

ANALISA PERFORMA ALAT PEMASAK ENERGI SURYA
PHOTOVOLTAIC KAPASITAS 2 LITER TERHADAP PERBANDINGAN
WADAH MEMASAK ALUMINIUM DENGAN STAINLESS STEEL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata
Satu (S-1) Program Studi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen

Medan

Oleh:

JOY RAY PROUD LUMBAN RAJA

20320049



Sidang Meja Hijau Telah Dilaksanakan
Pada Hari Selasa, 10 September 2024 Dan Dinyatakan Lulus

Penguji I

Dr. Ir. Parulian Siagian, S.T, M.T, CRM
NIDN : 020096805

Pembimbing I

Siwan E. Perangiangin, S.T, M.T
NIDN : 01030689040

Fakultas Teknik

Dekan



Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T
NIDN : 0121026402

Penguji II

Ir. Suriady Sihombing, M.T
NIDN : 0130016401

Pembimbing II

Dr. Richard A. M. Napitupala, S.T, M.T
NIDN : 0126087301

Program Studi Teknik Mesin
Ketua

Ir. Suriady Sihombing, M.T
NIDN : 0130016401

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi saat ini masih didominasi oleh sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, yaitu energi fosil. Seiring berjalannya waktu, pada akhirnya energi fosil yang tersedia di alam bisa habis, yang dapat menyebabkan terjadinya krisis sumber energi. Perlu adanya inovasi baru untuk upaya pencegahan terjadinya krisis energi (Ropiudin, 2021). Penggunaan secara terus menerus bisa menghasilkan kinerja pembangkit semakin berat dan minyak bumi menjadi bahan bakar pembangkit semakin menipis (Afif & Martin, 2022). Salah satu faktor utama yang menghipnotis jumlah konsumsi energi pada semua global serta emisi gas rumah kaca merupakan memasak. Pengembangan energi alternatif secara intensif perlu dilakukan sebagai solusi dalam mengatasi kelangkaan sumber energi yang dapat menyebabkan krisis sumber energi (Ropiudin, 2021). Pemanfaatan energi matahari sebagai energi listrik adalah salah satu bentuk tenaga cara lain terbarukan. berdasarkan Perpres 22 tahun 2017, Indonesia akan memaksimalkan penggunaan tenaga bersih atau terbarukan dan meminimalkan penggunaan minyak bumi guna menunjang program pengembangan pembangkit listrik energi surya di Indonesia buat mencapai 6,5 GW di tahun 2025 (Faaizun Alfarisi & Sariman, 2022).

Negara Indonesia memiliki energi matahari dengan potensi yang sangat tinggi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energy. Ditinjau dari letaknya, Indonesia merupakan Negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis sehingga distribusi radiasi matahari cukup stabil sepanjang tahun. Indonesia menjadi negara dengan potensi besar dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dimana Kota Medan memiliki Potensi sebesar 4,55 kWh /m²/ hari. Realisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada tahun 2020 mencapai 0,15 GWp dari potensi energi surya di Indonesia sebesar 207,8 GW (Afif & Martin, 2022). Dilihat dari segi keunggulan, pembangkit listrik tenaga surya memiliki keunggulan yaitu tidak menghasilkan polusi, udara, serta mudah didapatkan. Pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan harus lebih banyak digunakan Energi matahari merupakan salah satu contoh energi terbarukan

yang ada di alam dan tidak ada habisnya. Penggunaan energi matahari juga

memiliki efek positif pada lingkungan (Rahmad & Rangkuti, 2018). Oleh karena itu, Indonesia secara teoritis memiliki potensi yang baik untuk pengembangan sistem tenaga surya karena radiasi harian rata-rata di atas $4 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ pertahun.

Pemanfaatan energi surya dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti penggunaan kompor listrik. Panel surya sebagai adalah alat pengkonveksi panas menjadi listrik yang nantinya akan diterapkan pada kompor listrik sebagai pengganti kompor dengan berbahan LPG. Kompor listrik adalah suatu peralatan yang menggunakan listrik untuk memanaskan sesuatu ataupun memasak makanan. Pemakaian kompor konvensional seringkali menyebabkan terjadinya kebakaran atau kecelakaan kerja yang ditimbulkan oleh api kompor (Qomaruddin et al., 2021). (Faaizun Alfarisi & Sariman, 2022) juga mengutarakan bahwa teknologi memasak menggunakan listrik tenaga surya yang terisolasi dapat memberikan kenyamanan yang lebih aman bagi penggunanya, serta bagi lingkungan lokal dan global. Keunggulan lainnya bahwa kompor listrik telah dibuat dengan material pilihan, dan menghasilkan kompor yang lebih efisien dibandingkan menggunakan kompor konvensional, tidak menghasilkan asap dan mengganggu pada hasil produksi batik tulis. Adapun alat pemasak *solar cooker* dengan kapasitas tersebut menurut (Maslani, 2017) setiap orang minimal mengkonsumsi air 2 liter sehari agar tidak kekurangan air atau dehidrasi dapat berdampak negatif pada tingkat kinerja, kognitif dan mood. Penelitian ini memanfaatkan sebuah alat pemasak menggunakan *sollar cell* yang telah dirancang sebagai pengganti bahan bakar minyak dan gas yang bertujuan untuk mengganti bahan bakar LPG dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan panel surya. Sehingga penulis mengambil judul **“Analisis Performa Alat Pemasak Energi Surya Photovoltaic Kapasitas 2 Liter Terhadap Perbandingan Wadah Memasak Aluminium dengan Stainless Steel”**.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana performa dan efisiensi alat pemasak surya *photovoltaic* kapasitas 2 liter wadah aluminium dengan stainless steel dalam memasak?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan efektivitas alat pemasak energi surya *Photovoltaic*?

