

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai alat pemanas air energi surya sebelumnya sudah pernah dilakukan, diantaranya analisis kinerja pemanas air tenaga surya dengan *reflector* linear *parabolic concentrating* (Rahman, S., Kahar, dan Rusdi, M., 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui energi berguna dari kolektor, besarnya kalor yang dapat dimanfaatkan di dalam tangki dan mengetahui besarnya efisiensi kolektor dalam pemanfaatan energi matahari. Pada penelitian ini memiliki hasil besarnya energi berguna dari reflektor parabolik sebesar 474,65 W, energi maksimum yang tersimpan di dalam tangki sebesar 440,87 W, dan efisiensi sesaat reflektor linear *parabolic concentrating* yaitu sebesar 16,23% - 47,01%. Penelitian selanjutnya adalah pengaruh jarak antar pipa pada kolektor terhadap panas yang dihasilkan *solar water heater* (SWH) (Susanto, H., dan Irawan, D., 2017), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada kolektor pemanas air energi surya dengan variasi jarak antar pipa tembaga dan untuk mengetahui efisiensi perubahan panas yang terjadi, serta untuk mengetahui jarak antar pipa pemanas yang tepat pada pemanas air energi surya. Dalam penelitian ini diperoleh hasil pada pipa tembaga dengan jarak 5 cm diperoleh perpindahan panas secara konveksi sebesar 549,73 W dan efisiensi perubahan panas rata-rata pada intensitas matahari tertinggi sebesar 33%, pada pipa tembaga dengan jarak 7 cm diperoleh perpindahan panas secara konveksi sebesar 256,33 W dan efisiensi perubahan panas rata-rata pada intensitas matahari tertinggi sebesar 21,98%, dan pada pipa tembaga dengan jarak 9 cm diperoleh perpindahan panas secara konveksi sebesar 101,74 W dan efisiensi perubahan panas rata-rata pada intensitas matahari tertinggi sebesar 13,33%. Pada penelitian ini juga diperoleh hasil jarak antar pipa pemanas yang tepat digunakan pada pemanas air energi surya yaitu dengan jarak antar pipa sebesar 5 cm.

Penelitian selanjutnya adalah analisis performansi kolektor surya pemanas air dengan pelat kolektor bentuk V (Jalaluddin, Arief, E., dan Tarakka, R., 2015), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari kolektor surya dengan pelat absorber berbentuk V terhadap kolektor dengan pelat absorber datar. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa kolektor surya

dengan pelat absorber berbentuk V memiliki peningkatan performansi sebesar 2,36% pada debit 0,5 liter/menit dan 4,23% pada debit 2,0 liter/menit.

Penelitian selanjutnya adalah unjuk kerja kolektor surya pelat datar aliran paralel (Zulfa, Amrizal, dan Amrul., 2017), penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi unjuk kerja termal kolektor surya aliran paralel berupa efisiensi dan *pressure drop* berdasarkan variasi jarak antar pipa paralel terhadap diameter pipa dan arah aliran fluida pada pipa riser. Penelitian ini diperoleh hasil kolektor dengan W/D 8 aliran vertikal memiliki unjuk kerja terbaik dari sisi efisiensi sebesar 46,65% dan rugi-rugi kalor dengan nilai 2,7111 W/(m².K), sementara kolektor dengan W/D 12 untuk aliran vertikal memiliki *pressure drop* terbaik dengan nilai 123,48 Pa, dan kolektor yang menggunakan penutup kaca dan kolektor dengan laju aliran massa yang lebih kecil memiliki unjuk kerja terbaik dari sisi koefisien kerugian panas dan efisiensi.

Penelitian selanjutnya adalah pemodelan dan simulasi perpindahan panas pada kolektor surya pelat datar (Amir, F., Syuhada, A., dan Hamdani., 2013). Pada penelitian pemodelan dan simulasi pemanas air ini dilakukan untuk menganalisa serta mengukur perpindahan panas pada kolektor surya dengan tipe plat datar. Hasil dari simulasi ini kemudian dijadikan pembandingan dengan hasil pengujian studi eksperimental. Dan didapatkan temperatur fluida yang keluar hasil simulasi ini lebih besar daripada hasil pengujian. Pada penelitian sebelumnya ini diperoleh hasil nilai intensitas surya paling tinggi pada pukul 13.00 WIB dengan energi panas yang dihasilkan sebesar 700 W/m², intensitas surya paling rendah pada pukul 18.00 WIB dengan energi panas yang dihasilkan sebesar 215 W/m². Pada penelitian ini juga diperoleh hasil temperatur fluida keluar hasil simulasi lebih besar daripada hasil studi eksperimental dengan plat absorber yang sama.

