

Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar

Ekadewi Anggraini Handoyo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Abstrak

Karena panas yang diterima suatu kolektor surya plat datar berasal dari energi elektromagnetik dari matahari, maka kaca penutup yang digunakan sangat berpengaruh terhadap panas yang diterima. Mengingat pentingnya kaca pada kolektor surya, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jarak kaca ke plat terhadap temperatur plat yang menyatakan besar panas yang diterima. Kaca yang digunakan untuk penelitian adalah kaca bening dan kaca es dengan ketebalan masing-masing 3 mm dan 5mm. Dari hasil penelitian didapat bahwa temperatur plat tertinggi dicapai saat kaca yang dipakai jenis kaca bening 3mm dengan jarak kaca ke plat 20 mm.

Kata kunci: kolektor surya plat datar, kaca penutup, konveksi di antara 2 plat sejajar.

Abstract

Since the heat absorbed by a flat plate solar collector is converted from electromagnetic energy of the sun, the glass cover used affects the heat absorbed dominantly. Considering the importance of the cover, a research is carried on to find out the affect of the spacing between cover and plate toward the plate's temperature which refer to the amount of heat absorbed. Covers used are clear glass and 'ice' glass with thickness of 3 mm and 5 mm each. From the research, it is found out that the plate's highest temperature is obtained when the cover used is a 3 mm clear glass with 20 mm spacing between cover and plate.

Keywords: flat plate solar collector, glass cover, convection between two parallel plate.

Daftar Notasi

h_c	Koefisien perpindahan panas konveksi diatas permukaan ($W/m^2.K$)
A	Luas permukaan yang bersinggungan dengan fluida (m^2)
T_s	Temperatur permukaan (K)
T_f	Temperatur fluida (K)
k	Konduktivitas fluida ($W/m.K$)
q	Laju perpindahan panas (W)

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi semakin meningkat dengan adanya kemajuan teknologi. Sumber energi yang banyak dipakai sampai saat ini adalah sumber yang dapat habis yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi. Karena kebutuhan energi meningkat maka usaha manusia untuk mengeksplorasi sumber energi di atas turut meningkat. Mengingat terbatasnya persediaan

sumber energi tersebut, maka mulai dicari sumber energi lain seperti energi matahari, energi gelombang, energi angin, energi pasang surut, dll.

Energi matahari yang disediakan Tuhan untuk umat manusia khususnya yang tinggal di daerah tropis, sangatlah berlimpah. Selain berlimpah dan tidak habis pakai, energi matahari juga tidak menimbulkan polusi. Namun demikian masih diperlukan peralatan seperti *solar cell* (sel surya) untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik atau *solar collector* (kolektor surya) untuk menjadi energi panas.

Dalam suatu kolektor surya plat datar, sebagian besar energi matahari ditransmisi oleh kaca penutup ke plat yang biasanya dicat hitam. Plat ini disinggungkan dengan pipa yang berisi fluida yang akan dipanasi. Ada 3 konfigurasi penyusunan pipa pada plat yang umum dipakai yaitu (1) pipa ditempelkan di bawah plat, (2) pipa ditempelkan di atas plat, (3) pipa ditempelkan di antara plat. Plat kolektor yang menerima panas akan menghantarkan panas ke fluida dalam pipa.

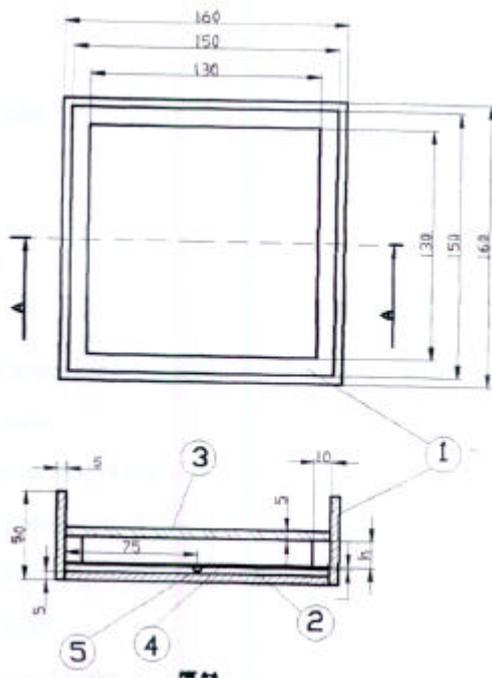
Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 1 April 2002.