3. Bagaimana kinerja alat *solar cooker* wadah aluminium dan stainless steel dalam memasak air dan bahan makanan lainnya dalam kegiatan sehari-hari?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian tidak mencakup aspek perancangan dan pembuatan alat, tetapi hanya fokus pada evaluasi performa alat.
2. Batasan waktu penelitian akan diatur untuk periode tertentu, agar data yang diperoleh mencerminkan kondisi yang relevan.
3. Penggunaan alat pemasak energi surya photovoltaic kapasitas 2 liter difokuskan pada penggunaan rumah tangga.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis efisiensi dan performa alat pemasak energi surya *photovoltaic* kapasitas 2 liter dengan wadah aluminium dengan stainless steel dalam memasak.
2. Menganalisis pengaruh variabel-variabel tertentu, seperti intensitas cahaya matahari, dan efisiensi panel surya terhadap kinerja alat.
3. Mengevaluasi keberhasilan alat dalam memenuhi kebutuhan energi untuk memasak sehari-hari.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang efisiensi dan kinerja alat pemasak energi surya *photovoltaic*, yang dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.
2. Dengan membandingkan ke efektifan wadah aluminium dan stainless dalam menghantarkan panas yang lebih baik terhadap kenaikan suhu pada alat pemasak energi surya photovoltaic kapasitas 2 liter.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dan disusun lebih terinci. Adapun rincian dari kelima bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penulis dalam memilih judul penelitian, Tujuan kebutuhan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah yang dibahas dalam penelitian, tujuan penelitian, manfaat serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi dasar teori yang membahas tentang isi penelitian yaitu menjelaskan penelitian yang terkait, energi surya, PLTS, sel surya, prinsip kerja *solar cooker*, termodinamika, dan perpindahan panas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini terdapat rincian tahapan ataupun proses penelitian dimulai dari tempat dan waktu penelitian, peralatan yang digunakan dalam penelitian, skema alat penelitian, serta proses pengambilan data yang dibutuhkan apa dalam penyusunan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjelasan mengenai data serta analisisnya berada pada bab ini, dimulai dari data yang diperoleh, kemudian diolah, dihitung, dan di analisa guna mendapatkan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini ialah bab penutup berisi kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian serta saran yang bisa ditinjau untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan permasalahan yang akan di selesaikan. Teori dan referensi di dapat baik dari buku, jurnal, *Paper*, artikel dan sumber lainnya yang berkaitan. Berikut beberapa penelitian yang menjadi referensi:

1. Dalam penelitian yang berjudul Perbandingan Eksperimental Kompor PV DC dan Piringan Parabola Kompor Surya dalam Kondisi Radiasi Matahari Yang Bervariasi (Mawire et al., 2024), Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan dua kompor tenaga surya dalam kondisi cuaca yang tidak ideal. Perbandingan dilakukan dalam kondisi radiasi matahari yang bervariasi untuk membandingkan kinerja kedua alat masak ini dalam segala cuaca. Eksperimen untuk membandingkan kompor surya bertenaga baterai PV DC dan kompor surya parabola disajikan dalam makalah ini. Sebanyak enam pengujian pemanasan air dilakukan untuk membandingkan secara komprehensif kedua jenis kompor tenaga surya ini dalam kondisi radiasi matahari yang berbeda. Selain itu, empat tes memasak makanan dilakukan dengan jenis makanan berbeda. Kompor surya PV menunjukkan input daya listrik yang hampir konstan pada kisaran 160–180 W selama uji eksperimental sedangkan daya termal masukan untuk parabola sangat bervariasi tergantung pada kondisi radiasi matahari. Air direbus dalam semua pengujian pemanasan dengan kompor PV, sedangkan air direbus untuk pengujian dengan variabilitas radiasi matahari rendah untuk kompor surya parabola. Efisiensi pemanasan air lebih tinggi dalam kisaran kecil diperoleh untuk kompor PV dibandingkan dengan kompor surya parabola. Efisiensi pemanasan air dari kompor surya parabola sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari sekitar dan kondisi kecepatan angin. Makanan dimasak dengan baik dengan kompor PV dalam keempat pengujian memasak makanan, sedangkan makanan hanya dalam dua pengujian dengan variabilitas radiasi matahari rendah yang dimasak dengan baik untuk kompor surya parabola.

2. Dalam penelitian Studi Kinerja Kompor Tenaga Surya Berbasis Keranjang Untuk Bantuan Kemanusiaan di Uganda (Schindelholz et al., 2024). Studi ini mengeksplorasi kesesuaian kompor tenaga surya berbasis keranjang untuk memasak di Uganda, negara khatulistiwa. Kompor tenaga surya dirancang agar mudah dibuat dan didasarkan pada bahan daur ulang dan tersedia secara lokal. Kinerjanya dalam hal potensi memasak, tenaga, dan efisiensi energi dievaluasi. Model nodal adalah dikembangkan, divalidasi dan digunakan untuk menilai kemampuan memasak. Hasil menunjukkan hari memasak yang efektif di Bidi Pemukiman pengungsi Bidi untuk padi, pisang raja dan ubi jalar masing-masing selama 328, 314 dan 295 hari setiap tahunnya, dengan pertimbangan untuk hari berawan dan makanan boros energi. Kompor tenaga surya menawarkan keuntungan besar, termasuk kemandirian bahan bakar, penghematan finansial, dan pengurangan dampak lingkungan. Untuk mendorong adopsi, pendirian pusat memasak tenaga surya untuk pendidikan dan pembangunan kompor diusulkan. Tenaga surya yang tersebar luas penggunaan kompor mempunyai potensi untuk mengurangi deforestasi, meningkatkan kesehatan, dan meningkatkan pendidikan.
3. Dalam penelitian Sistem Untuk Memberi Daya Pada Kompor Surya Otonom Dengan Baterai (Lamkaddem et al., 2022), mengusulkan kompor tenaga surya otonom yang inovatif (*hot plate* dan *oven box*) dipasok oleh baterai. Energi listrik dihasilkan oleh panel fotovoltaik (PV) dan disimpan dalam baterai (24 V, 520 Ah). Oleh karena itu, kompor ini diberi daya melalui konverter penguat Arus Searah / Arus Searah (DC/DC) (400 W) yang terdiri dari tiga sel identik diparalel. Sakelar daya dikendalikan oleh sirkuit digital yang menghasilkan tiga Pulsa Sinyal Modulasi Lebar (PWM) pada 20 kHz dengan siklus kerja α yang dapat disesuaikan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk daya listrik 375 W dan duty cycle $\alpha = 0,7$ maka rata-rata umur induktor arus tiap sel adalah sebesar 3,8 A. Sedangkan tegangan dan arus DC pada terminal input/output konverter bernilai 24 V / 11,5 A, dan 75 V / dan 5A, masing-masing. Dengan kondisi tersebut maka efisiensi sistem catu daya yang digunakan akan meningkat kompor berada pada urutan 90% dan suhu resistor termalnya mencapai 700 °C. Semua besaran listrik sesuai dengan hasil yang diperoleh

melalui simulasi menggunakan lingkungan *Orcad Pspice*. Kompor inovatif ini termasuk panas piring dan oven kotak diuji secara eksperimental dalam berbagai kasus: memanaskan satu liter air, memasak makanan (1 kg kentang goreng), dan memanggang roti. Waktu pemanasan yang diperoleh adalah sekitar masing-masing 25 menit, 20 menit, dan 30 menit. Apalagi menurut kasus memasaknya, itu kapasitas baterai yang “dikonsumsi” bernilai 4,2% - 5,52% dari kapasitas baterai yang terisi penuh. Semua hasil ini menunjukkan, di satu sisi, pengoperasian DC/DC tiga sel yang tepat *boost converter* ditenagai oleh baterai, dan, di sisi lain, kelayakan pemanasan air dan memasak makanan menggunakan kompor tenaga surya otonom yang diusulkan dalam penelitian ini.

