

STUDI PENGARUH BAHAN PEWARNA HITAM DAN CARA PEWARNAAN KOLEKTOR PEMANAS TERHADAP TEMPERATUR KOLEKTOR PADA PEMANAS AIR ENERGI MATAHARI

Hariato

Dosen Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
Jl. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta
E-mail : yantomt0010@gmail.com

Abstrak

Indonesia terletak di belahan bumi pada daerah garis katulistiwa, yang berpotensi besar menerima panas dari matahari. Energi matahari ini merupakan salah satu jenis renewable energy yang dapat dimanfaatkan di bumi sebagai energi panas yang ramah lingkungan. Energi panas matahari diterima di bumi melalui pancaran radiasi gelombang elektromagnetik. Radiasi panas matahari ini berlangsung pada saat-saat tertentu ketika bagian permukaan bumi berhadapan dengan permukaan matahari, sehingga dengan adanya peredaran bumi mengelilingi matahari, ada saat bagian permukaan bumi berhadapan dengan permukaan matahari dan ada bagian permukaan bumi yang tidak berhadapan dengan matahari. Oleh karenanya pada daerah permukaan bumi tertentu menerima sumber radiasi panas dan pada saat tertentu yang lain tidak menerima radiasi panas matahari. Pengelolaan energi panas radiasi matahari telah banyak dilakukan dengan mengkonversi energi matahari menjadi listrik ataupun mengkoleksi dalam bentuk energi panas yang kedua cara tersebut dapat tersimpan dan dapat digunakan pada saat energi matahari tidak diradiasikan ke permukaan bumi. Cara-cara yang telah dilakukan masih terkendala dengan efisiensi alat penangkapan energi matahari yang rendah. Studi eksperimen pengaruh bahan pewarna hitam dan cara pewarnaan kolektor pemanas terhadap temperatur permukaan bawah kolektor telah dilakukan dengan membuat kolektor dari pelat aluminium setebal 0.8 mm dengan ukuran panjang 1 m dan lebar 0.6 m. Kolektor ini diisolasi dibagian bawah dan samping, dibagian atas ditutup dengan kaca bening setebal 5 mm pada jarak 4 cm dari permukaan kolektor dan diletakkan dengan variasi kemiringan 30° dan 45°. Permukaan kolektor dicat hitam dengan variasi pengecatan disemprot, dikuas serta jenis cat doft dan gilap. Hasil eksperimen menunjukkan kolektor dengan cat hitam doft dicat dengan semprot menghasilkan temperatur permukaan kolektor bawah tertinggi yaitu °C, sedang kolektor tanpa cat mempunyai temperatur terendah °C.

Kata kunci : Energi Matahari, Kalor, Radiasi, *black body*

I. Pendahuluan.

Refrigerasi merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan pada era modern. Sistem refrigerasi telah digunakan secara luas untuk berbagai keperluan, antara lain di perkantoran, rumah tangga, industri dan sebagainya. Teknologi di bidang refrigerasi telah berkembang secara pesat, baik dari segi mekanis, segi elektronis khususnya pada sistem kontrol, dan dari segi refrigeran.

Penemuan *Hydro Chloro Fluoro Carbons (HCFC)* atau yang lazim disebut Freon pada tahun 1928 oleh Charles Kettering dan Thomas Migley, Jr, sistem refrigerasi mampu menghasilkan unjuk kerja yang sangat baik, namun berdasarkan hasil kajian ilmiah pada dekade tahun 1970 terbukti bahwa Freon, khususnya yang mengandung unsur *Chlor*, merupakan penyebab terjadinya lubang ozon, atau memiliki potensi pengurangan ozon (*ozone depletion potential, ODP*). Ozon (O_3) adalah unsur oksigen yang tersusun atas tiga atom oksigen. Unsur ini terbentuk secara alamiah selama jutaan tahun dan terakumulasi di lapisan stratosfir. Ozon terutama sangat berperan dalam memfilter radiasi sinar ultraviolet dari matahari. Penyebab terjadinya lubang ozon adalah karena adanya unsur klor (*Cl*). Unsur *Cl*

bertindak sebagai katalisator terurainya ozon menjadi oksigen. Selain itu, Freon memiliki potensi penyebab pemanasan global (*global warming potential, GWP*) yang tinggi. Sebagai contoh R12 memiliki indeks GWP sebesar 8500 dan R22 sebesar 1900 (Kilicarslan, 2005 dari Calm and Hourahan, 1999).