2.2. Landasan Teori

Sistem sirkulasi pemanas air energi surya merupakan sebuah rangkaian pemanas air yang terdiri dari berbagai komponen pemanas air untuk menghasilkan air panas yang konstan secara alami. Dalam pemanas air energi surya terdapat tiga cara perpindahan panas yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada penelitian pemanas air energi surya ini, perpindahan panas yang terjadi adalah secara konveksi dan radiasi. Perpindahan panas secara konveksi merupakan proses perpindahan panas dengan melibatkan perpindahan massa molekul-molekul fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Perpindahan panas secara

konveksi dibagi menjadi dua, yaitu konveksi paksa dan konveksi alamiah. Dikatakan konveksi secara paksa apabila perpindahan panas tersebut disebabkan oleh bantuan dorongan sebuah blower atau alat lainnya. Sedangkan dikatakan konveksi alamiah, jika perpindahan panas tersebut disebabkan oleh perbedaan massa jenis. Pada umumnya, perpindahan panas secara konveksi (q , watt) ini dapat dinyatakan dengan persamaan hukum pendinginan Newton sebagai berikut :

$$q = h \cdot A (T_w - T) \quad \dots\dots\dots$$

(1)

(J.P Holman.1984:292)

dengan h adalah koefisien konveksi ($W/(m^2.K)$), A adalah luas permukaan (m^2), T_w adalah temperatur dinding (K), T adalah temperatur fluida (K). Pada umumnya koefisien konveksi h dinyatakan menggunakan parameter tanpa dimensi yang disebut bilangan Nusselt. Adapun bilangan Nusselt (Nu) dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Nu = \frac{h \cdot d_i}{k} \quad \dots\dots\dots \quad (2)$$

(J.P Holman.1984:292)

dengan k adalah konduktivitas panas ($W/(m.K)$), dan d_i adalah diameter dalam pipa (m). Karena aliran dalam pemanas air energi surya laminer dan tabung-tabungnya adalah relatif pendek, maka bilangan Nusselt rata-rata . Untuk menggunakan grafik dalam gambar tersebut haruslah menghitung sebuah bilangan tidak berdimensi yang disebut dengan bilangan Reynolds. Adapun bilangan Reynolds (Re) dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Re = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d_i \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots \quad (3)$$

(J.P Holman.1984:292)

dengan \dot{m} adalah laju aliran massa fluida (kg/s), dan μ adalah viskositas dinamik ($kg/m.s$). Selain itu untuk menggunakan grafik dalam gambar tersebut haruslah menghitung sebuah bilangan tanpa dimensi lain yang disebut dengan bilangan Prandtl. Adapun bilangan Prandtl (Pr) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Pr = \frac{C_P \cdot u}{k}$$

..... (4)

(J.P Holman.1984:292)

2.2.1 Kebutuhan Air Panas

Air panas merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari keperluan rumah tangga seperti menyeduh minuman sampai dengan mandi. Air panas tidak hanya dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga saja melainkan juga dibutuhkan didalam dunia industri seperti pensterilan bahan dalam temperatur yang tinggi, dan lain sebagainya. Banyak cara untuk mendapatkan air panas tersebut, mulai dari menggunakan bahan bakar fosil sampai dengan energi listrik. Akan tetapi pada saat ini, cadangan bahan bakar fosil di Indonesia semakin menipis. Maka dibutuhkan suatu alat untuk mendapatkan air panas tersebut dengan lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengatasi persoalan tersebut yaitu dengan pemanas air energi surya.

2.2.2 Energi Surya

Indonesia merupakan negara tropis karena matahari bersinar sepanjang tahun. Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia. Sumber energi berjumlah besar dan bersifat kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi surya. Sementara energi surya ini belum lagi dipakai sebagai sumber primer energi bahan bakar sekarang ini, penelitian dan pengembangan besar-besaran sedang dijalankan untuk mencari suatu sistem yang ekonomis untuk memanfaatkan energi surya ini. Energi surya adalah sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tak dapat habis dan gratis. Dua kekurangan utama dari energi surya ini ialah bahwa ia sangat halus (dilute) dan tidak konstan.