4. (Faaizun Alfarisi & Sariman, 2022) Pada penelitian ini PLTS dikaitkan dengan kinerja kompor listrik. Tujuan penelitian ini yaitu mensimulasikan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya terhadap kompor listrik 300 W dan menganalisis kinerja dan membuat rangkaian PLTS terhadap kompor listrik. Penelitian dilakukan selama 10 hari. Penelitian menggunakan Panel Surya tipe *Polysrystalline* 100 Wp. Terminal blok, *Solar Charge Controller*, serta menggunakan 2 buah beban yaitu baterai 12 V, dan kompor listrik DC sebagai alat pemasak nasi dan air. Pengambilan data dilakukan mulai pukul 08:00-17:00 WIB dengan arah panel menghadap condong kearah barat sebesar 45 °. Data yang diperoleh, didapatkan tegangan rata-rata maksimum pada hari ke-1 (19,84 V), tegangan rata-rata minimum pada hari ke delapan (18,02 V); Arus maksimum pada hari ke-6 (1,85 Amp), arus minimum pada hari ke-7 (1,12 Amp), serta lama pemakaian kompor listrik terlama pada hari pertama dengan durasi 62 menit 2 detik.

2.2 Energi Surya

Matahari memiliki peran penting bagi seluruh makhluk hidup di bumi khususnya manusia, karena energi yang diberikannya yaitu cahaya dan panas memberikan manfaat yang dapat mendukung kelangsungan hidup. Tanpa kehadiran matahari disistem tata surya yang energinya sampai ke bumi melalui beberapa lapisan diruang angkasa, mungkin tidak akan terjadi proses kehidupan flora dan

fauna di planet ini. Sumber energi alternatif lainnya seperti energi angin, proses terjadinya juga bermula dari matahari. Pembakaran bahan bakar fosil merupakan proses pelepasan energi surya yang tersimpan didalam tanaman jutaan tahun silam. Energi surya dengan jumlahnya yang sangat besar ketika sampai kebumi energi yang dapat diterima hanya sedikit. Energi yang dikeluarkan matahari sangatlah besar setiap detiknya dan juga mengandung massa sehingga berat matahari akan berkurang ketika terjadi pelepasan energi. Energi panas matahari merupakan energi yang potensial untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber cadangan energi terutama bagi negara yang terletak di daerah khatulistiwa terutama indonesia, dimana matahari dapat bersinar sepanjang tahun.

Energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh matahari yaitu berupa sinar dan panas (radiasi energi yang dipancarkan oleh matahari berbentuk panas dan cahaya). Untuk memperoleh sumberdaya dalam bentuk lain dari energi surya adalah dengan cara mengubah energi panas surya melalui peralatan tertentu. Energi surya juga merupakan salah satu alternatif pembangkit energi selain air, uap, angin, biogas, batubara, dan minyak bumi. Pemanfaatan energi surya perlu menggunakan suatu rangkain teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan. Tanpa adanya matahari yang menghasilkan energi bagi planet kita dan merupakan faktor utama pendukung kehidupan, karena energi surya adalah bentuk energi paling melimpah yang tersedia di planet kita. (Anwar Ilmar et al., 2016) Tidak diragukan lagi bahwa energi surya adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan juga sumber energinya banyak tersedia di alam.

Bumi menerima energi dari matahari hanya 69% dari hasil total pancaran energi matahari. Sedangkan suplay energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1% saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia (Yuliananda et al., 2015).

2.3 PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan sinar matahari dengan menggunakan “*Photovoltaic cell* atau *solar cell*” energi tersebut yang diubah menjadi energi listrik. Unsur utama yang memungkinkan diperolehnya energi listrik dari cahaya matahari secara langsung adalah sel surya, energi photovoltaic (PV) merupakan sumber tenaga listrik yang sesuai untuk berbagai penggunaan yang memerlukan listrik yang relatif terbatas (Ma'mun, 2021). Suatu PLTS memiliki komponen utama yaitu panel surya, *solar charger controller*, inverter dan baterai atau AKI. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2. 1 Rangkaian Sistem Kerja PLTS

Adapun Rangkaian Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya:

2.3.1 Cahaya Matahari

Cahaya matahari atau disebut sebagai energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh matahari yaitu berupa sinar dan panas (radiasi energi yang dipancarkan oleh matahari berbentuk panas dan cahaya).

2.3.2 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Teknologi fotovoltaik (*photovoltaic / PV*) adalah teknologi yang digunakan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Yang di maksud dengan efek *photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karenan adanya hubungan atau kontak dua elektrodanya dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya.

2.3.3 Panel Kontrol (*solar charge controller*)

Pengatur pengisian muatan baterai atau disebut dengan kontroler pengisian (*solar charge controller*). Komponen ini berfungsi untuk mengatur besarnya arus listrik yang dihasilkan oleh modul PV agar penyimpanan ke baterai sesuai dengan kapasitas baterai. Alat ini berfungsi untuk mengatur tegangan maksimal dan minimal dari baterai dan memberikan pengamanan terhadap sistem, yaitu proteksi terhadap pengisian berlebih (*overcharge*) oleh penyinaran matahari, pemakaian berlebih (*overdischarge*) oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke modul surya, melindungi terjadinya hubung singkat pada beban listrik dan sebagai interkoneksi dari komponen-komponen lainnya.

2.3.4 Baterai

Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja.

2.3.5 Inverter

Inverter adalah konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Fungsi dari sebuah inverter adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan keluaran dapat bernilai tetap atau berubah-ubah pada frekuensi tetap atau berubah-ubah. Tegangan keluaran yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan tegangan masukan DC dan menjaga penguatan inverter bernilai tetap. Sebaliknya jika tegangan masukan DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan keluaran yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan dari inverter. Variasi penguatan inverter biasanya

diperoleh dengan menggunakan pengendali *Pulse-Width-Modulation* (PWM) dan *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) yang ada di dalam inverter.

2.4 Sel Surya

Sel surya adalah suatu perangkat yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip fotovoltaiik, yaitu adanya energi foton pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang lebih luar. Sedangkan menurut wikipedia sel surya adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar diode p-n junction, di mana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Efek ini timbul terutama pada semikonduktor listrik karena elektron dalam material terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Sel surya pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaiik sehingga dapat menghasilkan daya sebesar mungkin. Sel surya mempunyai pengertian yaitu suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Pengertian tersebut berdasarkan irisan sel surya yang terdiri dari bahan semi konduktor positif dan negatif dengan ketebalan minimum 0,3 mm, yang apabila suatu cahaya jatuh padanya, maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan sehingga menimbulkan suatu arus searah. Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu, maka energi kinetik dari foton akan menembak ke atom-atom logam tersebut. Atom logam yang iradiasi akan melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron bebas inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu. Sel surya adalah semikonduktor dimana radiasi surya langsung diubah menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan untuk membuat sel surya adalah silikon kristal. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya. Agar dapat digunakan sebagai bahan sel surya, silikon dimurnikan hingga satu tingkat yang tinggi.

