlin, 1997), solar cooker di Pakistan tahun 1985 dan di Cina pada 1987, di Prancis Bernard telah mengembangkan solar panel cooker dan tak kalah Barbara Kerr di Arizona juga mengembangkan hal yang serupa.

Radiasi dari Matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan guna menggantikan energi yang dihasilkan minyak bumi. Matahari dengan jari-jari $6,96 \cdot 10^5$ km dan jarak rata-rata ke Bumi sekitar $1,496 \times 10^8$ km. Arus energi yang memasuki atmosfer bumi dengan kepadatan yang diperkirakan sebesar antara 1 sampai $1,4 \text{ kW/m}^2$ dengan arah tegak lurus terhadap poros sinar. Dari jumlah tersebut, 34% dipantulkan kembali ke ruang angkasa, 19% diserap atmosfer yaitu oleh komponen-komponen yang terdapat di udara seperti karbon dioksida (CO_2), debu dan awan. Energi yang diserap bumi kurang lebih sebesar 47% .

Radiasi Matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di Matahari. Energi radiasi Matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi Matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. Jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi tergantung 4 (empat) faktor yaitu :

1. Jarak Matahari. Setiap perubahan jarak bumi dan Matahari menimbulkan variasi terhadap penerimaan energi Matahari
2. Intensitas radiasi Matahari yaitu besar kecilnya sudut datang sinar Matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.
3. Panjang hari (*sun duration*), yaitu jarak dan lamanya antara Matahari terbit dan Matahari terbenam.
4. Pengaruh atmosfer. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diadsorpsi oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

2.3. Pemanfaatan energi Matahari

Dalam pemanfaatan energi surya dapat dibedakan menjadi tiga cara (Marwani, 2011) yaitu :

1. Pemanfaatan langsung sinar Matahari untuk pengeringan, misalnya : pengeringan baju, pembuatan garam, pengering hasil pertanian, dll.
2. Mengumpulkan energi termal Matahari melalui suatu kolektor energi surya yang selanjutnya energi termal tersebut digunakan secara langsung atau dikonversikan menjadi energi listrik.

3. Mengkonversikan energi radiasi termal Matahari langsung menjadi energi listrik melalui sel *fotovoltaik*.

Matahari dipercayai terbentuk pada 4,6 miliar tahun lalu. Kepadatan massa Matahari adalah 1,41 berbanding massa air. Jumlah tenaga Matahari yang sampai ke permukaan Bumi yang dikenali sebagai konstan surya menyamai 1.370 watt per meter persegi setiap saat. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya *fotovoltaik*. Energi surya termal pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air.

Radiasi Matahari dapat digunakan untuk menghasilkan energi termal untuk air, bisa juga digunakan sebagai sumber pemanas pada siklus pemanas mesin sebagai tenaga gerak. Kegunaan yang lain dari energi Matahari adalah menghasilkan listrik dari melalui penggunaan sel *photovoltaic*. Kata *photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani *photos* yang berarti cahaya dan *volta* yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. *Photovoltaic* merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar. Meskipun selenium gagal mengkonversi cukup listrik dari cahaya untuk

menjalankan suatu peralatan, mereka berhasil membuktikan bahwa material padat dapat menghasilkan listrik tanpa panas ataupun bagian yang bergerak.

Energi termal pada umumnya digunakan digunakan untuk memasak (kompor surya). Mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air. Energi surya *fotovoltaik* digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin di puskesmas dengan kapasitas total kurang lebih 6 MW. Prinsip kerja dari kompor Matahari adalah dengan memfokuskan panas yang diterima dari Matahari pada suatu titik menggunakan sebuah cermin cekung besar sehingga didapatkan panas yang besar yang dapat digunakan untuk menggantikan panas dari kompor minyak atau kayu bakar.