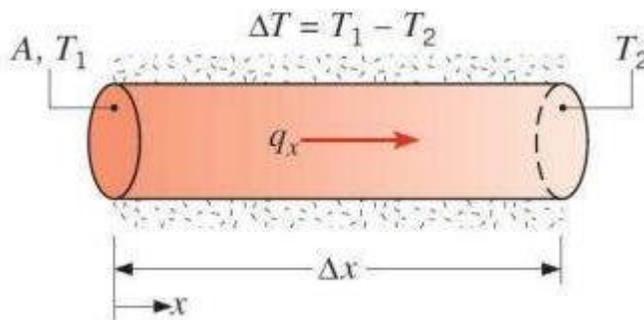
2.3. Perpindahan Panas

2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

$$Q_{\text{kond}} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta y} \quad \dots\dots\dots (5)$$

(J.P Holman.1984:292)



Gambar 2.1. Laju Perpindahan Panas Konduksi (Kosim Abdurohman, 2014)

2.3.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi maka suhu benda akan lebih rendah. Salah satu hukum dalam penghantaran panas yang tertua adalah hukum pendinginan newton. Hukum ini menyatakan bahwa fluks panas (heat flux). Yang didefinisikan sebagai laju perpindahan panas per luas satuan Pada Rumus Perpindahan Panas Konveksi Dibawah ini

$$Q_{\text{kond}} = h \times A (T_2 - T_1) \dots\dots\dots (6)$$

(J.P Holman.1984:292)

$$h = 0,664 \times \frac{K}{L} \times \text{Re}^{0,5} \times \text{Pr}^{0,333} \dots\dots\dots (7)$$

(J.P Holman.1984:292)

Keterangan :

H = Q/t = Laju kalor per satuan waktu (J/s).

h = Koefisien Konveksi ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

K = Konduktivitas Termal Bahan ($\text{W}/\text{m.K}$)

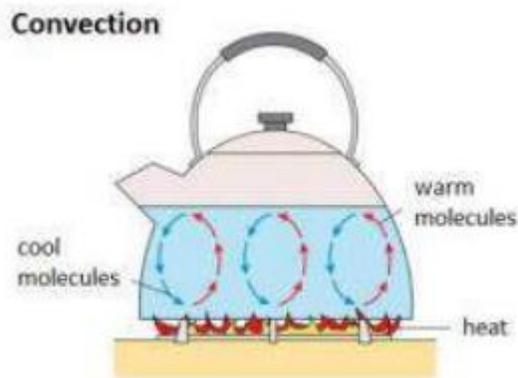
L = Panjang Plat (m)

ΔT = $T_2 - T_1$ = Perubahan Suhu ($^{\circ}\text{C}$).

A = Luas Penampang Pipa (m^2).

Re = Bilangan Reynolds

Pr = Bilangan Prandtl



Gambar 2.2. Perpindahan Panas Konveksi (JP.Holman, 2010)

2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut istilah “radiasi” pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik. Panas radiasi dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk bac(batch) (kumpulan) energi yang terbatas atau quanta.

$$Q_{rad} = \sigma AT^4 \quad \dots\dots\dots (8)$$

(J.P Holman.1984:292)

H = Laju penyerapan kalor.

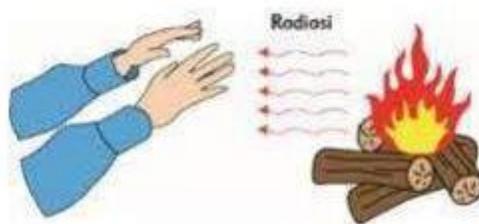
Q = Energi kalor yang diserap.

T = Waktu lama penyerapan

E = Koefisien emisivitas benda.

Σ = konstanta $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ k}^4$.

A = luas permukaan benda.