Pada umumnya dalam perhitungan sinar matahari ada waktu 5 jam dalam maksimumnya dalam sehari untuk melakukan perhitungan listrik. Apabila modul sel surya memiliki kapasitas output sebesar 50 wp dengan tegangan 12 volt, dapat memberikan output daya sebesar 50 watt/jam dengan tegangan 12 volt. Untuk

perhitungan daya yang dihasilkan per hari sebesar 50 watt x 5 jam maksimum *peak* intensitas cahaya matahari, atau sebesar 250 watt per hari.

2.4.1 Jenis – Jenis Panel Surya

Solar cell merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu *solar cell* sangat kecil maka beberapa solar cell harus digabungkan sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut modul. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Karena itu, pada saat pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan). Panel Surya *type* terbaru mempunyai daya 130 *wattpeak/m²*. Berdasarkan pada tipe bahan *solar cell* nya, modul surya yang umum dipakai dikategorikan kedalam 3 tipe dengan efisiensi konversinya yaitu perbandingan antara daya yang dihasilkan modul surya dengan radiasi matahari yang ditangkap modul surya dalam satuan (%):

1. *Type Mono Crystalline*; terbuat dari silikon kristal tunggal, efisiensi konversi paling tinggi (12%-18%). Secara visual dapat dilihat dimana warna solar cell merata. Harga tipe modul ini relatif paling mahal. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
2. *Type Poly Crystalline*; terbuat dari silikon kristal banyak (Poly), saat ini paling banyak dipakai, efisiensi lebih rendah dari monokristal tetapi lebih tinggi dari amorphous. (10%-15%). Secara visual dapat dilihat dimana warna permukaan solar cell tidak merata dan seragam, karena susunan pada kristalnya tertata secara acak. Harga tipe modul ini relatif lebih murah dari monokristal, tetapi tetap bisa menghasilkan energi listrik saat dalam kondisi mendung.
3. *Type Amorphous*; terbuat dari silikon yang tidak terbentuk kristalnya, oleh karenanya disebut juga sebagai non kristalin. Secara visual tipe modul surya ini dapat dilihat dari *solar cell* nya yg berupa lembaran (sheet, dan bukan kotak-kotak kecil seperti tipe kristalin) dan juga dari ukuran fisiknya.

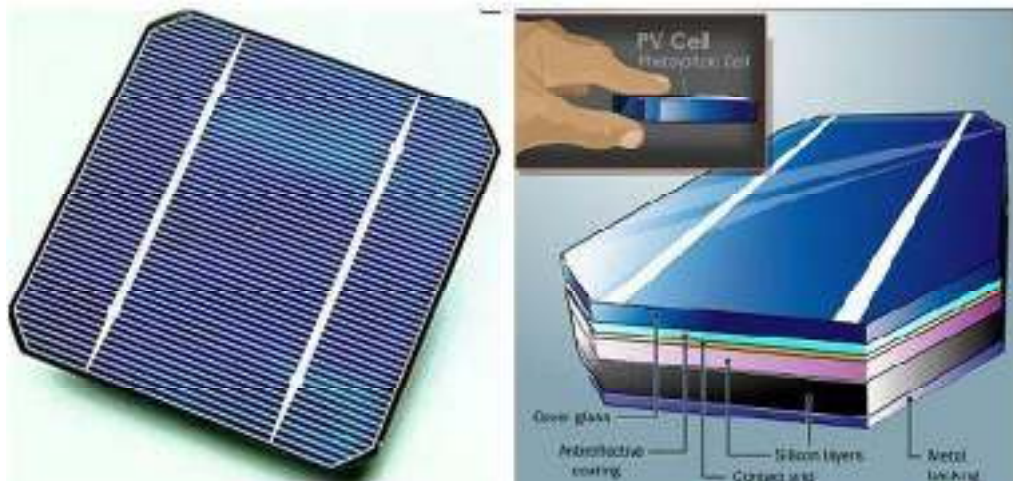
Karena efisiensi konversinya yang rendah (paling rendah diantarakedua tipe di atas berkisar 8%-12%), maka ukuran modul surya tipe ini hampir dua kali lipat dari ukuran modul surya kristalin dengan kapasitas yang sama. Beberapa tahun yang lalu tipe ini ditinggalkan para pemakainya karena ketidakstabilan keluarannya apabila terkena matahari langsung. Belakangan beberapa produsen mengklaim bahwa teknologi amorphous telah diperbaiki dan dapat menghasilkan listrik yang lebih stabil. Tipe ini paling murah di antara dua tipe lainnya.

2.4.2 Prinsip Kerja Panel Surya

Sel surya terbuat dari bahan semi konduktor yang tersusun atas kutup positif dan negatif. Prinsip kerja dari sel surya sendiri adalah memanfaatkan efek fotovoltaiik, yaitu mampu mengubah cahaya matahari ke energi listrik secara langsung. Sel surya terbentuk dari bahan dasar silikon berkristal tunggal yang kemudian dimurnikan hingga membentuk suatu unsur atom. Dengan terbentuknya sifat atom tersebut, maka terbentuk pula suatu elektromagnetik yang dapat menyebabkan efek Fotovoltaiik. Atom merupakan partikel pembentuk suatu unsur. Atom terdiri dari inti dengan muatan positif yang disebut proton dan neutron yang bermuatan netral Inti atom dikelilingi sejumlah elektron yang bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi 14 proton dan dikelilingi 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum elektron dalam masing-masing lintasan mengikuti pola $2n^2$, dengan n adalah nomor lintasan dari atom. Apabila atom atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom itu akan membentuk suatu pola teratur yang disebut kristal. Setiap atom silikon mempunyai 4 buah elektron valensi dan mempunyai 4 atom tetangga. Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron untuk dipakai bersama-sama dengan atom yang berada ditengah. Atom yang ditengah mendapat tambahan 4 elektron dari tetangga sehingga jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan positif akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.

2.4.3 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula (Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya: Jenis-jenis teknologi”). Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).



