

**PERBEDAAN LAJU ALIRAN PANAS YANG DISERAP AIR DALAM PEMANAS AIR
BERTENAGA SURYA DITINJAU DARI PERBEDAAN LAJU ALIRAN AIR
DALAM PIPA KOLEKTOR PANAS**

Sumanto

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang

sumanto@ymail.com

ABSTRAK

Energi saat ini merupakan kebutuhan utama untuk menggerakkan kehidupan industri di negara-negara maju. Kebutuhan energi terbesar masih dipenuhi oleh energi konvensional yang berupa minyak bumi, sedangkan energi fosil ini jumlahnya terbatas, cepat habis dan tidak dapat diperbaharui. Energi matahari merupakan energi alternatif yang dapat menggantikan peran dari energi fosil. Negara-negara maju seperti Jepang, Amerika, Korea dan negara-negara Eropa telah memanfaatkan energi matahari secara maksimal seperti untuk pembangkit listrik tenaga surya dan untuk menggerakkan kendaraan. Tetapi penggunaan energi matahari di Indonesia masih tergolong sangat rendah, sebab baru dimanfaatkan untuk menjemur pakaian, menjemur produk yang memerlukan proses pengeringan, menjemur hasil pertanian dan sebagainya. Salah satu pemanfaatan energi matahari di Indonesia yang dapat dikembangkan adalah pemanas air. Pemanas air dengan energi matahari ini memanfaatkan prinsip perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Kalor dari matahari diradiasikan ke penyerap (absorber), kemudian di konduksikan ke dalam air yang mengalir di dalamnya dan terakhir di konveksikan dalam air itu sendiri. Teknologi pemanas air dengan tenaga matahari telah banyak dikembangkan termasuk di Indonesia. Air menyerap panas (kalor) terjadi pada bagian pengumpul panas (heat collector) dari alat pemanas air bertenaga matahari. Aliran air dalam pipa pada kolektor panas tentu mempengaruhi panas yang diserap oleh air yang mengalir dalam pipa tersebut.

Air sebanyak 40 liter disirkulasikan dalam pemanas ini dengan menggunakan sebuah pompa air. Bagian input dan output pada pipa dipasang thermometer untuk mengukur temperatur air yang masuk dan keluar pipa penyerap panas. Untuk mengatur laju aliran air digunakan sebuah kran.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 3,5937 > F_{tabel(4;25;0,05)} = 2,7587$ sehingga disimpulkan ada perbedaan antara laju aliran panas yang diterima oleh air yang disebabkan oleh perbedaan laju aliran air dalam pipa absorber pada pemanas air bertenaga matahari.

Kata kunci: Aliran panas, laju aliran air, kolektor panas

PENDAHULUAN

Energi saat ini merupakan kebutuhan utama untuk menggerakkan kehidupan industri di negara-negara maju. Kebutuhan energi terbesar masih dipenuhi oleh energi konvensional yang berupa minyak bumi, sedangkan energi fosil ini jumlahnya

terbatas, cepat habis dan tidak dapat diperbaharui.

Dalam rangka untuk mengatasi penggunaan energi fosil secara berlebihan, energi alternatif yang murah, tersedia dalam jumlah banyak dan tidak cepat habis mulai diteliti. Energi matahari adalah energi yang memenuhi kriteria ini, di mana sinar matahari dapat diperoleh tanpa harus membeli. Energi matahari di negara tropis seperti Indonesia tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan energi matahari tidak akan habis dalam waktu dekat.

Negara-negara maju seperti Jepang, Amerika, Korea dan negara-negara Eropa telah memanfaatkan energi matahari secara maksimal seperti untuk pembangkit listrik tenaga surya dan untuk menggerakkan kendaraan, sehingga peran energi yang berasal dari minyak bumi dapat tergantikan. Tetapi penggunaan energi matahari di Indonesia masih tergolong sangat rendah, sebab baru dimanfaatkan untuk menjemur pakaian, menjemur produk yang memerlukan proses pengeringan, menjemur hasil pertanian dan sebagainya. Di daerah tertentu di Indonesia mulai dikembangkan energi listrik yang berasal dari energi matahari. Pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik telah dirintis di daerah Watugajah Gedangsari Gunung Kidul Yogyakarta dan di Kecamatan Sukatani Purwakarta Jawa Barat.