Gambar 2.3. Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman, 2010)

2.4 Pemanas Air Tenaga Surya Pasif (Termosifon)

Pemanas air tenaga surya adalah suatu jenis pemanas air yang mengandalkan matahari sebagai sumber energi untuk memanaskan air. Pemanas air tenaga surya sering

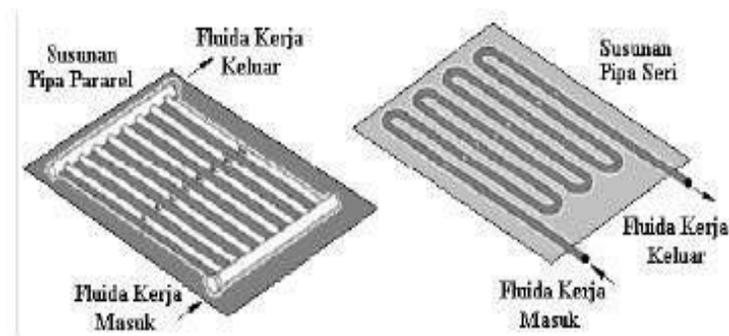
kita lihat sudah terinstal di berbagai rumah, karena pemanas dengan tipe atau jenis ini dikenal lebih hemat energi dibandingkan dengan pemanas yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya. (Gihon. Matondang, A. Aziz, dan Rahmat I. Imainil. 2016).

Cara kerjanya ialah dengan menggunakan plat datar, yaitu bahwa air yang masuk ke dalam kolektor melalui pipa distribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalaui radiasi langsung matahari maupun konveksi. Hal ini disebabkan energi radiasi matahari di dalam kolektor yang dibatasi kaca bening tembus cahaya. Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa distribusi maka temperatur air di dalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan massa jenis. Air yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis yang lebih besar dan cenderung akan bergerak ke bawah, sehingga terjadi konveksi secara alami.

2.5 Komponen Utama Pemanas Air Tenaga Surya

2.5.1 Kolektor

Kolektor merupakan suatu komponen atau peralatan yang fungsinya untuk menangkap atau menerima sinar matahari yang digunakan untuk memanasi air yang mengalir di dalam kolektor. Bahan untuk kolektor ini menggunakan kaca dan tembaga. Kaca berfungsi sebagai penerima dan pengumpul sinar matahari. Kaca mempunyai konduktivitas thermal rata-rata $0,043 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, diperkirakan ada faktor warna yang berpengaruh pada kaca. Pemasangan kaca dapat tembus cahaya atau transparan.



Gambar 2.4 Susunan pipa kolektor paralel dan seri

2.6 Emisivitas Benda Hitam

2.6.1 Radiasi Benda Hitam

Setiap benda pasti memiliki warna. Hal tersebut bisa dengan jelas ditangkap oleh mata manusia yang normal. Warna- warna pada benda ternyata memiliki kemampuan untuk memancarkan radiasi. Salah satu warna benda yang dapat memancarkan radiasi adalah benda berwarna hitam. Benda berwarna hitam memang memiliki kemampuan lebih dalam menyerap cahaya. Itulah sebabnya ketika kita menggunakan kaos atau baju berwarna hitam di bawah terik matahari, maka terasa lebih panas daripada ketika kita menggunakan baju berwarna terang seperti putih dan lainnya. Selain itu, ketika kita menjemur pakaian, maka pakaian kita yang berwarna hitam akan lebih cepat kering daripada pakaian kita yang berwarna cerah atau putih. Lalu, apakah sebenarnya yang dimaksud dengan radiasi benda hitam? Kita akan membahasnya di artikel ini beserta hal- hal yang berkaitan dengannya.

2.6.2 Pengertian Radiasi Benda Hitam

Sebelum kita membahas mengenai pengertian dari radiasi benda hitam, sebaiknya kita membahas terlebih dahulu mengenai apa itu benda hitam yang dimaksud kali ini, apakah benda yang berwarna hitam atau yang lainnya. Benda hitam yang dimaksud disini adalah benda yang buram dan tidak memantulkan cahaya. Tidak memantulkan cahaya, artinya bisa jadi benda ini justru akan menyerap cahaya. Nah, yang dimaksud dengan radiasi benda hitam adalah sebuah radiasi elektromagnetik termal yang terjadi di dalam atau di sekitar benda dalam keadaan kesetimbangan termodinamika dengan lingkungannya atau saat ada proses pelepasan dari benda hitam tersebut. Istilah yang lebih mudah kita pahami, radiasi benda hitam ini adalah ketika benda tersebut menyerap dan menahan cahaya kemudian memancarkan radiasi ke sekitarnya sehingga kita bisa merasakannya melalui suhu ataupun perubahan ke warna- warna tertentu.

