

IMPLEMENTASI ALAT BANTU PROGRAM UNTUK DESAIN KOLEKTOR SISTEM PEMANAS AIR

Asrul Sudiar⁽¹⁾ dan Rinova Firman Cahyani⁽²⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

⁽²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Eksplorasi secara terus menerus terhadap minyak bumi tentunya akan mendatangkan ancaman yang serius pada krisis energi dimasa mendatang. Sedangkan disisi lain pemanfaatan dan pengembangan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar masih dirasa belumlah sesuai yang kita harapkan.

Kolektor pemanas air merupakan suatu peralatan yang dirancang dengan penerapan teknologi tepat guna, yang akan memanaskan air sampai kenaikan bebrapa derajat sebelum air dipanaskan sampai mendidih. Peralatan ini akan sangat cocok digunakan jika produksi air panas dalam skala besar, sehingga penghematan biaya energi akan terasa.

Dalam penelitian ini, akan dibahas pembuatan program disain kolektor pemanas air dengan menggunakan Turbo Pascal Versi 7.0, yang menitik beratkan pada perhitungan proses perpindahan panas dari matahari ke air, tanpa melibatkan sistem kontrol automaticnya.

Kata Kunci : *Alat Bantu Program, Kolektor Pemanas Air*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sinar (panas) matahari merupakan salah satu bentuk energi yang dapat dirubah menjadi berbagai macam bentuk lainnya. Suatu bentuk energi akan mempunyai daya guna, jika energi tersebut berada dengan bentuk yang sejajar dengan pemakaian. Misalnya energi panas untuk memanaskan fluida, energi listrik untuk power komputer dan lain-lain. Keberhasilan rekayasa perubahan suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya sangat ditentukan oleh modifikasi energi yang diterapkan.

Sistem kolektor pemanas air tenaga matahari sering dirancang dengan menggunakan parameter-parameter yang umum dan biasa terdapat pada model-model lama saja, ini disebabkan untuk menggunakan parameter baru dalam pemilihan elemen-elemennya tidaklah mudah, sebab jika terjadi kesalahan dalam perancangannya maka output panas yang dihasilkan tidak akan maksimal dan tentu akan merugikan dari sisi finansial.

Penggunaan program komputer / software sebagai alat bantu dalam mendisain / merancang elemen-elemen sistem kolektor pemanas tenaga matahari akan sangat membantu dalam hal mencari besarnya nilai-nilai atau parameter pada elemen-elemen sistem kolektor yang dipi-

lih, sehingga dengan proses trial error akan didapat hasil perhitungan yang tepat dan menguntungkan dalam hal perancangan sistem ini.

Permasalahan

Dari latar belakang tersebut, maka dapat diambil rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana memilih parameter komponen yang baik pada perancangan suatu disain elemen sistem pemanas air tenaga surya?
2. Bagaimana merancang suatu program alat bantu perhitungan disain elemen pada sistem pemanas air tenaga surya?

Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara memilih parameter komponen yang baik pada perancangan suatu disain elemen sistem pemanas air tenaga surya?
2. Mengetahui tahapan merancang suatu program alat bantu perhitungan disain elemen pada sistem pemanas air tenaga surya?

Manfaat nyata yang dapat diperoleh dari rancangan program disain elemen kolektor sistem pemanas tenaga surya disini antara lain adalah :

- a. Memudahkan siapapun yang ingin merancang disain elemen sistem pemanas air te-

naga surya tanpa melakukan proses pergantian atau pembelian komponen-komponen sistem yang tentunya sangat mahal, jika masih dirasakan adanya keraguan terhadap output yang dihasilkan nantinya karena segala percobaan nilai parameter cukup dilihat dari program rancangan ini.

- b. Memberikan kesempatan kepada perancang alat sistem pemanas air untuk memilih parameter terbaik sesuai dengan kebutuhannya masing-masing, yang tentunya berbeda-beda
- c. Menghilangkan segala resiko terhadap kerusakan komponen yang sekiranya memiliki nilai parameter yang terlalu membahayakan sistem karena kecerobohan dalam perencanaan.
- d. Mendapatkan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan perancangan alat melalui perhitungan secara manual yang memiliki resiko kesalahan hitung yang diakibatkan oleh faktor kelemahan manusia seperti kurang teliti, pelupa dan mudah lelah.
- e. Manfaat yang tidak kalah pentingnya tentu saja sebagai pemanfaatan teknologi komputer tentunya dalam dunia pemrograman yang saat ini sudah dapat dikatakan penggunaannya hampir pada semua aspek kehidupan manusia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teori Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tsb. Cara-cara perpindahan panas dapat dibedakan menjadi tiga yaitu Konduksi, Radiasi, Konveksi.