Salah satu pemanfaatan energi matahari di Indonesia yang dapat dikembangkan adalah pemanas air. Pemanas air dengan energi matahari ini

memanfaatkan prinsip perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Kalor dari matahari diradiasikan ke penyerap (*absorber*), kemudian di konduksikan ke dalam air yang mengalir di dalamnya dan terakhir di konveksikan dalam air itu sendiri. Teknologi pemanas air dengan tenaga matahari telah banyak dikembangkan termasuk di Indonesia. Air menyerap panas (kalor) terjadi pada bagian pengumpul panas (*heat collector*) dari alat pemanas air bertenaga matahari. Aliran air dalam pipa pada kolektor panas tentu mempengaruhi panas yang diserap oleh air yang mengalir dalam pipa tersebut. Untuk mengetahui perbedaan penyerapan panas oleh air berdasarkan laju aliran air dalam pipa kolektor panas, maka penelitian ini mengambil judul “Perbedaan kalor yang diserap air dalam pemanas air bertenaga surya ditinjau dari perbedaan laju aliran air dalam pipa kolektor panas”.

KAJIAN PUSTAKA ENERGI MATAHARI

Matahari adalah sebuah bola besar dengan diameter $1,39 \times 10^9$ m, tersusun dari material berbentuk gas dan jarak rata-rata terhadap bumi $1,5 \times 10^{11}$ m. Temperatur efektif matahari adalah 5777 kelvin dan di bagian dalam sampai dengan inti temperaturnya berkisar antara 8×10^6 K sampai dengan 40×10^6 K.

Matahari adalah sumber segala energi. Energi matahari berasal dari reaksi fusi termonuklir yang terjadi secara terus menerus. Reaksi fusi di mana hydrogen

(dengan empat proton) terbentuk dari helium (dengan satu proton) disertai dengan kehilangan 0,7% massanya yang diubah menjadi energi yang merupakan sumber energi matahari. Reaksi fusi dalam matahari adalah $4H^1 \rightarrow He^4 + 2\beta^+ + 2\nu + 25 \text{ MeV}$.

PERPINDAHAN PANAS

Perpindahan panas dari matahari ke air dalam mesin pemanas melalui proses-proses radiasi, konduksi dan konveksi. Energi panas diradiasi dari matahari ke pipa kolektor panas kemudian dikonduksi pada pipa tersebut dan terakhir dikonveksi dalam air itu sendiri

Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas (kalor) tanpa melalui perantara. Perpindahan panas ini melalui gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas pada benda ideal (benda hitam) mengikuti persamaan:

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

Di mana:

q = perpindahan panas (J/s)

σ = konstanta Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

A = luas permukaan penerima panas (m^2)

T = temperatur (K)

Menurut Jansen (1995) perpindahan panas radiasi pada ruang kolektor pemanas air mengikuti persamaan:

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

ϵ = emisivitas plat penyerap kaca.

Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas dalam suatu penghantar, tetapi partikel-partikel penghantar tersebut tidak ikut berpindah. Konduksi adalah perpindahan panas dari temperatur tinggi ke temperatur rendah melalui sebuah penghantar padat. Persamaan laju perpindahan panas pada konduksi adalah sebagai berikut:

$$q = kA \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$$

Untuk penghantar berbentuk persegi panjang dan

$$q = kA \left(\frac{\Delta T}{\Delta r} \right)$$

Untuk penghantar berbentuk silinder.

