



Journal Homepage:

<http://www.jurnalmetal.or.id/index.php/jmi>

p-issn: 0126-3463

e-issn: 2548-673X



ABSORPSIVITAS CAT SINTETIS ENAMEL KUSAM (*DOFF*) BERBAHAN DASAR RESIN ALKYD DENGAN TIPE *HIGH GLOSS* PADA APLIKASI CAT PELAPIS PEMANAS AIR SURYA

ABSORPTIVITY OF DOFF ENAMEL SYNTHETIC PAINT BASED ON ALKYD RESIN WITH HIGH GLOSS TYPE ON THE APPLICATION OF SOLAR WATER HEATING COATING PAINTS

Diman Raymond S. Tambunan¹, Golfrid Gultom², Dejoy I. Situngkir³

^{1,2,3}Politeknik Teknologi Kimia Industri, Kementerian Perindustrian R. I. Medan,

¹raymond-s@kemenperin.go.id, ²golfrid@kemenperin.go.id, ³disitungkir@kemenperin.go.id

Abstrak

Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi matahari paling banyak saat ini adalah untuk pemanasan air. Temperatur air yang kurang panas merupakan salah satu permasalahan yang disebabkan oleh rendahnya temperatur pelat pemanas/kolektor. Kondisi ini disebabkan oleh rendahnya absorptansi cat terhadap radiasi surya dan tingginya emitansinya cat terhadap sinar surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai absorpsivitas intensitas surya cat hitam sintetis enamel kusam pelapis yang banyak terdapat di pasaran. Penelitian dilakukan terhadap absorpsivitas cat hitam jenis sintetis enamel kusam berbahan dasar resin *alkyd* dengan tipe *high gloss* selama 5 (lima) hari dengan pengambilan data yang acak. Pengambilan data berupa pengukuran data temperatur kolektor dan data temperatur air dilakukan berbeda-beda lama pengamatannya selama 5 (lima) hari berturut-turut. Penggunaan cat hitam jenis sintetis enamel kusam berbahan dasar resin *alkyd* dengan tipe *high gloss* dengan sistem pelapisan yang menggunakan cara semprotan. Hal ini merupakan salah satu solusi yang cepat dan murah untuk mengatasi rendahnya temperatur pelat pemanas karena selain mudah didapatkan dipasaran juga harganya yang terjangkau serta mudah pengaplikasiannya sebagai warna pelapis kolektor dengan range absorpsivitas yang diperoleh melalui metode perhitungan sebesar 0,186 – 0,436 dengan nilai rata-rata absorpsivitas cat sebesar 0,342 dan temperatur plat yang dihasilkan sebesar 86,00 °C serta temperatur air yang dipanasi sebesar 64,80 °C. Nilai absorpsivitas dari cat yang diamati dibawah daripada standar absorpsivitas cat khusus pelapis kolektor surya dengan nilai standar absorpsinya minimal sebesar 0,9. Selain itu pada penelitian ini diperoleh juga rata-rata pengukuran intensitas surya harian di kota Medan sebesar 18 MJ/m²/hari. Untuk aplikasi pemanasan air penggunaan cat hitam jenis sintetis enamel *doff* (kusam) berbahan dasar resin *alkyd* dengan tipe *high gloss* dapat menjadi solusi pelapis kolektor yang murah.

Kata kunci: temperatur pelat kolektor, nilai absorpsivitas, intensitas surya harian rata-rata, cat sintetis *doff*.