Konduksi

Konduksi adalah proses dimana panas yang mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting dalam fluida, tetapi dalam medium yang bukan padat biasanya bergabung dengan konveksi dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi.

Radiasi

Radiasi adalah proses dimana suhu yang mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda

yang bersuhu rendah bila benda-benda itu berpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan.

Konveksi

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpangan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida. Kemudian dengan partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam fluida.

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas dan konveksi paksa menurut cara menggerakkan alirannya. Bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka disebut dengan konveksi bebas atau alamiah. Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

Hukum-Hukum Dasar Perpindahan Panas

Untuk menganalisa terhadap masalah-masalah perpindahan panas kita harus menyelidiki hukum-hukum fisik dan hubungan-hubungan mengatur berbagai mekanisme aliran panas. Dalam paragraf ini membahas tentang persamaan-persamaan dasar yang mengatur masing-masing dari ketiga cara perpindahan panas.

Konduksi

Untuk menuliskan persamaan konduksi panas dalam bentuk matematik kita harus tentukan mengenai tandanya. Kita tetapkan bahwa arah naiknya jarak x adalah arah aliran positif. Mengingat menurut hukum kedua termodinamika panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang bersuhu lebih tinggi ke titik yang bersuhu lebih rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila gradien suhu negatif (Gb. 1). Dengan demikian, persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan stedi yaitu:

$$q_k = kA \frac{dT}{dx} \quad (2-1)$$

Dimana :

Kolektor = Konduktifitas thermal bahan

A = Luas penampang
 dT/dx = Gradien suhu pada penampang

Untuk aliran panas keadaan stedi melalui dinding suhu dan aliran panas tidak berubah dengan waktu dan sepanjang lintasan aliran panas luas penampangnya sama. Variabel-variabel dalam pers. 2-1 dapat dipisahkan dan persamaan yang dihasilkan adalah:

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = \int_{T_{panas}}^{T_{dingin}} k dT \quad (2-2)$$

Tabel 1. Orde Besaran Konduktifitas Thermal

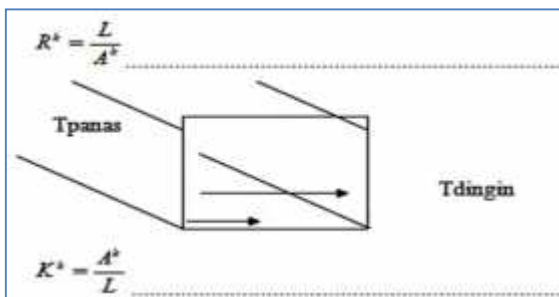
Bahan	Btu h ft F	W m K
Gas pada tekanan atmosfer	0,004 - 0,1	0,0069 - 0,17
Bahan Isolasi	0,02 - 0,12	0,034 - 0,21
Cairan bukan logam	0,03 - 0,4	0,086 - 0,69
Zat padat bukan logam	0,02 - 1,5	0,034 - 2,6
Logam Cair	5,0 - 45	8,6 - 76
Paduan	8,0 - 70	14 - 120
Logam murni	30 - 240	52 - 410

Batas-batas integrasi dapat dikaji dengan memeriksa Gb. 1, dimana suhu permukaan sebelah kiri ($x=0$) seragam merata pada T_{panas} dan suhu pada permukaan sebelah kanan ($x=L$) seragam pada T_{dingin} .

Jika k tidak bergantung pada T sebelah integrasi kita mendapat rumus berikut untuk laju konduksi panas melalui dinding.

$$q_k = \frac{Ak}{L} (T_{panas} - T_{dingin}) = \frac{T}{L/Ak} \quad (2-3)$$

Dalam persamaan ini T adalah beda suhu antara suhu yang lebih tinggi T_{panas} dan suhu yang lebih rendah T_{dingin} adalah potensial penggerak yang menyebabkan aliran panas. L/Ak setara dengan tahanan termal R^k yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi dan kita memperoleh:



Gambar 1. Laju Aliran Panas Konduksi

Radiasi

Jumlah energi yang meninggalkan suhu permukaan sebagai panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaan tersebut. Radiator sempurna atau benda hitam memancarkan radiasi dari permukaan laju q^r yang diberikan oleh:

$$q^r = \epsilon A_1 T_1^4 \quad (2-4)$$

Dimana:

- A_1 = Luas permukaan
- T_1 = Suhu permukaan
- = Konstanta dimensional
- = 0.1714×10^{-8} Btu/h Ft² R⁴

Jika benda hitam tersebut disambungkan / dialirkan ke sebuah penutup yang sepenuhnya mengurungnya dan yang permukaannya juga hitam, yaitu menyerap semua energi radiasi yang datang padanya maka laju bersih per-pindahan panas radiasi.

$$q^r = \epsilon A_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (2-5)$$

Dimana T_2 = Suhu permukaan yang tertutup

Jika pada suhu yang sama dengan benda hitam benda nyata memancarkan sebagian yang konstan dari pancaran benda hitam itu disebut benda kelabu. Laju bersih perpindahan panas dari benda kelabu dengan suhu T_1 ke benda hitam dengan suhu T_2 yang mengelilinginya adalah :

$$q^r = \epsilon A_1 \nu_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (2-6)$$

Dimana : ν_1 = Emitasi

Konveksi

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$q^c = \bar{h}^c A \Delta T \quad (2-7)$$

Dimana :

Q^c = Laju perpindahan panas dengan cara konveksi

A = Luas perpindahan panas

T = Beda antara suhu permukaan T_c dan suhu fluida T_1 di lokasi yang ditentukan

h^c = Permukaan perpindahan panas atau koefisien perpindahan panas

Dengan menggunakan persamaan (2-8) kita dapat mendefinisikan konduktansi termal K^c untuk perpindahan panas konveksi sebagai :

$$K^c = \bar{h}^c A \quad (2-8)$$

dan tahanan termal terhadap perpindahan panas konveksi R^c yang sama dengan kebalikan konduktansi sebagai :

$$R^c = \frac{1}{h^c A} \quad (2-9)$$

3. METODE PENELITIAN

Untuk melaksanakan perancangan program ini maka kegiatan penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yang alur serta sistematikanya disusun sedemikian rupa sehingga memudahkan peneliti saat terdapat kesalahan sintaks program sebagai berikut:

- Mempelajari berbagai model protipe sistem kolektor pemanas air
- Memilih dan merancang prototipe yang dianggap ideal
- Merumuskan hukum-hukum Fisika atas sistem kolektor tersebut
- Melakukan perhitungan output panas yang dihasilkan dari sistem
- Mencoba berbagai variasi parameter dari elemen yang dirancang
- Membuat program / software untuk mengolah data input dari berbagai jenis variasi parameter pada sistem dengan menggunakan pemrograman komputer
- Melakukan proses trial dan error, sampai didapatkan data input dari perencanaan berbagai elemen sistem yang dianggap paling ideal dalam perancangan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

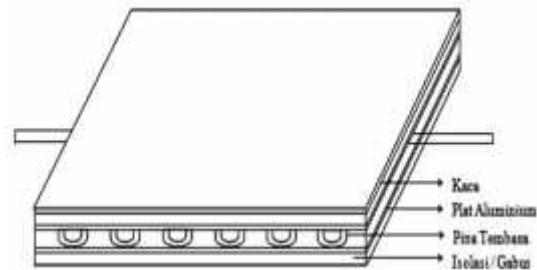
Elemen-Elemen Desain Sistem Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya

Elemen-elemen yang akan digunakan untuk perencanaan kolektor adalah sebagai berikut :

- Kaca Pemanas**
Digunakan sebagai penutup kolektor bagian atas agar plat alumium yang ada dibawahnya tidak langsung kontak dengan sinar matahari atau air hujan.
- Plat Aluminium Yang Dicat Hitam**
Digunakan untuk penyerap panas yang masuk sehingga harus dicat hitam untuk menyerap panas secara optimal. Plat aluminium ini diletakkan diatas kolektor.
- Pipa Tembaga**
Pipa tembaga digunakan sebagai saluran air yang akan dilewatkan ke kolektor. Bentuk saluran pipa tembaga dibuat seperti pada boiler, yaitu membentuk spiral kearah horisontal.
- Plat Aluminium Yang Dicat Putih**

Plat aluminium yang dicat putih akan ditempatkan dibagian bawah, dicat putih agar memantulkan panas yang diterimanya. Isolasi dan Gabus ditempatkan sebagai alas kolektor

Mekanisme Kerja Kolektor



Gambar 2. Sket Model Kolektor

Elemen-elemen yang telah disebutkan tadi dirangkai seperti gambar 2 diatas. Sket Model Kolektor diatas ini.