Upaya untuk mengganti CFC dengan refrigeran lain yang ramah lingkungan telah dilakukan sebagai pengganti CFC, antara lain dengan R134a dan *hydro carbon*, namun R13a masih memiliki indeks GWP 1600 dan R290 (*propane*) memiliki indeks GWP 20 (Kilicarslan, 2005 dari Calm and Hourahan, 1999). Salah satu refrigeran yang sangat potensial untuk digunakan adalah air (H_2O). Keunggulan air sebagai refrigeran adalah sangat ramah lingkungan, tidak menyebabkan penipisan lapisan ozon dan pemanasan global, karena memiliki indeks ODP dan indeks GWP nol (Kilicarslan, 2005 dari Dincer 2003). Kelebihan lain dari air adalah mampu menghasilkan koefisien prestasi (*coefficient of performance, COP*) yang dapat menandingi koefisien prestasi R12 dan R22.

Kelemahan penggunaan air sebagai refrigeran adalah bahwa volume spesifik uap air pada suhu refrigerasi, misalkan 10 °C, sangat besar bila

dibandingkan dengan volume spesifik CFC. Sebagai ilustrasi, pada suhu evaporator 10 °C, volume spesifik uap air adalah 106.4 m³/kg, sedangkan R12 hanya 0.0409 m³/kg dan R22 hanya 0.0347 m³/kg. Hal ini menyebabkan ukuran kompresor menjadi relative sangat besar bila dibandingkan dengan kompresor sistem refrigerasi dengan refrigeran CFC. Dengan ukuran kompresor yang sangat besar, maka konstruksinya menjadi lebih berat dan lebih mahal.

Penelitian tentang pemanfaatan energi surya sudah banyak dilakukan dan bahkan sudah di aplikasikan . Pemanfaatan energi matahari yang termasuk salah satu energi terbarukan telah dilakukan baik di Indonesia maupun di luar negeri. Penangkapan energi matahari ini agar dapat dimanfaatkan dan dikelola energinya bisa menggunakan alat konversi energi untuk diubah menjadi listrik oleh photo voltaik (PV) ataupun dapat dilakukan dengan alat kolektor panas matahari yang kemudian di transferkan ke media fluida yang dapat menyimpan energi panasnya dengan ditempatkan kedalam bak yang terisolasi. Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain :

Uji panel surya (PV) sebagai kolektor pemanas surya sehingga menjadi alat penangkap energi matahari secara hibrid sebagian menjadi listrik dan sebagian dalam bentuk penyimpanan panas (kalor). Hasil pengujian yang dilakukan oleh Subarkah R, dkk, 2011 menunjukkan bahwa ada peningkatan efisiensi panel surya (PV) dan mendapatkan air panas bersuhu 40°C 50 liter dalam pemanasan selama 5 jam pada kondisicerah.

Raharjo ,dkk,1999, telah meneliti kolektor surya dengan memvariasikan jumlah kaca penutup yaitu dengan satu dan dua kaca penutup. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan kaca penutup dua lapis memberikan peningkatan efisiensi bila dibanding dengan penutup kaca satu lapis.

Dengan pemodelan kolektor surya menggunakan konstruksi pemanas berupa kotak logam berisi instalasi pipa tembaga berbentuk spiral planar yang ditutupi dengan adukan semen karbon, air pengisi pipa tembaga mendapat pasokan energi panas dari semen karbon telah diteliti dan menghasilkan suhu air didalam tandon naik sebesar 0,0009°C/detik dan pada kondisi penyinaran maksimum , laju panas yang ditransfer perdetik dari bahan campuran semen karbon ke air sebesar 0,075 kwatt (Wihantoro, dkk, 2010).

Uji performasi Kolektor Surya Plat Berlubang telah diteliti dengan menggunakan bantuan alat akuisisi data ,data yang diperoleh diolah dengan menggunakan program Microsof Exel , hasil penelitian menunjukkan temperatur udara yang dipanasi mencapai 35 – 39 °C dengan kecepatan aliran udara 4 – 17 m/det. Dan efisiensi kolektor 6 -34 % (Utomo dkk, 2004).