Abstract

One of the most widely used forms of solar energy is to warm water. Water temperature that is less hot is one of the problems caused by the low temperature of the heating collector. This condition that caused by the low solar radiation absorption of paints and the high paint emittance of solar light. This study aims to determine the magnitude of the value of solar radiation absorptivity of black paint and coatings that are widely available on the market. The study was conducted on the absorptivity of synthetic doff black paint types which made from high gloss alkyd resin for 5 days with random data

collection. Retrieval of measuring data of collector and water temperature data which carried out for 5 (five) consecutive days with different length of observation. The use of the doff enamel synthetic black paint that made from alkyd resin with high gloss type with gun spraying method is one of the fast and inexpensive solutions to overcome the heating plate temperature deficiencies because in addition to being easily available in the market also the price is affordable and easy to apply as a collector coating color with absorption number range between 0,186 – 0,436 which obtained from the results of calculations method with an average absorption number is 0,342 and the temperature of the plate produced is 86,00 °C and the temperature of the heated water is 64,80 °C. The absorptivity value of observed paint is below of the solar collector special coating absorptivity standard which has minimum absorption standard value is 0,9. In addition, from this study, we have the average of daily solar intensity in Medan is 18 MJ/m²/day. For water heating application, the using of synthetic high gloss doff black paint with alkyd resin can be a cheap collector coating solution.

Keywords: collector plate temperature, absorption number, water heated temperature and daily solar intensity, synthetic doff coating.

PENDAHULUAN

Energi panas yang diperoleh dari matahari adalah energi panas gratis yang kita peroleh secara terus menerus dan dalam jumlah yang besar. Dengan pengolahan yang baik, energi panas matahari dapat dijadikan sumber energi yang sangat besar dan dapat dijadikan salah satu sumber energi alternatif. Energi panas dari radiasi sinar matahari dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi matahari adalah untuk memanaskan air.

Pada umumnya air panas diperoleh dengan cara memasak air menggunakan bahan bakar. Perlu diketahui penggunaan bahan bakar, yang umumnya adalah bahan bakar fosil akan menimbulkan polusi udara, yaitu terbentuknya CO, CO₂ dan lain-lain. Selain itu bahan bakar jenis ini merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis dan perlu dicari sumber energi alternatif.

Salah satu teknologi termal surya yang secara komersial telah tersebar luas adalah sistem Pemanas Air Tenaga Surya (*Solar Water Heater*) disingkat PATS. Energi surya yang sangat luar biasa dan tidak dapat habis yang sampai ke permukaan bumi, dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya.

Jenis pemanas air tenaga surya yang banyak dipakai pada saat ini mempunyai banyak kelemahan, seperti: temperatur air panas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi sehingga tidak dapat dipertahankan dalam waktu yang relatif lama. Temperatur air yang kurang panas salah satunya disebabkan oleh rendahnya temperatur pelat pemanas.

Rendahnya temperatur kolektor tadi disebabkan oleh rendahnya absorptansi cat terhadap radiasi surya dan tingginya emitansinya cat terhadap gelombang sinar infra merah (Sumarsono, 2005). Absorptansi radiasi matahari (α) merupakan nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.

Sistem pemanas air tenaga surya dapat dibagi atas tiga unit fungsional, yaitu: kolektor surya, reservoir air panas dan pipa-pipa sirkulasi. Energi panas yang dipancarkan oleh matahari dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan bantuan sebuah kolektor panas. Dengan teori efek rumah kaca, maka efektifitas pengumpulan panas bisa diperoleh.

Pelat penyerap (kolektor) dengan ketebalan cat bernilai kecil 63,45 μm mampu menerima panas lebih banyak, pada ketebalan cat bernilai besar 118,7 μm tidak mampu menerima panas lebih banyak atau dengan kata lain bahwa semakin tebal lapisan cat pelat penyerap maka koefisien panas yang diterima semakin rendah (Herdianto, D. et al., 2013).

Selanjutnya, Waghmare (2017) mengemukakan bahwa lapisan baru yang terdiri dari partikel paduan NiAl energi panas lebih efisien daripada cat hitam biasa dan menghasilkan air yang lebih hangat dimana pelapisan secara *electroplating* kobal nikel hitam pada paduan aluminium akan memberikan absorptansi matahari yang tinggi (0,95) dan emitansi termal yang rendah (0,10), yang cocok untuk pilihan aplikasi tenaga matahari. Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian menunjukkan bahwa NiAl dengan pelapis NiCo lebih efisien daripada cat hitam biasa yang digunakan dalam sistem pemanas air matahari.