Air yang dipanaskan dimasukkan kedalam kolektor dengan alat penginput yaitu pompa dengan kapasitas yang telah diatur. Dalam perjalanannya gerakan air akan mengikuti bentuk pi-pa dan selama itu pula air akan mengalami pemanasan dari sinar matahari yang jatuh ke kolektor.

Air yang masuk ke sistem kolektor dengan temperatur sekeliling 300° K dan meninggalkan sistem dengan suhu yang lebih tinggi dari suhu keliling. Pemanasan air yang dilakukan kolektor sebagai pemanasan awal yang mampu menaikkan suhu sampai kurang lebih 330° K. Pemanasan oleh kolektor digunakan sebagai pemanasan awal sebelum masuk ke pemanasan air massal

Data Perhitungan

Untuk perhitungan perpindahan panas pada kektor yang dihasilkan dari tenaga matahari, maka perlu ditentukan data-datanya mengenai bahan, bentuk dan ukurannya.

Data bahan dan ukurannya yang digunakan untuk contoh dibawah ini adalah data untuk contoh perhitungan sbb:

- Kaca penutup
Tebal 2 mm = 0,002 Meter
- Plat Aluminium yang dicat hitam
Tebal 1 mm = 0,001 Meter
- Pipa Tembaga
Diameter dalam = 0,0125 Meter
Diameter Luar = 0,0175 Meter
Panjang Pipa = 17,3 Meter

4. Plat Aluminium yang dicat putih
Tebal = 0,001 Meter
5. Isolasi atau Gabus
Tebal = 0,03 Meter
6. Luas kolektor = 2 Meter²

Perhitungan Radiasi Matahari

Energi yang datang pada suatu permukaan bumi, $G_n = G_o T_o^m$

Radiasi matahari yang timbul pada suatu permukaan $G_t = G_n \cos i$

Sudut matahari

$$\cos I = \cos (z - \psi) - \sin z \sin \psi + \sin z \sin \psi \cos (A - Q)$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Radiasi Matahari

Jam	z	y	A	a	cos i	Gn btu/h/ft ²	Gt btu/h/ft ²
9	42	45	273	30	0,30	339	102
10	29	30	284	30	0,82	324	266
11	17	15	304	30	0,93	314	292
12	10	0	0	30	0,99	311	308
13	29	15	56	30	0,99	314	311
14	42	30	30	30	0,93	324	301
15	42	45	45	30	0,78	339	264

Radiasi yang dipancarkan

$$q_r = q_s + q + q_t$$

Dimana:

q_s : Bagian radiasi matahari langsung yang dipancarkan

$$q_s = \text{matahari } G_i, \quad m = 0,3$$

q : Bagian radiasi atmosfer diserap Pada hari yang cerah dan terang dikalikan 10 persen, $q = 0,1 q_s$

q_t : Bagian radiasi bumi yang diserap Karena permukaan tidak dapat melihat sebagian bumipun, maka $q_t = 0$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Radiasi Yang Dipancarkan

Jam	Gn btu/h/ft ²	qs btu/h/ft ²	qa btu/h/ft ²	qt btu/h/ft ²	qr btu/h/ft ²
9	102	30,6	3,06	0	33,6
10	266	79,8	7,98	0	87,8
11	292	87,6	8,76	0	96,4
12	308	92,4	9,24	0	101,6
13	311	93,3	9,33	0	102,6
14	301	90,3	9,03	0	99,3
15	264	79,2	7,92	0	87,1

Perhitungan suhu mutlak benda hitam

$$E_{b \max}(T) = 2,161 \times 10^{-13} T^5 \text{ btu/h ft } \mu$$

$$E_{b \max}(T) = \frac{q_r}{\mu} \text{ btu/ft}^2 \mu$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Suhu Mutlak Benda Hitam

Jam	qr btu/h/ft ²	λ μ	Ebλ,max btu/h/ft ²	T °R	T °	T °C
9	33,6	1,7	19,8	620	160,3	71,3
10	87,8	2	43,9	727,1	267,4	130,6
11	96,4	2,05	47,1	734,4	277,7	136,5
12	101,6	2,07	49,1	743,5	283,8	139,8
13	102,6	2,09	49,1	743,5	283,8	139,8
14	99,2	2,04	48,7	742,3	282,6	139,2
15	87,1	2	43,6	726,1	266,4	130,2