Di mana

q = laju aliran panas

k = konduktivitas termal bahan

A = luas penampang

ΔT = gradien suhu

Δx = tebal bahan

Δr = tebal bahan silinder

Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas melalui sebuah penghantar dan partikel-partikel penghantar tersebut ikut berpindah. Perpindahan ini banyak terjadi

pada zat cair dan gas. Mekanisme perpindahan panas ini dipengaruhi oleh sifat-sifat termal zat tersebut yaitu: massa jenis, kekentalan, kecepatan alir dan sebagainya. Secara umum persamaan perpindahan panas secara konveksi dirumuskan dengan

$$q = hA(T_s - T_a)$$

Di mana:

A = luas penampang (m²)

H = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².°C)

T_w = temperatur permukaan (°C)

T_b = temperatur rata-rata fluida (°C)

Dalam proses konduksi panas pada pipa dan konveksi panas pada air, laju perpindahan panas dirumuskan dengan:

$$q = \frac{T_{udara} - T_{air}}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}}$$

Di mana

q : laju perpindahan panas menyeluruh (J/s)

T_{udara} : temperatur udara (°C)

T_{air} : temepnatur air (°C)

h_i : koefisien perpindahan panas konveksi udara (J/s.m².°C)

h_o : koefisien perpindahan panas konveksi udara (J/s.m².°C)

k : konduktivitas termal pipa (J/s.m.°C)

A_i : luas permukaan luar pipa (m²)

A_o : luas permukaan dalam pipa (m²)

L : panjang pipa (m)

r : jari-jari pipa (m)

Secara umum panas yang diserap oleh air mengikuti persamaan

$$q = m.c.\Delta t$$

q : panas yang diterima air (J)

m : massa air (kg)

c : panas jenis air (J/kg.°C)

Δt : perubahan temperatur (°C)

Massa air yang mengalir dalam pipa per detik adalah

$$M = \rho.v.A = \rho.Q$$

M = massa air yang mengalir per detik (kg/s)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

v = kecepatan aliran air (m/s)

A = luas penampang pipa (m²)

Q = debit air (m³/s)

Sehingga kalor yang diterima oleh air dalam pipa adalah

$$q = \rho.Q.c.\Delta t$$

DEBIT

Dalam mekanika fluida, aliran air dibagi menjadi dua macam yaitu *streamline* atau aliran laminar dan aliran turbulen (*turbulent flow*). Liran laminar (*streamline*) adalah jika partikel-partikel air putus-putus dan tidak saling memotong antara lintasan partikel

satu dengan lintasan partikel yang lain. Sedangkan aliran yang tidak memenuhi kondisi tersebut dikatakan sebagai aliran turbulen.

Misalkan aliran laminar fluida terjadi secara tetap dalam sebuah pipa, maka laju aliran volume air (debit air) dalam pipa tersebut adalah:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Di mana:

Q = debit air (m³/s)

V = volume air (m³)

t = waktu (s)

METODE PENELITIAN

Konstruksi Alat

Pemanas air bertenaga matahari tersusun atas komponen utama yaitu pengumpul panas (*heat collector*), tangki penyimpanan air (tandon) dan beberapa pipa untuk mengalirkan air.

Pengumpul Panas (Heat Collector)

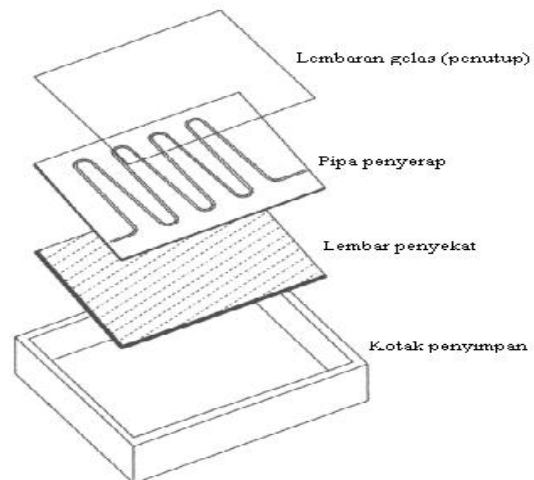
Pengumpul panas terdiri dari beberapa bagian yaitu lembaran penutup (*cover sheet*) penyerap panas (*heat absorber*), penyekat (*insulator*) dan kotak pengumpul pemanas (*casing*).