AlShamaileh (2010) mengemukakan bahwa dengan menambahkan komposisi paduan nikel-aluminium (NiAl) ke dalam cat hitam akan memiliki efisiensi penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan lapisan cat hitam komersial. Hobbi dan Siddiqui (2009) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa komposisi optimum paduan NiAl 6% massa dimana lapisan cat ini diuji dan menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan kenaikan temperatur rata-rata 5 °C selama periode 1 tahun.

Madhukeshwara dan Prakash (2012) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pemilihan pelapis kolektor sangat berpengaruh terhadap kinerja kolektor pelat datar dimana temperatur air yang lebih tinggi diamati sangat mudah tercapai untuk kolektor yang dilapis dengan krom hitam secara *electroplating* yakni sekitar 70 °C.

Sistem pelapisan plat pesawat kolektor surya tembaga dengan menggunakan cara pengkusaman dengan pengasapan (hitam jelaga) akan diperoleh kenaikan temperatur sebesar 15 °C dan efisiensi termalnya meningkat sekitar 13% serta meningkatkan nilai reflektansi sebesar 56 kali dibandingkan kolektor surya yang dicat hitam komersial biasa (Oliva et al., 2013).

Selanjutnya penambahan karbon berupa suspensi asap (jelaga) ditambahkan ke cat putih berbasis minyak akan meningkatkan efisiensi kolektor dan temperatur air dimana semakin tinggi persentase karbon maka semakin besar daya serapnya yakni dengan penambahan 50% karbon diperoleh temperatur air maksimum sebesar 90 °C sepanjang bulan Juli dan 70 °C pada bulan November (Saleh, 2012).

Prikhodko et al. (2017) menyatakan bahwa lapisan dari sekam padi berkarbonisasi memiliki kapasitas penyerapan tertinggi dibandingkan dengan pelapis bahan karbon lainnya dimana sekam padi memiliki luas permukaan yang baik yakni 134,11 m²/g dan porositas spesifik yang lebih tinggi yakni 0,095 cm³/g dibanding pelapis karbon lainnya dengan efisiensi absorpsi sebesar 85,08%.

Katzen et al. (2005) menyatakan bahwa penyerapan selektif bisa dianggap baik jika memiliki emisivitas hemispherical $\epsilon \leq 0,2$ dan absorptivitas $\alpha \geq 0,9$. Selanjutnya Katzen dalam penelitiannya menyatakan hasil terbaik untuk ketebalan lapisan film 1000 nm dari nano komposit Silika – Carbon memiliki nilai optikal yang sangat bagus yakni absorptivitas α sebesar 0,94 dan emisivitas IR $\epsilon = 0,15$. Lapisan film

sangat stabil pada berbagai tingkat humiditas dan temperatur tinggi (250 – 300 °C).

Orel et al. (2000) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa salah satu cara pemilihan permukaan yang dikenal mengacu kepada rendahnya harga adalah permukaan yang sangat reflektif adalah dengan melapisi cat hitam yang sesuai. Hal ini dilakukan dengan membuat substrat cat – logam memiliki absorptansi surya yang tinggi dan daya pancar termal yang rendah pemancar pada wilayah spektra inframerah.