Perhitungan Laju Kerugian Panas Pada Plat Aluminium yang Dicat Hitam dan pada Pipa Tembaga

Diketahui :

$$r_1 = 0,0098 \text{ meter}$$

$$r_2 = 0,0088 \text{ meter}$$

$$r_3 = 0,0063 \text{ meter}$$

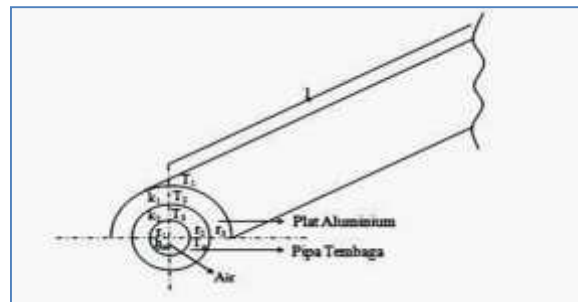
$$l = 17,3 \text{ meter}$$

$T_1 = 139,8 \text{ } ^\circ\text{C} = 412 \text{ } ^\circ\text{K}$ dari tabel 6.3 jam 12
 $T_o = 27 \text{ } ^\circ\text{C} = 300 \text{ } ^\circ\text{K}$ temperature air yang masuk

$K_1 = 119 \text{ btu/h ft } F = 205,9 \text{ W/m } K$ dari tabel A-1

$K_2 = 218 \text{ btu/h ft } F = 377,4 \text{ W/m } K$ dari tabel K-1

$h_o = 300 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ dari tabel A-3



Gambar 3. Plat Aluminium Yang Dicat Hitam dan Pipa Tembaga

Rumus laju aliran panas

$$q = \frac{T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}}{\sum_{n=1}^n R_n} = \frac{T_1 - T_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_1 = \frac{\ln(r_1 + r_2)}{2 k_2 l} = \frac{0,1076}{41023,1} = 4,81 \times 10^{-6} \text{ K/watt}$$

$$R_2 = \frac{\ln(r_2 + r_3)}{2 k_2 l} = \frac{0,334}{41023,1} = 8,14 \times 10^{-6} \text{ K/watt}$$

$$R_3 = \frac{1}{2 r_3 l h_o} = \frac{1}{205,4} = 4,87 \times 10^{-6} \text{ K/watt}$$

sehingga didapatkan,
 $q = \frac{112,8}{4,9^{-3}} = 23101 \text{ watt}$

Temperature pada tiap-tiap permukaan

$$T_1 = 412,8 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 - q r_1 = 412,69 \text{ K}$$

$$T_3 = T_2 - q r_2 = 412,5 \text{ K}$$

$$T_o = T_3 - q r_3 = 300 \text{ K}$$

Laju kerugian panas pada plat alumunium yang dicat hitam adalah :

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = 22689 \text{ watt}$$

Laju kerugian panas pada pipa tembaga adalah

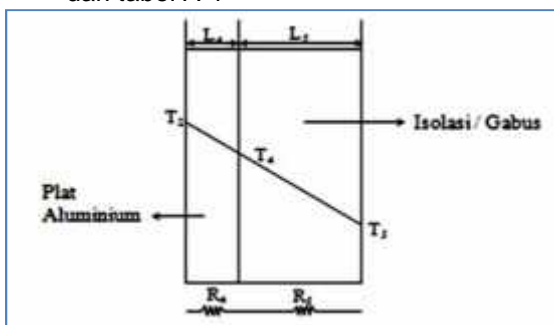
$$q = \frac{T_2 - T_3}{R_2} = 23342 \text{ watt}$$

Perhitungan Laju Pembuangan Panas pada Plat Aluminium yang dicat Putih dan pada Isolsi Gabus

Diketahui,

$L_4 = 0,001 \text{ meter}$
 $L_5 = 0,003 \text{ meter}$
 $T_2 = 412,69 \text{ }^\circ\text{K}$ (dianggap sama dengan permukaan luar pipa tembaga)

$T_5 = 310 \text{ }^\circ\text{K}$ (temperature udara sekeliling isolasi)
 $K_4 = 119 \text{ btu/h ft F} = 205,9 \text{ W/m K}$ dari tabel A-1
 $K_5 = 0,025 \text{ btu/h ft F} = 0,0433 \text{ Wm K}$ dari tabel A-1