Menurut John A. Duffie dan William A. Beckman [1], panas yang diserap plat kolektor dipengaruhi oleh kaca penutup. Jenis kaca penutup yang digunakan menentukan banyaknya energi matahari yang diserap kaca, yang ditransmisi ke udara di antara kaca-plat dan yang direflesi kembali ke atmosfer. Pada penelitian ini akan dicari pengaruh jenis kaca penutup dan jarak kaca ke plat terhadap panas yang diterima plat dengan mengukur temperatur plat. Jarak kaca ke plat menentukan lebar celah dan sekaligus banyaknya udara di antara plat dan kaca penutup.

2. Alat Percobaan

Model Kolektor Surya

Dalam penelitian ini, digunakan model seperti pada gambar 1. Model yang digunakan ada 8 buah agar pengambilan data bisa dilakukan bersamaan. Hal ini dilakukan mengingat temperatur lingkungan, intensitas matahari dan kecepatan angin sangat berfluktuasi. Agar dapat membuat perbandingan dari parameter tertentu, maka semua parameter yang lain dijaga konstan selama pengukuran.



Keterangan: 1. Kotak, 2. Isolasi, 3. Kaca, 4. Plat, 5. Sensor

Gambar 1. Gambar Model Kolektor Surya

Bahan kotak bagian bawah: triplek setebal 5 mm, panjang 150 mm dan lebar 150 mm. Bahan kotak bagian samping: triplek setebal 5 mm,

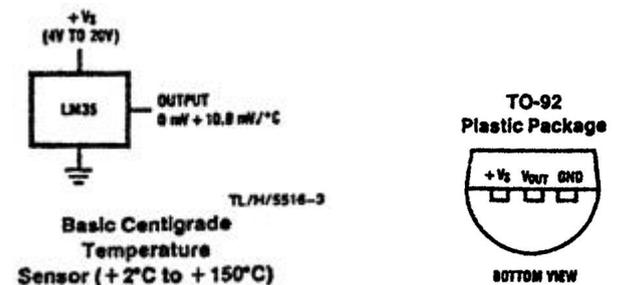
panjang 160 mm. Tinggi kotak bervariasi, ada 55 mm (2 buah), 60 mm (2 buah), 65 mm (2 buah) dan 70 mm (2 buah). Bahan isolasi: glasswool setebal 10 mm. Bahan kaca penutup: kaca bening dengan tebal 3 mm, 5 mm dan kaca es dengan tebal 3 mm, 5 mm. Bahan plat kolektor: aluminium setebal 1 mm, panjang 150 mm dan lebar 150 mm.

Sensor Temperatur

Pengukuran temperatur plat kolektor menggunakan IC LM35 seperti pada gambar 2. Keluaran sensor ini berupa tegangan (mV) yang linear terhadap temperatur (°C) dengan faktor skala 10 mV/°C. Sensor ini tidak membutuhkan kalibrasi eksternal dengan akurasi sebesar $\pm 1/4^\circ\text{C}$ pada temperatur kamar dan $\pm 3/4^\circ\text{C}$ untuk range temperatur antara -55°C sampai $+150^\circ\text{C}$. Sensor ini memiliki *self heating* yang rendah dan beroperasi sampai dengan temperatur $+150^\circ\text{C}$.

Temperatur plat diukur dengan menempelkan badan IC LM35 pada permukaan plat. Posisi badan sensor seperti pada gambar 2b dimana bagian atas yang ditempelkan pada plat kolektor.

Untuk ini diperlukan peralatan penunjang, yaitu: multimeter untuk mengukur tegangan keluaran, baterai 9V untuk input, kabel penghubung dari kaki keluaran ke multimeter.



(a) Gambar skema

(b) Gambar benda

Gambar 2. Sensor temperatur LM35

Peralatan lain yang diperlukan adalah termometer air raksa untuk mengukur temperatur sekitar dan velometer untuk mengukur kecepatan angin di lokasi penelitian.

3. Prosedur Percobaan

Percobaan dilakukan langsung di tempat terbuka di bawah sinar matahari. Percobaan dilakukan dengan membandingkan langsung jenis-jenis kaca yang akan dibandingkan. Misalnya kaca bening tebal 3 mm dibandingkan

dengan kaca es tebal 3 mm. Model yang disediakan ada 8 kotak: kaca bening tebal 3mm dengan jarak kaca ke plat 15mm, 20mm, 25mm, 30mm dan kaca es tebal 3 mm dengan jarak kaca ke plat 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm. Pemilihan jarak ini ditentukan dengan mengacu pada penelitian Rahardjo [3] yang menyebutkan bahwa jarak terbaik sekitar 25 mm.