Ketika suatu radiasi mengenai sebuah benda maka sebagian akan dipantulkan (direfleksikan) dan sebagian lagi akan diserap (diabsorpsi) dan jika benda tersebut transparan maka sisanya akan diteruskan (ditransmisikan). Kemampuan sistem kolektor surya untuk menyerap radiasi matahari yang menjadi panas dipengaruhi oleh besar transmisivitas bahan penutup (kaca), dan absorptivitas pelat absorbernya. Hubungan antara reflektivitas (ρ), absorptivitas (α) dan transmisivitas (τ) pada suatu panjang gelombang tertentu adalah :

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \dots\dots\dots (1)$$

Pengkajian ini dilakukan untuk mengamati absorpsivitas intensitas surya berupa kenaikan temperatur air beban dan plat kolektor terhadap jenis warna cat hitam sintesis enamel kusam berbahan dasar resin *alkyd* dengan tipe *high gloss* yang banyak dijual di pasaran yang nantinya dapat digunakan sebagai cat pelapis kolektor surya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan bagi pembuat peralatan pemanas air tenaga surya sebagai bahan pertimbangan pemilihan warna cat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dibagi atas 3 tahap, yaitu perancangan peralatan, pembuatan peralatan dan pengujian. Pada proses perancangan hasil pengukuran intensitas matahari di lokasi pembuatan akan dijadikan acuan. Sebagai catatan penelitian ini dilakukan di kota Medan, dengan kordinat 3^o35' Lintang Utara dan 98^o40' Bujur Timur.

Pada bagian awal dilakukan pengukuran intensitas radiasi dan temperatur harian selama lima hari, dengan lama waktu percobaan yang diambil adalah acak sepanjang pukul 8.30 – 17.00 WIB. Jumlah energi dan temperatur plat diukur. Luas kolektor yang akan dirancang sebagai bentuk simulasi terhadap pemanas air tenaga surya komersial yang ada di lapangan.

Ambarita (2017) menyatakan bahwa absorpsivitas merupakan bentuk fungsi

temperatur yang diukur, intensitas surya, transmisivitas kaca dan luas kolektor serta dinyatakan dalam persamaan :

$$(m_w C_{pw} + m_c C_{pc}) \frac{\partial T_w}{\partial t} = \tau^2 \alpha I A_c + FC_w (T_c - T_w) + FC_t (T_c - T_w) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- m_w = massa air (kg)
- m_c = massa plat kolektor aluminium (kg)
- C_{pw} = panas jenis air (kJ/kg.°C)
- C_{pc} = panas jenis plat kolektor aluminium (kJ/kg.°C)
- τ = koefisien transmisi kaca
- I = intensitas (W/m²)
- A_k = luas kolektor (m²)
- α = absorpsivitas
- FC_T = faktor perpindahan panas konveksi permukaan atas
- FC_w = faktor perpindahan panas konveksi dinding
- T_c = temperatur kolektor (°C)
- T_w = temperatur air yang dipanasi (°C)
- $\frac{\partial T_w}{\partial t}$ = perubahan temperatur air per detik

Plat kolektor berbentuk kotak yang terdiri dari 5 (lima) buah sisi, yaitu sisi bawah, samping kiri, samping kanan, depan dan sisi belakang dicat dengan cat berwarna hitam dengan jenis sintetis enamel kusam yang berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* yang banyak dijual di pasaran. Metode pelapisan plat kolektor menggunakan cara sederhana yaitu melalui pengecatan sistem semprot. Cat hitam dengan jenis sintetis enamel kusam yang berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* dicampur dengan *thinner* dengan komposisi antara cat dengan *thinner* adalah 1:1. *Thinner* yang dipakai dalam penelitian ini adalah *thinner* yang mudah didapatkan dan banyak dijual di pasaran.

Pengecatan dilakukan dengan menggunakan *gun spray* dengan bantuan kompresor guna mendapatkan kerataan cat pada