Gambar 4. Plat Aluminium Yang Dicat Putih dan Diisolasi Gabus

Rumus laju aliran panas,

$$q = \frac{T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}}{\sum_{n=1}^n R_n} = \frac{T_2 - T_5}{R_4 + R_5}$$

Tahanan termalnya,

$$R_4 = \frac{L_4}{K_4} = 4,86 \text{ m}^2 \text{ K/Watt}$$

$$R_5 = \frac{L_5}{K_5} = 0,069 \text{ m}^2 \text{ K/Watt}$$

Laju aliran panas

$$q/a = 102,69/205,97 = 0,499 \text{ watt/m}^2$$

Temperature diantara plat dan isolasi,

$$T_4 = T_2 - w/A R_4 = 410,3 \text{ K}$$

Laju pembuangan panas pada plat Aluminium yang dicat putih

$$q_4 = \frac{T_2 - T_4}{R_4} = 0,49 \text{ Watt/m}^2$$

Laju pembuangan panas pada isolasi / gabus

$$q_5 = \frac{T_4 - T_5}{R_5} = 1453,6 \text{ Watt/m}^2$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas ke Air

Suhu permukaan dalam plat aluminium yang dicat hitam atau suhu permukaan luar pipa tembaga

$$T_2 = T_1 - q_1 R_1$$

Suhu permukaan dalam pipa tembaga

$$T_3 = T_2 - q_2 R_2$$

Laju perpindahan panas ke fluida

$$q_3 = \frac{T_3 - T_o}{R_3}$$

Perhitungan Temperature Air yang keluar dari Kolektor

Laju perpindahan panas ke air : $q = m C_p \Delta T_b$

Laju aliran : $m = \rho V_m A$

Dimana :

$V_m = 0,5 \text{ m/s}$ (kecepatan aliran dapat diatur dengan karup sesuai temperature yang diinginkan)

$$A = 1,23 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho = 62,2 \text{ lbm/ft}^3 = 996,4 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 0,0612786 \text{ kg/s}$$

Temperature air keluar dari kolektor

$$T_a \text{ (air yang keluar)} = \frac{q^3}{m C_p} + T_o$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Radiasi Matahari

Jam	T ₀ °K	T ₁ °K	T ₂ °K	T ₃ °K	q ³ Watt
9	300	344,3	344,19	344,0	9034,9
10	300	403,6	403,49	403,3	21211,5
11	300	409,5	412,69	409,2	22423,0
12	300	412,8	412,69	412,5	23100,6
13	300	412,8	412,69	412,5	23100,6
14	300	412,2	412,09	411,9	22977,4
15	300	403,2	403,09	402,9	21129,4

Tabel 6. Hasil Perhitungan Air Yang Keluar dari Kolektor.

Jam	T ₀ °K	C _p J/Kg K	m Kg/s	T ₃ Watt	T _a °K
9	300	4175,6	0,0612786	9030,9	335,3
10	300	4175,6	0,0612786	21211,5	382,9
11	300	4175,6	0,0612786	22423,5	387,6
12	300	4175,6	0,0612786	23100,6	390,3
13	300	4175,6	0,0612786	23100,6	390,3
14	300	4175,6	0,0612786	22977,4	389,8
15	300	4175,6	0,0612786	21129,4	382,6

Hasil Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak atau program dibuat dan digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan atau untuk trial error bermacam-macam input dan bermacam-macam ukuran output perancangan, yang ditulis dalam bahasa Turbo Pascal versi 7.00.

Isian data adalah mengenai ukuran data perancangan meliputi (contoh input di lampiran) :