Gambar 2. 2 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari:

1. *Substrat/Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *molybdenum*. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan *amorphous* silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (*copper oxide*) bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS , dll) yang membentuk *p-n junction*. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

3. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan anti reflektif

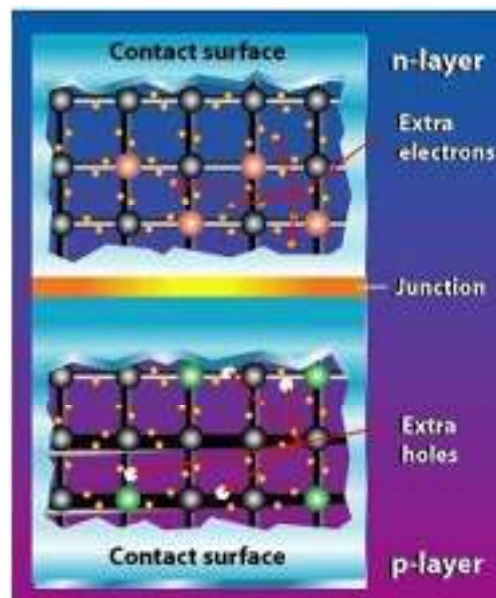
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan antirefleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / *cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.4.4 Cara Kerja Sel Surya

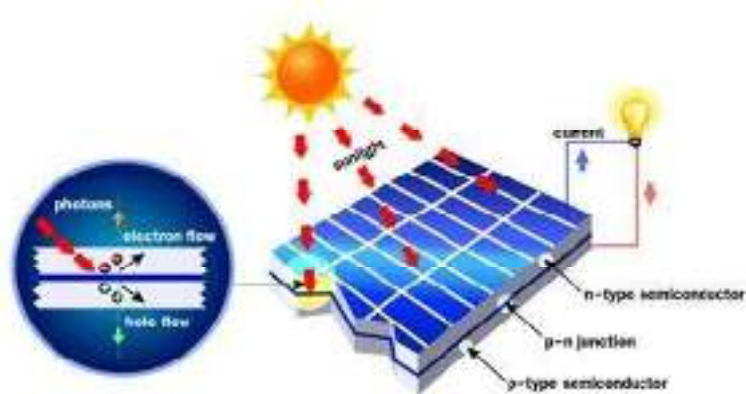
Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya (Ma'mun, 2021). Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2. 3 *Junction* antara semikonduktor tipe-p (kelebihan *hole*) dan tipe-n (kelebihan elektron)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan *hole*) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya

dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.



Gambar 2. 4 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

2.4.5 Distribusi Listrik Dari Solar Cell Ke Baterai

Solar cell merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga ramah lingkungan, selain itu tidak menghasilkan suara yang bising, dan tahan lama. Seperti pada penjelasan sebelumnya bahwa *solar cell* sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang masuk pada permukaannya. Yang terjadi adalah bahwa daya yang disuplai oleh solar cell ini berubah-ubah dan tidak stabil tergantung kondisi penyinaran saat itu, sehingga apabila *solar cell* ini dihubungkan secara langsung ke beban, maka dapat merusak beban tersebut. Solusinya adalah dengan menggunakan sistem penyimpanan energi yang menyimpan energi listrik tersebut untuk kemudian disambungkan ke beban, sehingga apabila kondisi penyinaran matahari dalam keadaan mendung, dari sistem penyimpanan energi tersebut masih dapat menyuplai beban secara stabil.

Sistem penyimpanan energi yang sering digunakan adalah baterai/*accumulator*. *Solar cell* yang memiliki nominal tegangan 12 V, biasanya dapat menghasilkan tegangan yang berubah dari 8 - 20 V, sedangkan baterai yang digunakan mempunyai tegangan nominal 12 V. Adanya perbedaan antara tegangan keluaran dari solar cell dan baterai tentu saja memiliki dampak, yaitu kerusakan pada baterai yang berakibat akan mengurangi lifetime dari baterai. Oleh karena dibutuhkan regulator tegangan yang mengubah tegangan *solar cell* tersebut ke 12 V. Regulator ini selain berfungsi sebagai *regulator* tegangan, juga harus

mempunyai fungsi sebagai dioda proteksi, sehingga hanya melewatkan arus yang menuju baterai dan tidak ada arus balik ke *solar cell*. Apabila sore, dengan tidak adanya penyinaran dari matahari, tegangan dari *solar cell* bisa lebih kecil dari baterai yang memungkinkan adanya arus balik dari baterai ke *solar cell*, tapi dengan adanya dioda proteksi ini hal tersebut tidak terjadi. Regulator ini juga disebut sebagai *Charger*.

2.5 Prinsip Kerja Solar Cooker PV

Kompur listrik menggunakan prinsip konduksi untuk memanaskan panci atau wadah memasak. Pada kompor listrik, ada elemen pemanas yang terbuat dari bahan resistif, seperti kawat resistansi atau pita pemanas (*band heater*). Ketika listrik dialirkan melalui elemen pemanas, ia menghasilkan panas karena resistansi dalam bahan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas ditransfer ke panci atau wadah memasak melalui konduksi (Qomaruddin et al., 2021). Ketika panci diletakkan di atas elemen pemanas, panas tersebut ditransfer langsung ke dasar panci karena kontak langsung antara panci dan elemen pemanas. Sebagai akibatnya, panci atau wadah memasak memanaskan dan mampu memasak makanan yang ada di dalamnya. Proses ini mewakili pemanasan konduksi, di mana panas ditransfer langsung melalui kontak fisik antara dua benda yang berbeda suhu. Untuk kompor dalam penelitian ini, energi surya fotovoltaik (PV) surya akan menyediakan energi listrik yang dibutuhkan untuk memasak dengan mengandalkan konduksi panas dari pita pemanas. Untuk mengetahui efisiensi dari *solar cooker* adalah dengan sebagai berikut:

Daya pemanas masukan listrik yang disuplai ke *Solar Cooker* dapat ditentukan dengan mengalikan arus terukur dan tegangan yang melintasi Panci, dan dapat diperkirakan sebagai:

$$P = VI$$

Di mana V adalah tegangan yang diukur dan I adalah arus yang diukur. Daya (P) yang dihasilkan, untuk mencari persentase dari daya baterai sebagai :

$$\eta_{baterai} = \frac{V_{awal} - V_{akhir}}{V_{awal}} \times 100$$

Dimana $\eta_{baterai}$ adalah persentase baterai yang digunakan, V_{awal} tegangan baterai sebelum dipakai dan V_{akhir} adalah tegangan baterai setelah selesai

digunakan, setelah itu mencari daya yang dihasilkan dari intensitas radiasi matahari sebagai :

$$P_{PV} = \bar{G} \times A_{pv} \times \eta_{PV}$$

P_{PV} daya yang dihasilkan oleh photovoltaic, \bar{G} ialah radiasi matahari, A_{pv} adalah luas dari PV dan η_{PV} efisiensi dari PV , setelah mendapat daya kita bisa mencari kalor yang masuk dari PV dan baterai dinyatakan sebagai:

$$Q_{baterai} = P_{baterai} \text{ nominal} \times \eta_{baterai}$$

$$Q_{PV} = P_{PV} \times t$$

Setelah kita mendapatkan kalor masuk dari baterai dan PV kita bisa mendapatkan kalor masuk saat pengujian dengan menjumlahkan kalor tersebut persamaan sebagai:

$$Q_{in} = Q_{baterai} + Q_{PV}$$

Selain kalor masuk kita mencari kalor yang digunakan untuk pemanasan air (Q_{in}), dengan menggunakan rumus kalor yang dipakai sebagai:

$$Q = m c \Delta T$$

Massa (m) sebagai berat fluida yang digunakan, c kalor jenis air (4,186 J/gr°C) bahan, ΔT sebagai perubahan suhu, efisiensi pemasakan dapat diperkirakan dengan rasio kalor yang masuk terhadap kalor keluar, yang dinyatakan sebagai:

$$\eta_{sc} = \frac{Q_{Out}}{Q_{In}}$$

Hasil dari perhitungan (η_{sc}) memberikan persentase efisiensi pemasakan dari *solar cooker* saat pengujian.