Matahari mempunyai temperatur hingga 5800°K yang berarti mempunyai kandungan energi panas yang sangat besar. Matahari memancarkan radiasi cahaya dengan berbagai panjang gelombang mulai dari ultraviolet cahaya tampak sampai infrared dari spektrum elektromagnetik. Radiasi ini timbul sebagai akibat dari permukaan matahari yang mempunyai temperatur sekitar 5800°K sehingga spektrum yang dipancarkan matahari sama dengan spektrum dari blackbody pada temperatur yang sama. Blackbody ini didefinisikan sebagai obyek yang menyerap secara sempurna semua radiasi elektromagnetik dan juga mampu memancarkan radiasi dengan distribusi energi bergantung kepada temperaturnya.

Radiasi cahaya matahari yang sampai dipermukaan atmosfer bumi tidak semuanya diterima oleh permukaan bumi karena mengalami proses pengaburan oleh awan atau juga partikel partikel lain yang ada didalam atmosfer bumi. Cahaya dengan panjang gelombang kurang dari 300 nm dan cahaya tampak difilter oleh atom dan molekul oksigen, ozon dan nitrogen. Sedangkan air dan karbon umumnya menyerap cahaya pada area gelombang infrared yang merupakan alasan penurunan secara drastis pada spektra radiasi di panjang gelombang 900 ,1100, 1400 ,1800, 1900 dan 2600 nm.

Besar aktual radiasi cahaya matahari yang diterima di permukaan bumi bervariasi tiap area , dan sangat bergantung kepada musim dan variasi dari posisi matahari dan orientasi bumi.

Permukaan benda hitam adalah permukaan ideal yang mempunyai sifat-sifat:

1. Benda hitam menyerap semua radiasi yang disengaja (irradiasi) tanpa melihat panjang gelombang dan arah datangnya sinar.
2. Pada semua temperatur dan panjang gelombang yang diijinkan, tidak ada permukaan yang dapat menghasilkan energi lebih banyak daripada benda hitam.
3. Walaupun emisi radiasi yang dihasilkan benda hitam adalah fungsi dari panjang gelombang dan temperatur, tetapi tidak tergantung kepada arah datangnya sinar.

Besar penyerapan radiasi matahari ke bumi dapat dinyatakan dalam persamaan

$$Q_k = \epsilon \cdot \tau \cdot (T_2^4 - T_1^4)$$

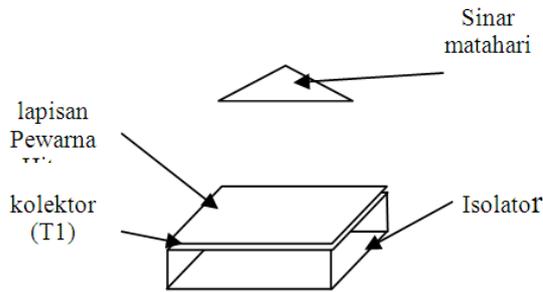
Besar penyerapan panas ke air akibat perubahan temperatur dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Q_a = m \cdot cp \cdot (T_3 - T_4)$$

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji eksperimen dengan menggunakan alat uji eksperimen untuk mendapatkan data hasil pengukuran. Adapun sesi uji yang

digunakan secara skematis dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Sistem Uji.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1. Metode Pengumpulan data

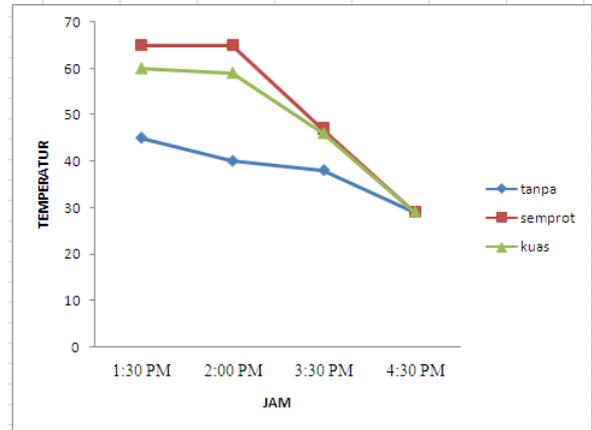
Dengan membuat alat Kolektor pemanas matahari dan memasang alat ukur pada alat uji sehingga dapat dilakukan uji eksperimen dengan variasi material pewarna hitam dan metode pewarnaannya untuk setiap kondisi dicatat penunjukan hasil pengukuran sebagai data primer dan melakukan perhitungan untuk mendapatkan data sekunder.