Mengapa bisa ada radiasi benda hitam bisa terjadi? Benda hitam yang ideal digambarkan sebagai sebuah rongga hitam yang memiliki lubang- lubang kecil, ketika suatu cahaya memasuki rongga melalui lubang tersebut maka berkas cahaya akan dipantulkan berkali- kali di dalam rongga tersebut dan tidak dapat keluar kembali ke lubang. Dinding- dinding benda yang berwarna hitam akan menyerap cahaya, benda hitam ini akan menyerap cahaya yang

suhunya lebih rendah daripada suhu di sekitarnya dan memancarkan cahaya yang suhunya lebih tinggi dari pada suhu di sekitarnya.

2.6.3 Sifat- sifat Radiasi Benda Hitam

Radiasi yang muncul dari benda hitam mungkin berbeda dengan radiasi cahaya. Radiasi benda hitam lebih terasa kita rasakan, bukan kita lihat. Radiasi benda hitam memiliki sifat tertentu. Sifat- sifat dari radiasi benda hitam ini berasal dari sifat benda hitam itu sendiri. Sifat dari radiasi benda hitam sebenarnya adalah sifat dari spektrum cahaya benda hitam yang sifatnya ideal. Beberapa sifat dari spektrum cahaya benda hitam yang ideal antara lain adalah:

- Benda hitam yang lebih panas akan memancarkan yang lebih banyak yang memenuhi seluruh panjang gelombang. Hal ini berarti apabila kita membandingkan dua benda hitam tanpa melihat panjang gelombangnya, benda hitam yang lebih panas akan mengeluarkan lebih banyak cahaya daripada benda hitam yang lebih dingin.
- Spektrum benda hitam bersifat tetap dan memiliki puncak pada panjang gelombang tertentu. Puncak kurva benda hitam pada sebuah spektrum bergerak ke panjang gelombang yang lebih pendek untuk benda yang lebih panas. Benda hitam yang lebih panas, panjang gelombangnya akan lebih biru daripada pancaran puncaknya. Contoh peristiwa adalah matahari yang suhu rata- ratanya adalah 5.800 Kelvin. Benda hitam yang memiliki suhu yang sama dengan matahari tersebut memiliki puncak rata- rata 500 nanometer dan memiliki panjang gelombang yang berwarna kuning. Lalu benda hitam lainnya yang memiliki suhu yang besarnya dua kali lipat dari suhu matahari akan memiliki puncak spektrum sekitar 250 nanometer yang mana merupakan bagian dari sinar Ultraviolet dari spektrum.

2.7. Kemiringan Sudut Panel

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan panas yang maksimal pada kolektor solar water heater adalah dengan menentukan posisi sudut kemiringan panel terhadap pergerakan arah matahari. Kemiringan atau *slope* adalah sudut antara permukaan bidang yang dinyatakan dengan permukaan horizontal. Menurut Ismail (2015) kemampuan kolektor surya untuk menangkap dan menyimpan radiasi dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari yang tertangkap oleh reflektifitas kolektor.

2.8. Laju Alir

2.8.1. Perbedaan Laju Alir dan Debit Air

Laju alir volumetrik adalah volume fluida yang mengalir per satuan waktu. Satuan SI nya adalah m^3/s . Sedangkan debit air adalah volume fluida yang melewati suatu area dalam satu satuan waktu. Artinya, debit air adalah ukuran banyaknya fluida yang mengalir dalam suatu selang waktu.

2.8.2. Faktor Mempengaruhi Aliran Fluida

Pengukuran laju alir ditentukan dengan mengukur kecepatan cairan atau perubahan energi kinetiknya. Perbedaan tekanan yang terjadi pada saat cairan melintasi pipa mempengaruhi kecepatan suatu aliran. Karena luas penampang pipa sudah diketahui, kecepatan rata-rata merupakan indikasi dari laju alirnya. Aliran fluida ada beberapa macam antara lain aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulenta. Menurut Reynolds ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan zat cair (μ), rapat massa zat cair (ρ), dan diameter pipa (D).

2.9. Intensitas Cahaya Matahari

Menurut Satwiko (2004) Intensitas cahaya (luminous intensity) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya ke arah tertentu. Lux adalah satuan turunan SI dari pencahayaan dan daya pancar cahaya, mengukur fluks cahaya per satuan luas. Dalam fotometri, ini digunakan sebagai ukuran intensitas, cahaya yang mengenai atau melewati permukaan. Untuk mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan solar power meter dengan satuan watt/m^2 . Radiasi yang jatuh pada permukaan material akan mengalami refleksi, absorpsivitas, dan transmisivitas.