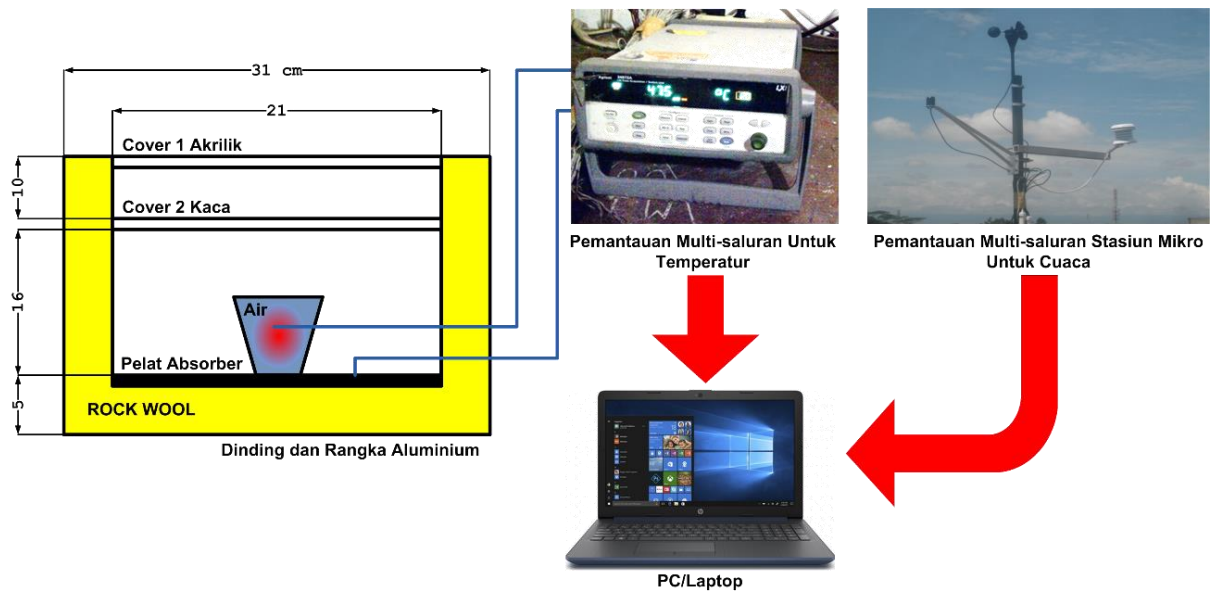
plat kolektor. Arah pengecatan dilakukan searah dari kiri ke kanan plat dan sebaliknya sebanyak 5 kali pengecatan bolak balik tiap sisi yang disemprot lalu dikeringkan dengan cara diberi angin.

Setelah dilakukan fabrikasi peralatan, cat hitam sintetis enamel kusam berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* diuji untuk mengetahui temperatur kerja dan absorpsivitas yang dapat dicapai berdasarkan kemampuan cat menyerap intensitas surya.

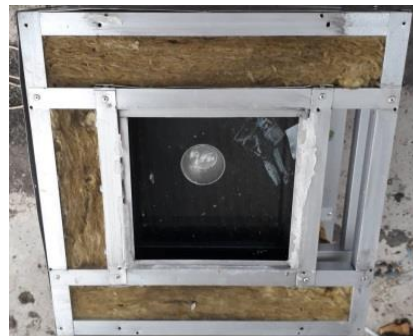
PERALATAN EKSPERIMEN

Untuk melakukan pengujian, pada penelitian ini digunakan sistem akuisisi data. Sistem akuisisi data yang digunakan terdiri dari dua bagian utama, pertama peralatan *data logger* untuk pemantauan multi-saluran stasiun mikro cuaca dengan pengukuran radiasi ataupun intensitas surya, RH (Kelembaban Relatif), kecepatan angin dan temperatur harian. Kedua, peralatan sistem akuisisi data multi saluran dengan 20 jalur yang masing-masing jalur dipasangkan kabel *thermocouple* type J. Dimana *thermocouple* type J berguna untuk mengukur temperatur kerja pemanas air dan temperatur air. Kedua sistem pengukuran ini dihubungkan dengan komputer untuk menyimpan data-data hasil pengukuran.