Pada perkembangan berikutnya seorang peneliti bernama Russel Ohl berhasil mengembangkan teknologi sel surya dan dikenal sebagai orang pertama yang membuat paten peranti *solar cell* modern. Pada tengah hari yang cerah radiasi sinar Matahari mampu mencapai 1000 Watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10 persen, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 Watt. Saat ini modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5 hingga 15 persen tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan

antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar Matahari.

2.4. Kompor tenaga surya

Kompor tenaga surya adalah perangkat memasak yang menggunakan energi termal Matahari melalui suatu kolektor sebagai sumber energi. Prinsip dasar cara kerja kompor surya adalah radiasi termal sinar Matahari yang jatuh pada permukaan kolektor dipantulkan ke sebuah titik atau area tertentu yang disebut titik api kolektor; konsentrasi energi termal Matahari pada titik atau area ini menghasilkan suhu yang sangat tinggi. Panci atau alat tempat memasak ditempatkan pada daerah titik api ini sedemikian rupa sehingga energi termal yang terkonsentrasi mengenai alas panci dan meneruskan energi termal tersebut ke produk yang sedang dimasak. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja kompor tenaga surya ini selain lamanya waktu bersinar dan besarnya intensitas radiasi termal dari Matahari, adalah:

- a) Refleksivitas material kolektor
- b) Luas permukaan kolektor
- c) Bentuk geometrik dan letak titik api dari kolektor
- d) Arah normal permukaan kolektor terhadap sinar Matahari yang datang.
- e) Sifat benda hitam dari panci atau alat memasak
- f) Besarnya kehilangan energi kalor ke sekitarnya.

Ada berbagai jenis kompor surya. Semuanya menggunakan panas dari cahaya Matahari untuk memasak makanan. Beberapa prinsip dasar kompor surya adalah Pemusatan cahaya Matahari. Beberapa perangkat, biasanya berupa cermin atau

sejenis bahan metal atau logam yang memantulkan cahaya, digunakan untuk memusatkan cahaya dan panas Matahari ke arah area memasak yang kecil, membuat energi lebih terkonsentrasi ke satu titik dan menghasilkan panas yang cukup untuk memasak.

Mengubah cahaya menjadi panas. Bagian dalam kompor surya dan panci, dari bahan apapun asal yang berwarna hitam, dapat meningkatkan efektivitas pengubahan cahaya menjadi panas. Panci berwarna hitam dapat menyerap hampir semua cahaya Matahari dan mengubahnya menjadi panas, secara mendasar meningkatkan efektivitas kerja kompor surya. Semakin baik kemampuan panci menghantarkan panas, semakin cepat kompor dan oven bekerja memerangkap panas. Upaya mengisolasi udara di dalam kompor dari udara di luarnya akan menjadi penting. Penggunaan bahan yang keras dan bening seperti kantong plastik atau tutup panci berbahan kaca memungkinkan cahaya untuk masuk ke dalam panci. Setelah cahaya terserap dan berubah jadi panas, kantong plastik atau tutup berbahan gelas akan memerangkap panas di dalamnya seperti efek rumah kaca. Hal ini memungkinkan kompor untuk mencapai temperatur yang sama ketika hari dingin dan berangin seperti halnya ketika hari cerah dan panas.

Ada beberapa tipe kompor tenaga surya dilihat dari segi bentuk dan kolektor yang digunakan (Noam, 1990), diantaranya :

1. Kompor tenaga surya tipe box

Sesuai dengan namanya kompor ini berbentuk kotak sederhana dapat dibuat dengan menggunakan kardus bekas, panas yang dihasilkan umumnya mencapai 150 °C ini berarti tidak sepanas kompor konvensional pada