1. Tebal kaca penutup (tk)
2. Tebal plat aluminium hitam (tah)
3. Diameter dalam pipa tembaga (Di)
4. Diameter luar pipa tembaga (Do)
5. Panjang pipa (L)
6. Tebal plat alumium putih (tap)
7. Tebal isolasi (ti)
8. Luas kolektor (A)

```

Program Perhitungan_Pemanas_Air;
{Ditulis oleh : Aandi Sodik, S. & Rinoza Firman Cahyani, Ssi
Banjarmasin, 01 Agustus 2007}
Uses Crt;
Const
z:Array[1..7]of integer=(42,29,17,10,17,29,42);
w:Array[1..7]of integer=(45,30,15,0,15,30,45);
A:Array[1..7]of integer=(273,284,304,0,56,76,87);
Ab:Array[1..7]of integer=(30,30,30,30,30,30,30);
Kab:Array[1..7]of real=(1,7,2,05,2,07,2,09,2,04,2);
G:Array[1..7]of real=(339,324,314,311,314,324,339);
P=1/57,2958;
Type
Jarak=array[1..7]of real;
Var
tk,k: integer;
ta,t0,tah,ap,ti,tkg,kg,luas,l,d1,d2,d3,d4,d5,ho,RR1,
RR2,RR3,md,m,c,mp: real;
Acos,G,cp,qalp,q3,qf,Eh,Ti,Tc,Tf,T1,q,q1,q2,T2,T3,T4,q4,q5,q3,Ta: Jarak;

```

Gambar 4. Bagian kode program pada deklarasi variable yang diperlukan pada sistem.

Kemudian setelah input yang dimasukkan benar, maka akan dihasilkan output rancangan yang meliputi (contoh output dilampirkan) ;

1. Temperatur keluaran
2. mess dot / massa pemanasan per satuan waktu (kg/s)
3. Energi panas yang diterima kolektor.

```

WriteLn("PROGRAM PERHITUNGAN KOLEKTOR PEMANAS AIR");
gotoxy(17,7);
WriteLn("-----");
gotoxy(17,8);
WriteLn(" INPUT DATA ");
gotoxy(17,9);
WriteLn("-----");
gotoxy(17,10); WriteLn("1. Tebal Kaca Penutup (meter) = ");
gotoxy(17,11); WriteLn("2. Tebal Pelat Aluminium Hitam (meter) = ");
gotoxy(17,12); WriteLn("3. Diameter Pipa Tembaga Dalam (meter) = ");
gotoxy(17,13); WriteLn("4. Diameter Pipa Tembaga Luar (meter) = ");
gotoxy(17,14); WriteLn("5. Panjang Pipa Tembaga Dalam (meter) = ");
gotoxy(17,15); WriteLn("6. Tebal Pelat Aluminium Putih (meter) = ");
gotoxy(17,16); WriteLn("7. Tebal Isolasi / Gabus (meter) = ");
gotoxy(17,17); WriteLn("8. Luas Kolektor (meter) = ");
gotoxy(17,18);
WriteLn("-----");

```

Gambar 6. Bagian kode program yang menampilkan menu utama pada sistem.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Energi radiasi matahari sangat bergantung keadaan cuaca dan waktu sinar matahari. Pada cuaca cerah, antara pukul 13, kolektor mampu memanasi air sampai temperatur 390, oK dengan laju massa 0,0612786 Kg/s atau setara dengan Kg/jam atau 220 Liter/jam. Pemanasan yang dilakukan kolektor adalah pemanasan awal, yang akan cocok jika digunakan dalam produksi besar semacam perhotelan dll.

Jika cuaca tidak cerah, maka untuk mengatasi supaya air yang dihasilkan oleh kolektor bersuhu tinggi, maka kapasitas air yang memasuki kolektor harus dikecilkan, demikian juga sebaliknya jika cuaca cerah dan sangat panas, maka kapasitas air yang dimasukkan kolektor harus dibesarkan agar temperatur air yang keluar dari kolektor tidak terlalu tinggi. Keadaan di atas bisa diatur otomatis jika peralatan ini dilengkapi dengan sistem kontrol.

Saran

Seorang Enginer dalam merancang sesuatu sangat disarankan menggunakan program komputer, program komputer yang telah dibuat akan sangat membantu minimal untuk mempercepat dan ketelitian perhitungan perencanaan. Jika pekerjaan perhitungan dilakukan berulang-ulang atau dengan cara "trial error" maka pembuatan software untuk input perencanaan yang berbeda-beda akan sangat membantu.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Alan, J Adama, (1973), *Computer-Aidid Hend Transfer Analysis*, International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.
2. Busono, (1988), *Meningkatkan Daya Guna Komputer dengan Turbo Pascal*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
3. Frank, Kreith, (1986), Arko Priyono, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, erlangga, Jakarta.
4. Jhn, R. Howel dkk, (1976), *Solar Thermal Energy System Analysis and Desaign*, Ms Grawhill Book Company.
5. Yogyianto, HM, (1988), *Turbo Pascal*, Edisi Pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
6. Reylond, C William dkk, (1987), *Termodinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta.