Selanjutnya peralatan pemanas yang diuji berupa kotak aluminium dengan dimensi kotak dengan panjang 31 cm, lebar 31 cm dan tinggi 31 cm diberi lapisan isolator *rock woll* setebal 2 inci pada tiap sisi kecuali pada sisi bagian atas kotak dan diberi pelat aluminium dengan ukuran 21 cm x 21 cm x 0,8 mm pada tiap sisi-sisinya kecuali pada bagian atas kotak yang diberi penutup berupa kaca dan aklirik. Jumlah air yang dipanasi adalah sebanyak 30 ml dan ditimbang sisanya pada akhir pengukuran.



Gambar 1. Susunan Alat Ukur dan Peralatan Pemanas Surya



Gambar 2. Kotak Pemanas Surya

HASIL DAN DISKUSI

Pengukuran awal radiasi, perhitungan dimensi dan pengujian pelat pemanas air tenaga surya yang dicat dengan cat hitam sintesis enamel kusam berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* telah dilakukan hasilnya adalah sebagai berikut:

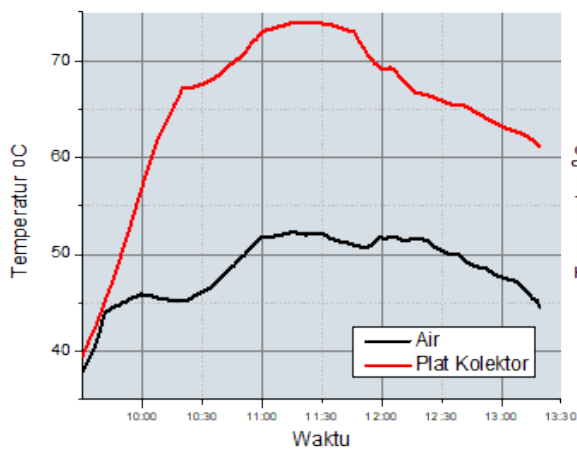
Pengukuran Radiasi/Intensitas Surya

Setelah dilakukan pengukuran untuk beberapa hari, didapat besar energi radiasi sangat bervariasi tergantung keadaan cuaca. Meskipun demikian rata-rata dari pengukuran intensitas

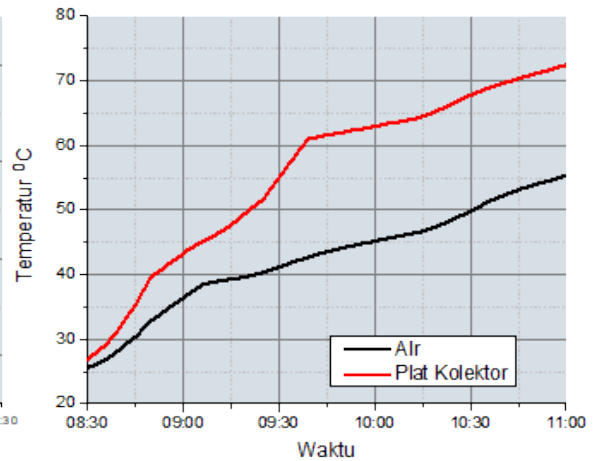
surya diperoleh energi rata-rata harian diperoleh sebesar $18 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$.

Hasil Pengujian

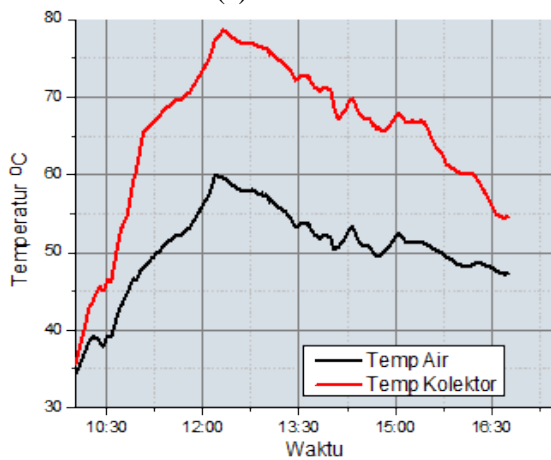
Pengujian telah dilakukan pada tanggal 19 Mei 2019 sampai dengan tanggal 23 Mei 2019 dengan waktu pengamatan yang acak. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran pengujian temperatur kolektor dan air yang maksimum. Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 3(a), 3(b), 3(c), 3(d) dan 3(e).