2.6 Termodinamika

Termodinamika berasal dari dua kata yaitu thermal (yang berkenaan dengan panas) dan dinamika (yang berkenaan dengan pergerakan). Termodinamika adalah ilmu dimana penyimpanan, transformasi, dan transfer energi dipelajari. Energi disimpan sebagai energi internal (terkait dengan suhu), energi kinetik (karena gerakan), energi potensial (karena elevasi) dan energi kimia (karena komposisi kimia), berubah dari salah satu bentuk energi dan ditransfer melintasi batas baik sebagai panas atau gerak. Hukum termodinamika pertama dan kedua dirumuskan pada abad ke-19 oleh para ilmuwan mengenai peningkatan efisiensi mesin uap. Termodinamika mempunyai penerapan praktis dalam semua cabang sains dan

teknologi seperti halnya dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, mulai dari urusan cuaca sampai urusan masak-memasak. Termodinamika memainkan peran penting dalam memahami dan memanfaatkan sumber energi terbarukan (Ropiudin, 2021).

2.7 Perpindahan Panas

Panas atau kalor dijelaskan sebagai bentuk energi yang dapat berpindah diantara dua sistem (atau dari sistem ke lingkungan) dengan sifat perbedaan temperatur (suhu). Panas adalah sebuah energi dalam keadaan transisi, dia dapat dikenali apabila melewati batas sistem sehingga dalam termodinamika panas (*heat*) sering disebut juga dengan transfer panas (*heat transfer*). Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut terdapat kecepatan perpindahan panas yang terjadi atau dikenal dengan laju perpindahan panas (Ropiudin, 2021).

Adapun rumus laju perpindahan kalor sebagai berikut:

$$Q = m c \Delta T$$

Diketahui:

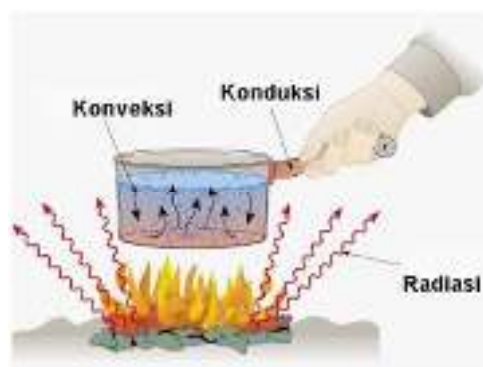
Q = energi panas diperlukan (joule)

c = kapasitas kalor spesifik (kJ/kg°C).

m = massa makanan (kg atau gram).

ΔT = perubahan suhu (°C).

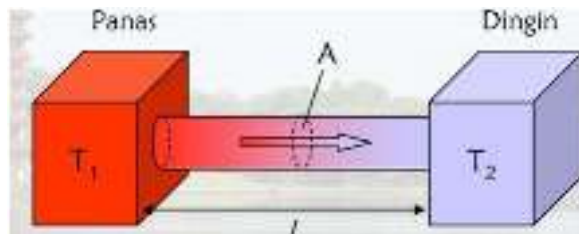
Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi - kondisi tertentu. Terdapat tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui yaitu konduksi (hantaran), konveksi (aliran), dan radiasi (pancaran).



Gambar 2. 5 Perpindahan Panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi

2.7.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah melalui media yang diam sebagai benda penghubung. Besar kecil perpindahan panas ditentukan oleh karakteristik zat dan benda yang dilalui panas pada waktu perpindahan dari satu benda ke benda lain. Dalam aliran panas konduksi perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Laju perpindahan panas akibat gerakan mikroskopis, dalam gas proses transfer kalor memiliki energi yang lebih tinggi, sebagai molekul-molekul gas secara acak bergerak melalui volume gas terdapat transfer energi bersih dari bagian suhu tinggi ke zona suhu rendah. Dalam padatan proses transfer kalor dari suhu tinggi ke suhu rendah disebabkan oleh migrasi elektron atau getaran ikatan molekul



Gambar 2. 6 Perpindahan Panas Konduksi

Laju perpindahan panas konduksi jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan kesebandingan, maka:

Tanda (-) menunjukkan kenyataan bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam suatu skala suhu. Nilai angka konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Konduktivitas termal k adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satuan luas jika gradien suhunya satu. Jadi bahan yang mempunyai konduktivitas termalnya rendah disebut isolator (*insulator*). Logam (tembaga) biasanya merupakan konduktor panas yang baik. Hal ini disebabkan adanya logam kimia yang lebih kuat dari ikatan kovalen dan ikatan ionik serta memiliki elektronbebas dan berasal dari struktur Kristal, sedangkan fluida (cairan dan gas) merupakan konduktor yang buruk.

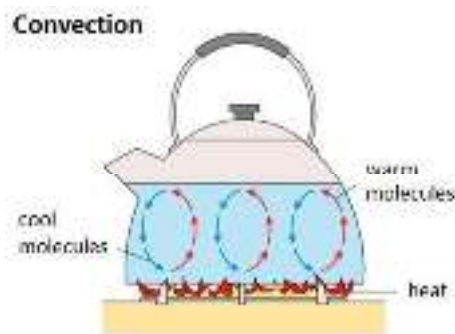
Tabel 2.1 Konduktivitas *Thermal* Berbagai Bahan

	Konduktivitas Thermal (k)
Bahan	W/m. □
Logam	
Perak (murni)	410
Tembaga (murni)	385
Aluminium (murni)	205
Nikel (murni)	93
Besi (murni)	73
Baja karbon, 1% C	43
Timbal (murni)	35
Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16.5
Austenitic Stainless Steel (304,316)	15-25
Ferritic Stainless Steel (430)	25-30
Martensitic Stainless Steel	15-25
Bukan Logam	
Kuarsa (sejajar sumbu)	41.6
Magnesit	4.16
Marmar	2.08-2.94
Batu pasir	1.83
Kaca jendela	0.78
Kayu Male	0.17
Serbuk gergaji	0.059
Wol kaca	0.038
Glass wool	0.04
Rock wool	0.045
Zat cair	
Air raksa	8.21
Air	0.556
Amonia	0.54

Minyak lumas, SAE 50	0.147
Freon 12, CC12F2	0.0073
Gas	
Hidrogen	0.175
Helium	0.141
Udara	0.024
Uap air	0.0206
Karbon dioksida	0.0146

2.7.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya transfer energi dalam bentuk kalor antara suatu permukaan dan fluida yang bergerak di atasnya. Transfer energi terjadi karena adanya gerakan molekul secara acak (*random*) atau karena adanya gerakan fluida.