2.2. Metode Analisa Data

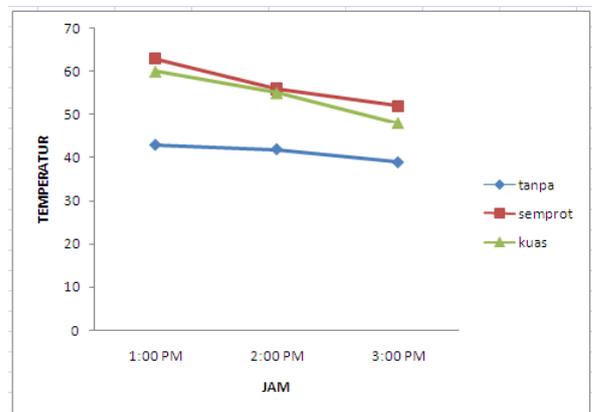
Proses analisis data dilakukan dengan membandingkan antara kolektor tanpa diberikan warna hitam dengan masing masing Kolektor dengan pewarna hitam yang disajikan dalam penampilan grafik untuk dilakukan pembahasan dari beberapa kondisi uji yang dilakukan sehingga dapat ditarik kesimpulan. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Perpindahan Kalor Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. Variabel yang dibutuhkan berupa data yang dapat diukur pada uji eksperimen/.Pengujian dilakukan dengan memvariasi material pewarna hitam dan cara pewarnaan pada kolektor seksi uji dan meletakkan seksi uji ditempat yang mendapatkan pemanasan radiasi matahari untuk mendata besarnya temperatur kolektor sebagai indikator penyerapan panas dari sumber panas matahari ke kolektor secara radiasi , kemudian setelah durasi waktu tertentu dilakukan pencatatan parameter dari masing masing alat ukur . Selanjutnya dilakukan analisi dengan membandingkan grafik yang diperoleh dari analisis data pengujian.

3. Hasil dan Pembahasan.

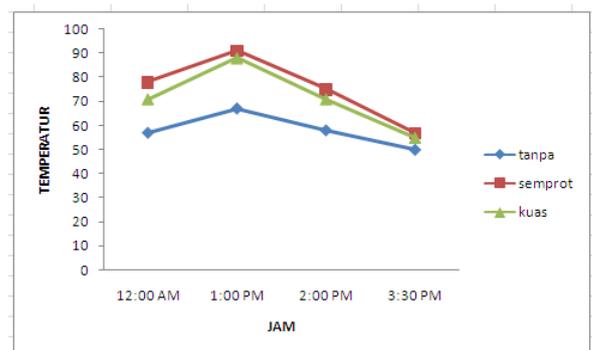
Hasil eksperimen diperoleh grafik sebagai berikut :



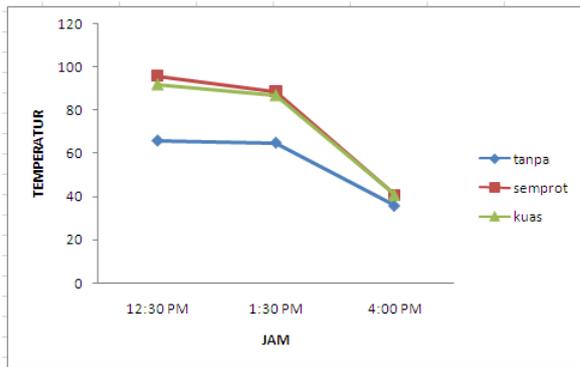
Gambar 2. Hubungan Temperatur vs waktu penyinaran matahari tanpa penutup kaca dengan kemiringan kolektor 45°



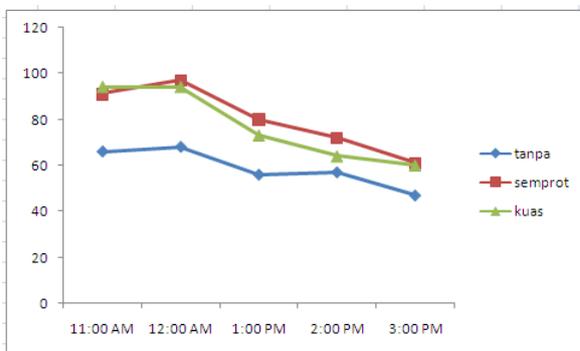
Gambar 3. Hubungan Temperatur vs waktu penyinaran matahari tanpa penutup kaca dengan kemiringan kolektor 45°



Gambar 4. Hubungan Temperatur vs waktu penyinaran matahari dengan penutup kaca dengan kemiringan kolektor 45°



Gambar 5. Hubungan Temperatur vs waktu penyinaran matahari dengan penutup kaca dengan kemiringan kolektor 15°