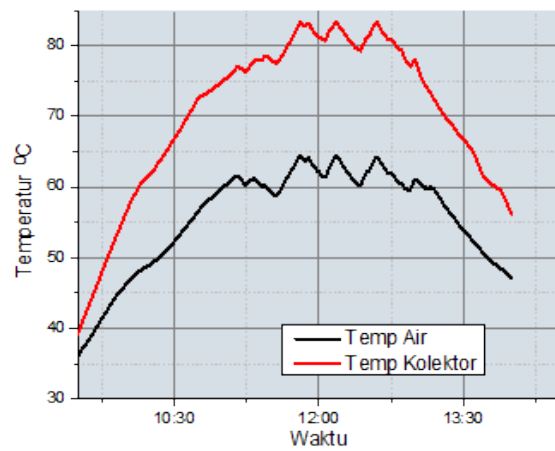
(a) Hari Pertama



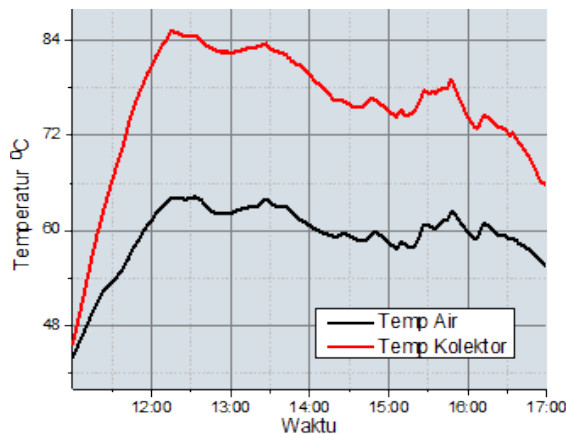
(b) Hari Kedua



(c) Hari Ketiga



(d) Hari Keempat



(e) Hari Kelima

Gambar 3. Grafik Temperatur Air dan Plat Selama 5 Hari Percobaan

Dari grafik terlihat pada gambar 3 suhu maksimum plat kolektor sebesar $79,47^{\circ}\text{C}$ dan air $52,31^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.15. Pada gambar 4 suhu maksimum plat kolektor sebesar $72,51^{\circ}\text{C}$ dan suhu air maksimum sebesar $55,33^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.00. Pada gambar 5 terlihat suhu maksimum plat kolektor sebesar $86,00^{\circ}\text{C}$ pada pukul 12.19 dan suhu air maksimum sebesar $64,80^{\circ}\text{C}$ pada pukul 12.12. Kemudian pada gambar 6 dapat

dilihat suhu plat kolektor maksimum sebesar $81,65^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.49 dan suhu air maksimum adalah sebesar $66,08^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.48. Pada gambar 7, suhu kolektor maksimum $82,80^{\circ}\text{C}$ pada pukul 12.15 dan suhu air maksimum adalah sebesar $65,25^{\circ}\text{C}$ pada pukul 12.16.

Tabel 1. Data Temperatur Maks. Plat dan Air

Percobaan ke	Temp. plat max (°C)	Temp. air max (°C)
1	79,47	52,31
2	72,51	55,33
3	86,00	64,80
4	81,65	66,08
5	82,80	65,25

Dengan mengambil koefisien transmisi kaca sebesar 0,45 serta memperhitungkan faktor perpindahan panas konveksi permukaan atas, intensitas surya, temperatur plat kolektor, temperatur beban air yang dipanasi serta perubahan temperatur air yang dipanaskan, maka diperoleh absorpsivitas cat seperti yang terlihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Absorpsivitas