Lembaran penutup terbuat dari kaca dengan ketebalan antara 5 mm. Fungsi penutup ini adalah mengijinkan sinar masuk tanpa diserap oleh kaca dan melindungi alat dari udara dingin yang dihembuskan oleh angin.

Penyekat terbuat dari bahan yang tidak menyerap panas. Ketebalan bahan ini biasanya sekitar 5 cm dan dipasang di bawah penyerap panas.

Penyerap panas terbuat dari pipa logam yang dicat berwarna hitam agar dapat menyerap panas dengan baik. Penyerap ini berdiameter 3/8 inchi dan panjangnya 20 m dibuat secara *zigzag*.

Kotak pengumpul panas (*casing*) terbuat dari kayu dengan kedalaman antara 10 – 15 cm. Pengumpul panas diletakkan pada kedalaman setengah dari kedalaman kotak.



Gambar 1. Kolektor panas yang terdiri dari penutup, pipa penyerap, lembar penyekat dan kotak penyimpanan

Tangki

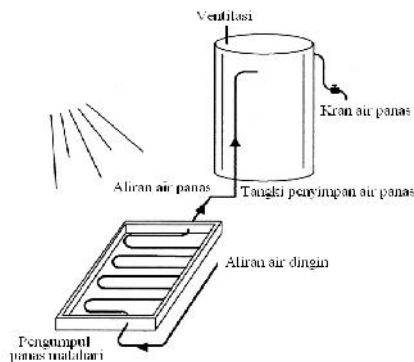
Tangki air berfungsi sebagai penyimpanan air setelah dipanaskan dalam kotak pengumpul panas. Untuk menghindari pertukaran panas langsung dari tangki, maka tangki dilapisi dengan bahan yang

tidak dapat menyerap atau melepas panas. Bahan yang digunakan untuk isolasi ini adalah serabut kelapa.

Pipa

Pipa yang digunakan untuk menghubungkan dan mengalirkan air dari kolektor panas dan dari air dingin ke kolektor panas. Pipa yang digunakan berukuran 1/2 “.

Bagian-bagian dari sistem pemanas air bertenaga matahari dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Bagian-bagian dari pemanas air bertenaga matahari

METODE PENELITIAN

Air sebanyak 40 liter disirkulasikan dalam pemanas ini dengan menggunakan sebuah pompa air. Bagian input dan output pada pipa dipasang thermometer untuk mengukur temperatur air yang masuk dan keluar pipa penyerap panas. Untuk mengatur laju aliran air digunakan sebuah kran.

Pengambilan Data

Sebelum dilakukan pengambilan data di lapangan terlebih dulu diambil data tentang massa jenis (*density*) air yang digunakan. Data panas jenis air diambil dari literature.

Data-data yang diambil dari lapangan dalam penelitian ini adalah temperatur awal yaitu temperatur air ketika masuk dalam pipa penyerap panas, temperatur akhir yaitu temperatur ketika air keluar dari pipa penyerap panas dan laju aliran air dalam pipa penyerap panas.

Pengambilan data dilakukan di atap gedung Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang pada siang hari antara jam 9 (Sembilan) sampai dengan jam 11 (sebelas) dalam interval tiap 20 menit.

Untuk menentukan perbedaan laju aliran panas yang diterima air yang disebabkan perbedaan debit air digunakan uji F dengan uji anova factor tunggal. Untuk menghitung nilai F digunakan program Microsoft Excel 2007.

Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

H_0 : tidak ada perbedaan laju panas yang disebabkan oleh perbedaan debit air

H_1 : terdapat perbedaan laju panas yang disebabkan oleh perbedaan debit air

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan H_0 diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$.