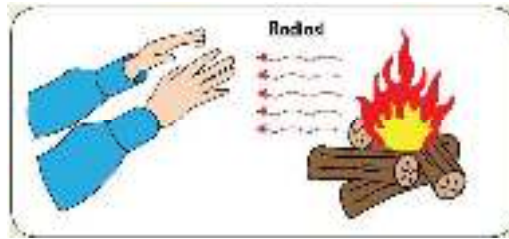
Gambar 2. 7 Perpindahan Panas Konveksi

Pada persamaan mendefinisikan tahanan panas terhadap konveksi. Koefisien pindah panas permukaan h , bukanlah suatu sifat zat, akan tetapi menyatakan besarnya laju pindah panas didaerah dekat pada permukaan itu. Dalam perpindahan panas secara konveksi.

2..7.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah di mana tidak diperlukan zat atau benda penghubung sebagai media, serta panas memancar dengan cara radiasi gelombang elektromagnetik. Pada proses radiasi, energi *thermal* di ubah menjadi energi radiasi.

Energi ini termuat dalam gelombang elektromagnetik, saat gelombang elektromagnetik tersebut berinteraksi dengan materi energi *thermal*.



Gambar 2. 8 Perpindahan Panas Radiasi

Adapun yang dimaksud dengan perpindahan panas radiasi (pancaran) adalah perpindahan panas melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan panas, pada hakikatnya proses perpindahan panas secara radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnetik. Semakin tinggi suhu bahan tersebut maka semakin tinggi pula energi panas yang disinarkan, bahan yang dianggap mempunyai ciri-ciri yang sempurna dalam proses radiasi adalah benda berunsur hitam. Pada perpindahan panas radiasi, di mana panas merambat secara lurus dan dalam perambatan panas tidak diperlukan medium.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, skema alat penelitian, prosedur penelitian dan diagram alir. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen (uji coba). Tujuan dari penelitian untuk mendapatkan hasil performa alat pemasak energi surya *photovoltaic* (*Solar Cooker*) terhadap perbandingan wadah memasak aluminium dan stainless steel. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian dipaparkan sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen, Jl. Sutomo No.4A Medan, Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan dan komponen yang perlu digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. *Photovoltaic*

Panel surya adalah kumpulan sel surya yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari.



Gambar 3.1 Panel Surya

b. *Solar charge controller*

Berfungsi untuk mengatur besarnya arus listrik yang dihasilkan oleh modul PV agar penyimpanan ke baterai sesuai dengan kapasitas baterai.



Gambar 3.2 *Solar Charge Controller*

c. *Inverter*

Inverter adalah konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Fungsi dari sebuah inverter adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan.



Gambar 3.3 *Inverter*

d. Baterai / aki

Baterai adalah sumber energi yang dapat merubah energi kimia yang di simpannya menjadi energi listrik yang dapat di gunakan seperti perangkat elektronik. Fungsi menyediakan atau menyuplai energi listrik bagi alat pemasak energi surya PV (*Solar Cooker*).



Gambar 3.4 Baterai

e. Kabel

Berfungsi sebagai penghubung dan penghantar daya dari sumber listrik sampai ke alat *solar cooker* PV.



Gambar 3.5 Kabel

f. *Solar Cooker PV*

Solar Cooker PV adalah sebagai alat yang digunakan untuk memasak dengan energi surya yang dikonversi menjadi listrik menggunakan prinsip konduksi untuk memanaskan panci (wadah) menggunakan *band heater*/pita pemanas 300W sebagai konduktor pemanas yang diikatkan pada panci.



Gambar 3.6 Solar Cooker PV AC Wadah Stainless Steel dan Wadah Aluminium

g. *Stopwatch*

Stopwatch adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan dalam melakukan kegiatan penelitian alat pemasak energi surya PV (*Solar cooker PV*).



Gambar 3.7 Stopwatch

h. *Vessel Automatic Weather Station (Hobo)*

Vessel Automatic Weather Station adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat penyinaran/radiasi matahari pada satu lokasi. sering digunakan juga untuk menganalisis dan memprediksi kondisi cuaca.



Gambar 3.8 *Vessel Automatic Weather Station*

i. *Rockwool Isulator*

Insulasi *rockwool* merupakan konduktor panas yang baik, tetapi lembaran dan gulungan insulasi ini efisien dalam menghalangi perpindahan panas. Bahan ini sering digunakan untuk mencegah penyebaran api pada bangunan, mengingat titik lelehnya yang sangat tinggi yaitu 1.800°F hingga 2.000°F. Digunakan sebagai insulasi pada alat *Solar Cooker*. Sebagai insulator Didalam *Solar cooker*.



Gambar 3.9 *Rockwool Isulator*

j. Timbangan Digital

Timbangan Digital merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran untuk mengukur suatu berat atau beban maupun massa pada suatu zat.



Gambar 3.10 Timbangan Digital

k. Multimeter Digital

Alat ini berfungsi sebagai alat ukur yang dipakai untuk mengukur, arus listrik, dan tahanan (resistansi). sedangkan pada perkembangannya Multitester masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, yang maksudnya A (*ampere*), V(*volt*), dan O(*ohm*)



Gambar 3.11 Multimeter Digital

l. Tang Ampere

Tang ampere bisa digunakan untuk mengukur arus listrik. Namun, sebagai alat ukur arus listrik, tang ampere hanya dapat membaca arus bolak-balik (AC).



Gambar 3.12 Tang Ampere

m. Volt Meter AC

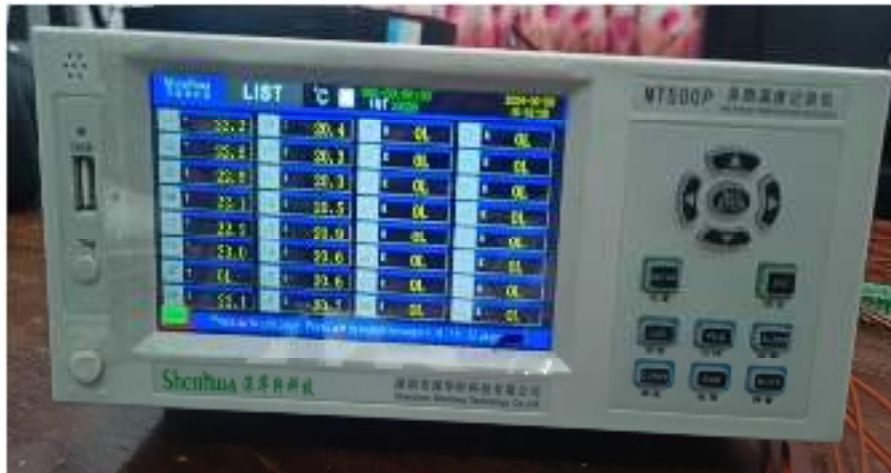
Voltmeter merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur besar tegangan AC listrik yang ada di suatu rangkaian listrik dalam besaran dan satuan tertentu. Batas ukur dalam voltmeter dinyatakan dalam milivolt (mV), voltmeter (V), mikrovolt, atau kilovolt (kV).