Prosedur percobaan:

1. Meletakkan 8 kotak model di lokasi yang sama.
2. Memasang kaca dengan jarak yang telah ditentukan.
3. Memasang rangkaian untuk mengukur temperatur.
4. Mencatat temperatur lingkungan dan kecepatan angin di tempat percobaan.
5. Mengukur temperatur plat tiap jam.
6. Mengganti kaca untuk percobaan berikutnya.

4. Teori Dasar

Energi surya yang diterima kolektor surya sebagian diserap oleh kaca penutup, sebagian dipantulkan kembali ke udara dan sebagian besar diteruskan ke plat kolektor. Dengan demikian, energi surya dikonversi menjadi panas. Dengan menyerap panas, temperatur kaca penutup naik, begitu pula dengan temperatur plat kolektor. Namun, temperatur plat kolektor lebih tinggi daripada kaca penutup karena energi surya yang diserap plat lebih banyak daripada yang diserap kaca penutup. Apalagi umumnya plat kolektor dicat hitam dan terbuat dari bahan dengan konduktivitas panas tinggi. Karena temperatur plat lebih tinggi dari temperatur udara sekitar, maka ada perpindahan panas yang tidak diinginkan dari plat ke udara sekitar. Hal ini membuat fluida yang dialirkan dalam kolektor surya keluar pada temperatur lebih rendah.

Panas yang hilang dari plat ke permukaan sebelah dalam kaca penutup dalam bentuk konveksi bebas dan radiasi. Sedang dari permukaan luar kaca penutup panas hilang secara konveksi ke udara sekitar.

Besar laju perpindahan panas konveksi dari suatu permukaan secara alami atau paksa didapat dengan hukum pendinginan Newton dari [2]:

$$q_c = h_c A (T_s - T_f) \quad (1)$$

Sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi tergantung pada jenis dan kecepatan aliran fluida, bentuk geometri permukaan dan

sifat fisis fluida seperti konduktivitas termal, viskositas, massa jenis. Koefisien perpindahan panas konveksi di atas bidang datar sepanjang x dapat dicari dari [2]:

$$h_c = \frac{Nu.k}{x} \quad (2)$$

dimana k adalah konduktivitas termal fluida. Sedangkan Nu adalah suatu bilangan yang didapat secara empiris yang besarnya tergantung dari bilangan Reynold dan bilangan Prandtl untuk konveksi paksa dan tergantung pada bilangan Rayleigh untuk konveksi bebas (alami). Pada penelitian ini, perhatian lebih dipusatkan kepada perpindahan panas konveksi bebas di antara plat dengan kaca penutup. Hal ini disebabkan perpindahan panas konveksi memerlukan media (dalam hal ini udara) sedangkan perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media. Banyaknya media penghantar panas mempengaruhi besar perpindahan panas konveksi tetapi tidak untuk radiasi.

Menurut Frank Kreith & Jan F. Kreider [2], konveksi bebas di antara 2 bidang datar sejajar dengan kemiringan sudut β dari horisontal, dalam hal ini antara plat kolektor dengan permukaan dalam kaca penutup, telah dilakukan oleh Hollands et al dan Buchberg et al. Hasilnya yaitu:

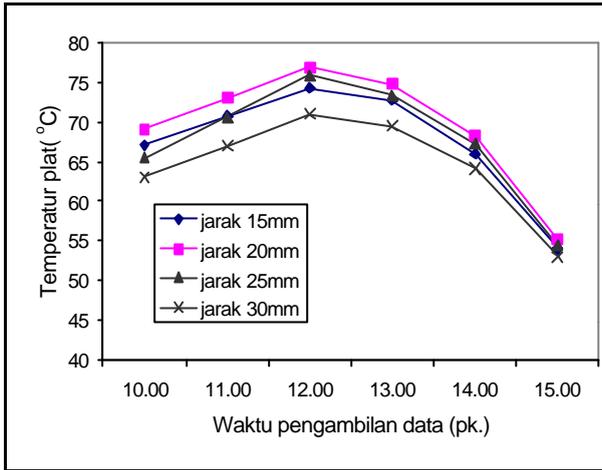
$$Nu_L = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{Ra_L \cos \hat{\alpha}} \right] \left[1 - \frac{1708 (\sin 1,8 \hat{\alpha})^{1,6}}{Ra_L \cos \hat{\alpha}} \right] + \left[\left(\frac{Ra_L \cos \hat{\alpha}}{5830} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

dimana L adalah jarak celah antara dua bidang yang bertemperatur T_1 dan T_2 . Besar bilangan Rayleigh adalah:

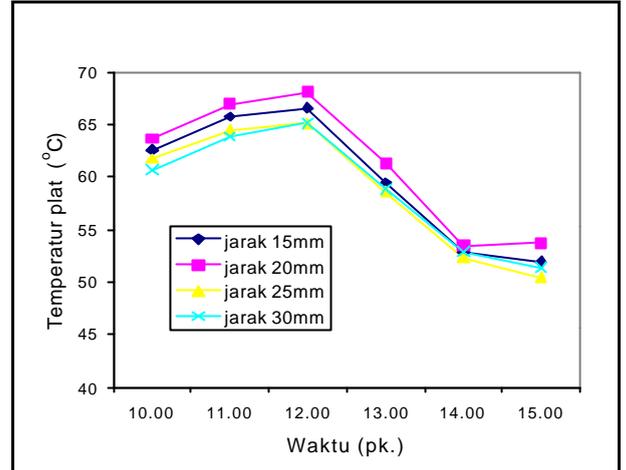
$$Ra_L = \frac{2g(T_1 - T_2)L^3}{\hat{\nu}^2(T_1 + T_2)} Pr \quad (4)$$

5. Hasil Percobaan Dan Analisa

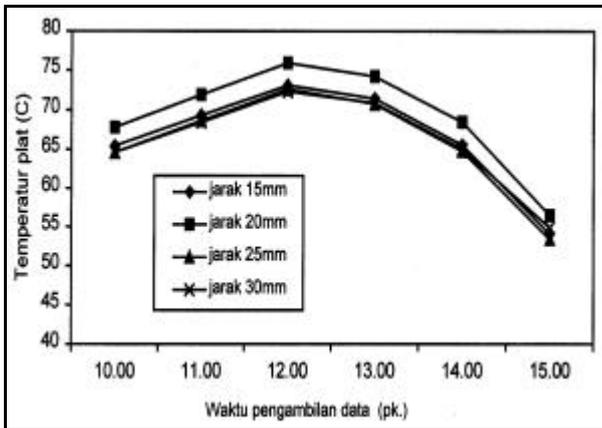
Hasil percobaan yang dilakukan Purnawarman [4] menunjukkan bahwa temperatur plat kolektor berfluktuasi tergantung intensitas matahari. Saat pengukuran dilakukan cuaca cerah dengan temperatur lingkungan berkisar $40^\circ\text{C} - 48^\circ\text{C}$ dan kecepatan angin antara 1,5 sampai 3 m/s. Berdasarkan hasil percobaan, ternyata temperatur lingkungan dan kecepatan angin tidak terlalu mempengaruhi temperatur plat. Hasil pengukuran untuk keempat jenis kaca yang digunakan dapat dilihat dari gambar 3,4,5,6.



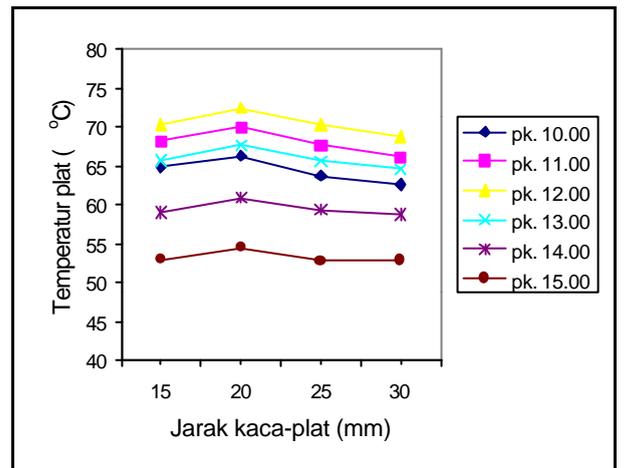
Gambar 3. Temperatur Plat Kolektor untuk Kaca Bening 3 mm



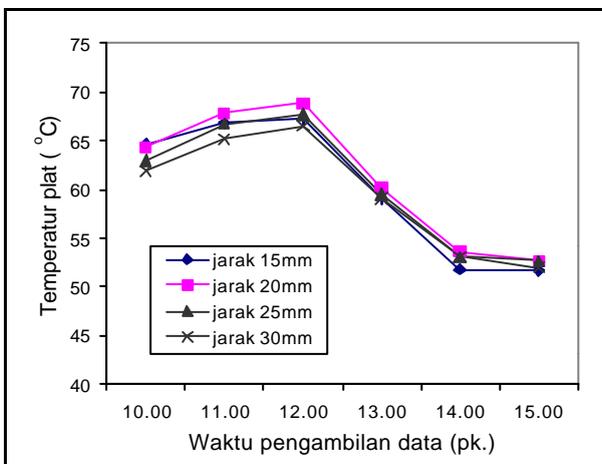
Gambar 6. Temperatur Plat Kolektor untuk Kaca Es 5 mm



Gambar 4. Temperatur Plat Kolektor untuk Kaca Bening 5 mm



Gambar 7. Temperatur Rata-Rata Plat ke Empat Jenis Kaca yang Digunakan.