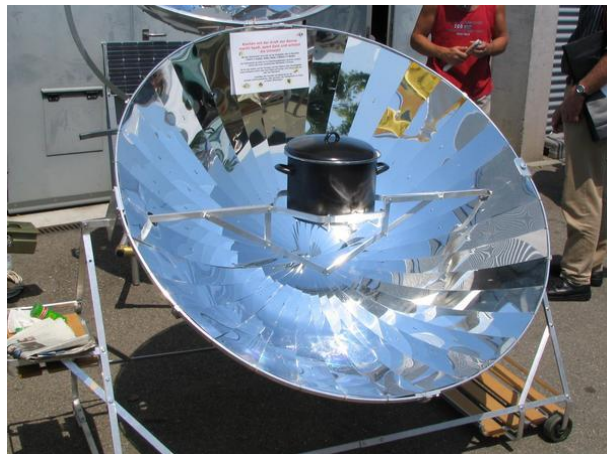
umumnya. Namun demikian, memasak dengan kompor ini sebaiknya dilakukan sebelum tengah hari. Bergantung pada lokasi berdasarkan garis lintang dan cuaca, makanan dapat dimasak baik pada pagi hari atau siang hari. Kompor ini ditemukan oleh Horace de Saussure, seorang naturalis [Swiss](#), sejak tahun 1767, kompor surya baru populer sekitar tahun 1970an. Perangkat masak yang sederhana dan berguna ini semakin banyak digunakan di berbagai negara di seluruh dunia. Adapun kompor tenaga surya tipe box dapat dilihat pada Gambar 1.

2. Kompor tenaga surya tipe parabolik

Kompor jenis mampu menghasilkan panas yang sangat tinggi dan memasak dengan cepat, namun senantiasa membutuhkan pengaturan dan pengawasan agar dapat beroperasi dengan aman. Sesuai dengan namanya kompor ini berbentuk seperti mangkuk yang berfungsi menangkap dan memfokuskan sinar Matahari yang selanjutnya akan diteruskan ke absorber. Kompor ini banyak digunakan di Negara cina dan banyak digunakan untuk memasak skala besar. Adapun kompor tenaga surya tipe parabolik dapat dilihat pada Gambar 2.

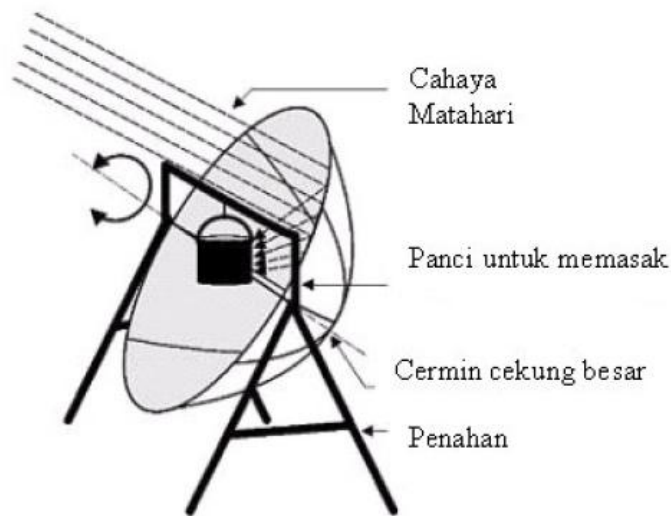


Gambar 1. Kompor tenaga surya tipe box



Gambar 2. Kompor tenaga surya tipe parabolik

Prinsip kerja dari kompor Matahari adalah dengan memfokuskan panas yang diterima dari Matahari pada suatu titik menggunakan sebuah cermin cekung besar sehingga didapatkan panas yang besar yang dapat digunakan untuk menggantikan panas dari kompor minyak atau kayu bakar. Adapun skema gambar kompor Matahari terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema kompor tenaga surya

2.5. Kolektor surya dan jenis-jenis kolektor

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar Matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya Matahari menimpa absorber pada kolektor surya sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Jenis kolektor surya yang sering digunakan adalah tipe kolektor surya prismatic, tipe kolektor surya plat datar, tipe concentrating collectors, tipe evacuated tube collectors.

Salah satu teknologi energi Matahari yang cukup sederhana adalah konversi energi Matahari menjadi energi termal melalui kolektor. Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar Matahari sebagai sumber energi utama.