Gambar 3. 13 Volt Meter AC

n. *Multi-Channel Temperature Data Logger*

Sebuah data *logger* suhu multi-kanal adalah perangkat yang digunakan untuk memantau dan merekam variasi suhu di beberapa titik secara bersamaan. Biasanya terdiri dari sensor yang terhubung ke beberapa saluran, masing-masing mampu mengukur suhu secara independen. Seperti termokopel tipe K.



Gambar 3.14 *Multi-Channel Temperature Data Logger*

o. Termokopel Tipe K

Termokopel tipe K beroperasi berdasarkan efek *Seebeck* , yang menghasilkan tegangan saat terdapat perbedaan suhu antara dua sambungan logam yang berbeda. Tegangan ini sebanding dengan perbedaan suhu dan dapat diukur untuk menentukan suhu pada sambungan penginderaan secara akurat .



Gambar 3.15 Thermokopel Tipe K

3.2.2 Bahan

Bahan – bahan yang diperlukan untuk pengujian diantara lain: air dan kentang.

3.3 Variabel Yang Diamati

1. Intensitas radiasi matahari: yang diterima oleh alat pemasak energi surya PV dan rata-rata radiasi saat melakukan pengujian, dapat diukur dalam (W/m^2).
2. Suhu: perbandingan pengukuran suhu *solar cooker* wadah masak aluminium dan wadah stainless steel yang dilakukan didalam sistem, untuk mengetahui suhu dari pemanasan fluida diukur menggunakan Temperature Data Logger dalam derajat Celsius ($^{\circ}C$).
3. Daya: daya yang didistribusikan dari *Photovoltaic* ke baterai hingga pada beban AC yaitu *Solar Cooker* diukur dengan Multimeter, Tang ampere, dan Volt meter (*Volt DC, Volt AC, Ampere, Watt*).
4. Massa bahan: Pengukuran massa bahan seperti air dan kentang, diukur menggunakan timbangan digital.
5. Kapasitas pemasakan: yang dapat dimasak dalam percobaan alat *solar cooker* seperti memasak air 1000 ml, 1500ml dan 2000ml. Untuk kentang 249 gr dan 104 gr.
6. Efisiensi Energi: yang digunakan untuk memanaskan makanan atau fluida dalam memasak, diukur dalam joule (J).
7. Data Perhitungan: Data perhitungan meliputi energi kalor yang diterima, energi kalor yang hilang, dan efisiensi dari sistem tersebut.
8. Tingkat keandalan alat *Solar cooker PV* dapat diukur dengan rasio waktu operasional berhasil terhadap waktu total operasional yang diinginkan.

3.5 Skema Alat Penelitian

Alat pemasak energi surya photovoltaic kapasitas 2 liter terhadap perbandingan wadah dengan sistem solar panel/ PLTS :



Gambar 3.16 Skema Alat Penelitian

Keterangan Gambar :

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Photovoltaic</i> Panel surya | 11. <i>Vessel Automatic Weather Station</i> |
| 2. <i>Solar Charge Controller</i> | (T1) = Suhu pada fluida SC1 |
| 3. Baterai | (T2) = Suhu pada dinding dalam SC1 |
| 4. Inverter | (T3) = Suhu pada dinding luar SC1 |
| 5. <i>Solar Cooker</i> PV 1 (Stainless S) | (T4) = Suhu pada ruangan sekitar SC1 |
| 6. <i>Solar Cooker</i> PV 2 (Aluminium) | (T5) = Suhu pada fluida SC2 |
| 7. <i>Temperature Data Logger</i> | (T6) = Suhu pada dinding dalam SC2 |
| 8. <i>Multimeter</i> | (T7) = Suhu pada dinding luar panci SC2 |
| 9. Tang Ampere | (T8) = Suhu pada ruangan sekitar SC2 |
| 10. Volt Meter AC | |

3.6 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan ialah diantara lain :

1. Persiapan Alat penelitian dan pastikan semua komponen berfungsi dengan baik.



Gambar 3.17 Menyiapkan alat-alat yang diperlukan seperti Panel Surya.



Gambar 3.18 Menyambungkan kabel untuk alat seperti pada panel, SCC, baterai, inverter, *Solar Cooker PV*



Gambar 3.19 Menyiapkan Data Logger dan Memasang Thermokopel tipe K pada titik-titik yang telah ditentukan



Gambar 3.20 Menyiapkan alat pengukur arus dan tegangan berupa: Tang ampere dan multimeter digital. Catat Arus DC, AC dan Ampere yang telah diukur



Gambar 3.21 Pengaturan pengukuran alat untuk kegiatan pengujian yang akan dilaksanakan

2. Persiapan bahan bahan yang akan di uji seperti: menimbang massa pada air dan kentang. Kemudian memasukkan kedalam wadah *Solar cooker*.



Gambar 3.22 Menimbang massa pada Air



Gambar 3.23 Menuangkan bahan kedalam wadah *solar cooker*



Gambar 3.24 Menimbang massa pada kentang yang akan di uji



Gambar 3.25 Menuangkan ke dalam wadah *Solar Cooker*

3. Pencatatan data-data saat sedang melakukan pengujian



Gambar 3.26 Catat suhu pada berbagai waktu dan kondisi pada titik – titik yang dipasang dengan termokopel tipe K yang tertera pada Temperatur data logger dan setelah pengujian data tersebut bisa diambil dengan flashdisk.



Gambar 3.27 Catat Arus DC, AC dan Ampere yang diukur dengan Tang amper dan Multimeter digital dengan setiap 1 menit menggunakan *stopwatch*.

4. Pengukuran radiasi matahari menggunakan sensor radiasi pada alat *Vessel Automatic Weather Station* atau bisa dengan pyranometer setelah pengujian.
5. Pengujian kinerja alat dengan variasi jumlah air dengan 1000 ml, 1500 ml, 2000 ml, dan merebus kentang dengan 1 alat *solar cooker* dan 2 alat *solar cooker*, dari intensitas radiasi matahari dan baterai yang digunakan saat penelitian kemudian catat hasilnya.
6. Dokumentasi hasil pengujian dan catat hasil-hasil tersebut seperti setelah siap melakukan percobaan *Solar Cooker*.



Gambar 3.28 Hasil Saat Selesai Merebus Kentang



Gambar 3.29 Hasil Kentang saat di pecahkan



Gambar 3.30 Hasil pengujian air setelah selesai dipanaskan pada SC1 wadah Stainless Steel



Gambar 3.31 Hasil pengujian air setelah selesai dipanaskan pada SC2 wadah Aluminium

3.7 Diagram Alir Penelitian