Gambar 6. Hubungan Temperatur vs waktu penyinaran matahari dengan penutup kaca dengan kemiringan kolektor 30°

Hasil pengujian yang telah disajikan diatas Gambar 2 dan gambar 3 menampilkan kolektor dengan tiga variasi cara pengecatan yaitu cat semprot, cat kuas dan tanpa cat serta variasi warna cat hitam doft, hitam mengkilat dan tanpa pengecatan. Kolektor tanpa ditutup dengan kaca dan diletakkan dengan kemiringan 45° menunjukkan hasil kolektor dengan cat hitam doft mempunyaitemperatur tertinggi 65°C, sedangkan kolektor tanpa cat menunjukkan temperatur paling rendah

Gambar 4 . dilakukan metode pengukuran yang sama haya ditambahkan penutup kaca dan sudut kemiringan kolektor tetap 45°. Hasil menunjukkan temperatur kolektor bagian bawah untuk kolektor dicat semprot warna hitam doft tetap paling tinggi dan ada kenaikan temperatur mencapai 91°C. Sedang kolektor tanpa cat menunjukkan temperatur paling rendah.

Gambar 5. dilakukan metode pengukuran yang sama haya dengan penutup kaca tetapi diubah sudut kemiringan kolektor menjadi 15°. Hasil menunjukkan temperatur kolektor bagian bawah untuk kolektor dicat semprot warna hitam doft tetap paling tinggi dan ada kenaikan temperatur mencapai 96°C. Sedang

kolektor tanpa cat menunjukkan temperatur paling rendah.

Gambar 6. dilakukan metode pengukuran yang sama haya dengan penutup kaca tetapi diubah sudut kemiringan kolektor menjadi 30°. Hasil menunjukkan temperatur kolektor bagian bawah untuk kolektor dicat semprot warna hitam doft tetap paling tinggi dan ada kenaikan temperatur mencapai 97°C. Sedang kolektor tanpa cat menunjukkan temperatur paling rendah.

Pembahasan dari gambar 2 sampai dengan gambar 6 ada suatu kesesuaian dengan teori perpindahan kalor secara radiasi bahwa pengaruh warna hitam doft mempunyai nilai intensitas cahaya yang paling tinggi. Sedangkan metode pengecatan dengan cara semprot menghasilkan lapisan yang tipis dibanding dengan metode pengecatan dengan kuas. Bahan cat tingkat konduktivitasnya lebih rendah dibanding dengan angka konduktivitas aluminium, sehingga ketebalan lapisan cat yang besar mengakibatkan hambatan kalor yang lebih besar.

4. Kesimpulan.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengecatan dengan sistem semprot memberikan hambatan laju penerusan kalor yang terendah.
2. Warna cat hitam doft memberikan transfer kalor radiasi yang optimal sesuai dengan teori black body.
3. Pemberian kaca bening sebagai upaya untuk mendapatkan efek rumah kaca dan menghambat transfer kalor balik dari kolektor ke uara sekeliling ketika tidak ada penyinaran matahari, menunjukkan adny peningkatan penyerapan kalor oleh kolektor yang ditandai meningkatnya temperatur kolektor.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan laju kalor dan kapasitas pemanasan air yang dapat diperoleh terhadap dimensi kolektor tertentu.

Ucapan Terimakasih.

Terimakasih disampaikan kepada Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, yang telah mendanai penelitian ini melalui skim penelitian dosen tahun anggaran 2015.

Daftar Pustaka

Frank P. Incropera, 1990, *Introduction To Heat Transfer*, Jhon Wilet & Sons, New York.

Raharjo dkk, 1999, *Unjuk kerja Pemanas Air Jenis Kolektor SuryaPlat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup*, Jurnal Teknik Mesin Petre , Vol 1 No 2, hal 115-121.

Subarkah dkk, 2011, Pemanas Air Tenaga Surya dengan Sel Surya sebagai Absorber, Politeknologi Vol 10, No3.

Wihantoro dkk, 2010, *Prototipe Pemanas Air Tenaga Surya Menggunakan Karbon sebagai Penampung Kalor*, Berkala Fisika Univ Jend. Sudirman, Vol 13, No2, hal C21-C26, ISSN 1410 – 9662.

Utomo YS, 2004, *Instumentasi dan akuisisi data pada Uji Perfomansi Kolektor Surya Plat Berlubang*, Proseding seminar nasional rekayasa kimia dan proses, ISSN 1411-4216