Ketika cahaya Matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Kolektor surya yang pada umumnya memiliki komponen-komponen utama, yaitu (Duffie dan Beckman, 1974) :

1. Cover, berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi menuju lingkungan
2. Absorber, berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya Matahari.
3. Isolator, berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan
4. Frame, berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor.

Salah satu komponen kompor adalah kolektor surya sejalan dengan pendapat Made dan Astawa (2001), mengatakan bahwa kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi Matahari yang masuk dan diubah menjadi energi thermal dan meneruskan energi tersebut ke fluida. Kolektor surya memiliki beberapa komponen yaitu: transmisi, refleksi, dan absorpsi. Komponen transmisi dapat diperoleh dengan menggunakan kaca, refleksi dari elemen cermin dan absorber dari bahan aluminium atau kuningan yang dilapisi dengan permukaan benda hitam. Jadi dapat disimpulkan secara prinsip bahwa metode kerja dari kolektor surya adalah sama yaitu menyerap sinar Matahari.

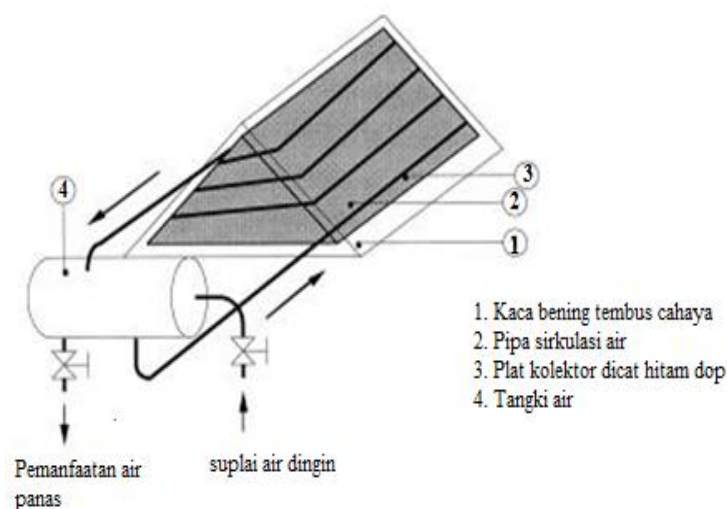
Kompor surya juga terdapat reflektor yang berfungsi untuk memantulkan cahaya dan memfokuskan cahaya kedalam kompor agar memperoleh energi radiasi

Matahari yang maksimal serta suhu didalam kompor menjadi lebih tinggi. Jumlah reflektor dapat mempengaruhi suhu pada kompor, dengan 4 reflektor dapat menaikkan suhu 20 °C lebih tinggi dari pada kompor yang hanya menggunakan 1 reflektor (Martin, 2006).

Ada beberapa jenis kolektor surya, dimana kolektor surya ini dibuat berdasarkan sifat dan kegunaannya, diantaranya kolektor surya prismatic, plat datar dan parabolik.

1. Kolektor surya prismatic

Kolektor surya prismatic adalah kolektor surya yang dapat menerima energi radiasi dari segala posisi Matahari. Kolektor jenis ini juga dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari empat bidang yang berbentuk prisma, dua bidang berbentuk segitiga sama kaki dan dua bidang berbentuk segi empat siku-siku sehingga dapat lebih optimal proses penyerapan. Tipe kolektor jenis Prismatic ini dapat dilihat seperti Gambar 4.



Gambar 4. Kolektor surya prismatic

2. Kolektor surya plat datar

Kolektor surya type plat datar adalah type kolektor surya yang dapat menyerap energi Matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana dengan bentuk persegi panjang seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kolektor surya plat datar

3. Kolektor surya parabolik

Kolektor tipe parabolik ini masuk dalam tipe konsentrator dengan titik fokus yang sangat tinggi dimana dalam prakteknya harus dalam pengawasan orang dewasa, kolektor ini mampu menghasilkan panas sangat tinggi. Kolektor tipe parabolik dapat dilihat pada Gambar 2.