Gambar 5. Temperatur Plat Kolektor untuk Kaca Es 3 mm

Temperatur rata-rata plat untuk berbagai jarak yang dicoba pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7. Data tersebut merupakan rata-rata dari semua data yang didapat yaitu saat kaca penutup yang dipakai kaca bening 3 mm dan 5 mm serta kaca es 3 mm dan 5 mm.

Dari gambar 3 sampai gambar 7 terlihat bahwa temperatur plat tertinggi saat jarak kaca ke plat 20 mm. Hal ini dapat dimengerti dengan memperhatikan bahwa temperatur plat akan menurun jika banyak energi dalam bentuk panas yang hilang ke lingkungan. Perpindahan panas ke lingkungan terjadi secara konveksi dan radiasi dari plat ke kaca sebelah dalam dan secara konveksi dari permukaan kaca sebelah luar ke lingkungan.

Perpindahan panas radiasi tidak dipengaruhi lebar celah atau jarak kaca ke plat. Sedangkan untuk perpindahan panas konveksi, dari persamaan (1) didapat laju panas yang

hilang akan semakin besar jika koefisien perpindahan panas konveksi, h_c , semakin besar. Sedang dari persamaan (2) dan (3) terlihat bahwa h_c berbanding lurus dengan bilangan Nusselt dan bilangan Nusselt berbanding lurus dengan bilangan Rayleigh. Berarti h_c akan bertambah jika bilangan Rayleigh bertambah. Dari persamaan (4), bilangan Rayleigh merupakan fungsi dari L , celah atau jarak antara plat dengan kaca penutup. Semakin lebar jaraknya, semakin besar bilangan Rayleigh dan berarti semakin besar rugi panas.

Dengan demikian, semakin lebar jarak kaca ke plat, temperatur plat semakin rendah. Namun, dari gambar 7 ada suatu fenomena yang menarik yaitu: pada jarak kaca ke plat lebih rendah dari 20 mm, temperatur plat tidak lebih tinggi dari saat jarak 20 mm melainkan justru lebih rendah. Diduga hal ini disebabkan karena dengan sempitnya celah, molekul udara tidak dapat berpindah dengan leluasa. Hal ini menyebabkan perpindahan panas dari plat ke kaca sebelah dalam lebih mungkin terjadi secara konduksi daripada secara konveksi. Untuk perpindahan panas konduksi, dari [2] laju panas berbanding terbalik dengan tebal atau lebar media yang searah perpindahan panas (L):

$$q = kA \frac{\Delta T}{L} \quad (5)$$

Semakin kecil lebar media atau bahan, semakin besar panas secara konduksi yang ditransfer. Dalam hal kolektor surya yang diteliti, maka semakin kecil jarak kaca ke plat kolektor, kemungkinan perpindahan panas berlangsung lebih secara konduksi dan berarti semakin banyak panas yang hilang ke lingkungan sehingga temperatur plat menurun.

6. Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan di Surabaya dengan kaca bening 3 mm, 5 mm dan kaca es 3 mm, 5 mm dengan beberapa jarak kaca ke plat, didapat:

- Panas yang diserap plat atau temperatur plat tertinggi jika jarak kaca ke plat = 20 mm.
- Temperatur lingkungan dan kecepatan angin jika cuaca cerah tidak mempengaruhi panas yang diserap plat.
- Jenis kaca yang paling tepat digunakan adalah kaca bening dengan tebal 3 mm.

Daftar Pustaka

1. Duffie, John A. and Beckman, William A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1991.
2. Kreith, Frank and Kreider, Jan F., *Principles of Solar Engineering*. New York: McGraw, Hill Book, 1978.
3. Purnawarman, Heru, *Pengaruh Jumlah dan Jarak Kaca Terhadap Temperatur Plat Solar Kolektor*, Tugas Akhir no. 01.54.43. Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2001.
4. Tirtoatmojo, Rahardjo, *Pemanas Air dengan Memanfaatkan Energi Matahari*, Surabaya: Percetakan Universitas Kristen Petra, 1995.