DATA PENELITIAN

Data penelitian yang berhasil diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\rho_{\text{air}} = 995,17 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 995,17 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Tabel 1 Data hasil penelitian

No	Jam	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5	
		T _i (°C)	T _o (°C)	T _i (°C)	T _o (°C)	T _i (°C)	T _o (°C)	T _i (°C)	T _o (°C)	T _i (°C)	T _o (°C)
1	09.20	29	36	29,5	36	30,5	33	30	34	31,5	35
2	09.40	33	40	32,5	39,5	33,5	40,5	32	36,5	35	39
3	10.00	36,5	44	36	43	36	43	36,5	41	39	43
4	10.20	40	48	38,5	45,5	39	46	40,5	45	43	47
5	10.40	42	50	41	48,5	41	48	44,5	49	47	50
6	11.00	47	54,5	44	51,5	43,5	50,5	48,5	53	50	52

Keterangan:

Q1 = debit air $2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Q2 = debit air $2,1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Q3 = debit air $2,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Q4 = debit air $3,13 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Q5 = debit air $2,86 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Analisis Data dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh dihitung laju aliran kalor yang diterima air yang mengalir dalam pipa penyerap panas disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. Laju aliran panas yang diterima air

No	Laju Aliran Panas (J/s)				
	q1	q2	q3	q4	q5
1	581.75	567.21	594.22	520.25	561.39
2	581.75	610.84	639.93	585.29	641.59
3	623.31	610.84	639.93	585.29	641.59
4	664.86	610.84	639.93	585.29	641.59
5	664.86	654.47	639.93	585.29	641.59
6	623.31	654.47	639.93	585.29	641.59

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
q1	6	3739.84	623.307	1381.5
q2	6	3708.67	618.112	1078.7
q3	6	3793.87	632.312	348.23
q4	6	3446.7	574.45	705.03
q5	6	3769.34	628.223	1072

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	Pvalue	Fcrit
Between Groups	13182.853	4	3295.71	3.5937	0.0190271	2.7587
Within Groups	22927.111	25	917.084			
Total	36109.964	29				

Gambar 3. Hasil perhitungan data dengan program MS Excel 2007.

Data yang ada dalam tabel 2 secara statistik dihitung dengan menggunakan program Microsoft Excel 2007 untuk menentukan harga F_{hitung} diperoleh hasil sebagai mana disajikan dalam gambar 3.

Dari hasil perhitungan statistik dengan bantuan program Microsoft Excel 2007 diperoleh $F_{hitung} = 3,5937$. Hasil tersebut jika dibandingkan dengan harga F_{tabel} pada taraf signifikansi 5% ($F_{4;25;0,05} = 2.7587$). Jika F_{hitung} dibandingkan dengan F_{tabel} maka diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak, dan ada perbedaan antara laju aliran panas yang diterima oleh air yang disebabkan oleh perbedaan debit air yang mengalir dalam pipa absorber pada pemanas air bertenaga matahari.

Karena debit air dipengaruhi oleh kecepatan aliran air dalam suatu pipa maka perbedaan penyerapan panas oleh air dapat dikatakan disebabkan oleh perbedaan laju aliran air dalam pipa.

KESIMPULAN

Perbedaan laju aliran air dalam pipa absorber pada sistem pemanas air bertenaga matahari mengakibatkan perbedaan laju aliran panas yang diserap oleh air tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. D. C. Giancoli. 2005. **Physics: Principles and Application**. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall. USA.
2. D.C. Montgomery and G. C. Runger. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc.
3. Jansen. J. Ted. Arismunandar Wiranto. 1995. **Teknologi Rekayasa Surya**. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.

4. J.P. Holman. **Heat Transfer**. Sixth Edition. McGraw Hill Co. Singapore.
5. Stu Campbell and D. Taff, 1980, **How to Build Your Own Solar Water Heater**. 4th Printing. Garden Way Associates, Inc. USA.