Keuntungan dari reflektor terkonsentrasi adalah sebagai berikut:

- Dapat menghasilkan output temperatur tinggi.
- Kehilangan panas lebih kecil karena permukaan absorber lebih kecil.

Sedangkan kerugiannya adalah hanya dapat memanfaatkan komponen radiasi langsung saja, kecuali pada jenis kolektor dengan perbandingan konsentrasi rendah. Kolektor terkonsentrasi mempunyai dua komponen utama, yaitu:

- Konsentrator adalah permukaan yang mengkonsentrasikan radiasi Matahari.
- Receiver adalah penerima radiasi dari konsentrator dan mengkonversikan menjadi energi panas

Reflector (konsentrator) berfungsi untuk memantulkan sinar ke daerah titik fokus.

Sifat-sifat bahan reflector yang penting adalah sebagai berikut (Brenndorfer, et.

Al., 1985 dalam Haryanto, 1998) :

1. Memiliki reflektivitas yang tinggi
2. Memiliki absorpsivitas dan konduktivitas panas yang rendah
3. Memiliki emisivitas tinggi
4. Awet dan kuat
5. Stabil pada suhu tinggi.

2.6. Receiver (absorber)

Menurut (Duffie and Beckman, 1974), melaporkan bahwa penggunaan panci memasak warna hitam dapat menghasilkan suhu yang lebih tinggi dari aluminium. Menggunakan panci hitam menghasilkan 10 °C lebih tinggi didalam panci dan 13 °C pada permukaan panci. Pelat absorber berfungsi menyerap radiasi surya dan mengkonversikanya menjadi panas. Energy dialirkan melalui fluida kerja udara secara konveksi. Bahan yang baik untuk absorber antara lain harus mempunyai sifat absorpsivitas tinggi, emisifitas panas rendah, kapasitas panas kecil, konduktivitas besar, refleksi rendah, tahan panas, tahan korosi, kaku dan mudah dibentuk (Yazmendra, 2004). Kompor berbentuk kotak umumnya mencapai

temperatur 150°C pada keadaan normal akan memasak pada suhu $82 - 135^{\circ}\text{C}$, namun makanan cukup untuk dapat dimasak pada suhu $82 - 91$ derajat celsius yang dikatakan oleh (Yousif dan Badran, 2012)

2.7. Perpindahan panas

Sebagai suatu gambaran mengenai tiga cara perpindahan panas dalam sebuah alat pemanas cairan surya, panas mengalir secara konduktif sepanjang pelat penyerap dan melalui dinding saluran. Kemudian panas dipindahkan ke fluida dalam saluran dengan cara konveksi, apabila sirkulasi dilakukan dengan sebuah pompa maka disebut konveksi paksa. Pelat penyerapan yang panas ini melepaskan panas ke pelat penutup kaca (umumnya menutupi kolektor) dengan cara konveksi alami dan cara radiasi. Bila dua benda atau lebih terjadi kontak termal maka akan terjadi aliran kalor

dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah hingga terjadinya kesetimbangan termal. Sedangkan pada kompor bertenaga surya perpindahan panas secara radiasi terjadi pada saat energi terpancar ke kolektor yang selanjutnya akan di pantulkan ke absorber. Pada proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Sinar Matahari yang melimpah di daerah tropis, termasuk Indonesia merupakan sumber energi potensial yang hingga kini belum dieksplorasi secara maksimal untuk memberikan manfaat yang tinggi. Matahari merupakan sumber energi dengan jumlah yang melimpah, murah, bersih, dan berkesinambungan. Indonesia menerima sinar Matahari tidak kurang dari 10 jam tiap harinya karena letaknya di khatulistiwa. Pemanfaatannya di Indonesia belum optimal dalam bentuk teknologi maju, baru sebatas untuk pengeringan dan penerangan secara tradisional. Eksplorasi artifisial di negara lain sudah banyak dilakukan, misalnya untuk pengeringan makanan (Scanlin, 1997)