Tanggal Penelitian	Absorpsivitas α
19 Januari 2018	0,376
20 Januari 2018	0,415
22 Januari 2018	0,436
26 Januari 2018	0,186
27 Januari 2018	0,295

KESIMPULAN

Range absorpsivitas cat hitam sintetis enamel kusam berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* sebagai bahan pelapis pelat pemanas air tenaga surya memiliki range absorpsivitas sebesar 0,186 – 0,436 dengan nilai rata-rata sebesar 0,342 dan suhu plat kolektornya yang mencapai 86,00 °C serta temperatur air yang dipanasi sebesar 64,80 °C. Nilai absorpsivitas ini sangatlah rendah bila dibanding cat khusus untuk aplikasi pelapis pelat pemanas air tenaga surya.

Walaupun nilai absorpsivitas cat ini jauh dibawah nilai standar absorpsi yang ada yakni minimal sebesar 0,9, penggunaan cat hitam sintetis enamel kusam berbahan dasar resin alkyd dengan tipe *high gloss* dapat merupakan solusi yang murah dan cepat untuk aplikasi cat pelapis pemanas air tenaga surya. Selain itu dari penelitian juga diperoleh rata-rata dari pengukuran

intensitas surya harian di kota Medan yaitu energi sebesar 18 MJ/m²/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- AlShamaileh, Ehab. 2010. "Testing of a New Solar Coating for Solar Water Heating Applications." *Solar Energy*.
- Ambarita, Himsar. 2017. "Study on the Characteristics and Thermal Performance of a Simple Solar Box Cooker for Boiling Water." *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*.
- Herdianto, D., Ismail, N. R., dan Suriansyah. 2013. "Pengaruh *Coating Paint* Beton Cor Terhadap Absorpsi *Solar Distillation*." PROTON.
- Hobbi, Alireza, dan Kamran Siddiqui. 2009. "Optimal Design of a Forced Circulation Solar Water Heating System for a Residential Unit in Cold Climate Using TRNSYS." *Solar Energy*.
- Katzen, Dahn, Esthy Levy, dan Yitzhak Mastai. 2005. "Thin Films of Silica-Carbon Nanocomposites for Selective Solar Absorbers." *International Applied Surface Science*.
- Madhukeshwara, N, and E S Prakash. 2012. "An Investigation on the Performance Characteristics of Solar Flat Plate Collector with Different Selective Surface Coatings." *International Journal of Energy and Environment*.
- Oliva, A. I., R. D. Maldonado, E. A. Díaz, dan A. I. Montalvo. 2013. "A High Absorbance Material for Solar Collectors' Applications." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Orel, Zorica Crnjak, Marta Klanjšek Gunde, Alojz Lenček, and Nikolaus Benz. 2000. "The Preparation and Testing of Spectrally Selective Paints on Different Substrates for Solar Absorbers." *Solar Energy*.
- Prikhodko, N. G., N. B. Rakhimzhan, G. T. Smagulova, B. T. Lesbayev, A. B. Lesbayev, M. Nazhipkyzy, T. S. Temirgaliyeva, and Z. A. Mansurov. 2017. "Highly Efficient Collectors of Solar Energy Using Nanocarbon Coatings Based on Vegetable Raw Materials." *Procedia Manufacturing*.
- Saleh, Hala K. 2012. "The Effect of Adding Carbon (Soot) to the Paint of an Absorbing Surface in Homemade Solar Systems." *J. Sci*.
- Sumarsono, M. 2005. "Optimasi Jumlah Pipa-

Pemanas Terhadap Kinerja Kolektor Surya
Pemanas Air.” Jurnal Ilmiah Teknologi
Energi.

Waghmare, Avinash M. 2017.
“CHARACTERIZATION AND
COMPARISON OF SOLAR SELECTIVE
COATINGS BETWEEN NI-AL AND NI-
CO ON ALUMINUM SUBSTRATE.”
NOVATEUR PUBLICATIONS
International Journal of Research
Publications in Engineering and
Technology.