

Optimasi periode data berdasarkan *time constant* pada pengujian unjuk kerja termal kolektor surya pelat datar

Amrizal^{1,a*}, Amrul^{1,b}

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Indonesia, 35145

amrizal@eng.unila.ac.id, amrul@eng.unila.ac.id

Abstrak

Unjuk kerja termal sebuah kolektor surya pelat datar dapat diperoleh melalui proses karakterisasi dengan menggunakan standar pengujian seperti : ISO 9806-1, ASHRAE 93 – 86, EN 12975 dan standar pengujian lainnya. Akan tetapi belum ada ketetapan nilai periode data yang digunakan dari berbagai standar pengujian tersebut. Periode data adalah batasan data pengukuran yang akan digunakan dalam proses perhitungan unjuk kerja termal kolektor surya. Sementara itu EN 12975 hanya merekomendasikan penggunaan periode data dalam rentang 1-2 kali *time constant*. Penelitian ini bertujuan untuk menguji sejauh mana penyimpangan unjuk kerja yang terjadi berdasarkan hubungan periode data dengan *time constant* kolektor. Batasan periode data yang diuji adalah 0-3 kali dari nilai *time constant* kolektor dan parameter unjuk kerja yang diidentifikasi diantaranya adalah efisiensi, kerugian panas dan kapasitas panas dari kolektor surya pelat datar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai parameter seperti *efisiensi* dan *kerugian panas* tidak tergantung kepada variasi nilai periode data yang diterapkan. Ini menunjukkan bahwa nilai *time constant* kolektor hampir tidak mempengaruhi kedua parameter unjuk kerja termal tersebut. Akan tetapi penyimpangan nilai parameter *kapasitas panas* cukup bervariasi secara signifikan hingga mencapai 59 % yang terjadi ketika penerapan periode data dengan nilai 0.5 (setengah) kali nilai *time constant*. Sementara itu penggunaan periode data dengan 1 (satu) dan 2 (dua) kali dari nilai *time constant* memberikan penyimpangan nilai parameter (mc)_e masing-masing sebesar 38% dan 19%. Sementara itu unjuk kerja yang optimal terjadi ketika penggunaan periode data dengan nilai 1.75 kali *time constant* ($1.75t_c$) dimana perbedaan dari nilai parameter (mc)_e yang terjadi hanya sebesar 5 %.

Kata kunci : periode data, *time constant*, unjuk kerja termal, kolektor surya

Pendahuluan

Proses pengujian sebuah kolektor surya pelat datar diperlukan untuk mengetahui unjuk kerja dari kolektor tersebut. Hasil pengujian dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses pengembangan kolektor dan sebagai informasi yang tepat bagi konsumen. Disamping itu proses pengujian ini juga dibutuhkan sebagai syarat dalam pemasaran sebuah produk. ISO 9806-1, EN 12975 (section 6.1-6.2) dan ANSI/ASHRAE 93-2003[1,2,3] merupakan beberapa bentuk standar pengujian yang ada pada saat ini dan

dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses pengujian sebuah kolektor.

Namun belum ada acuan nilai yang tetap dan tepat dari standar-standar pengujian tersebut terhadap penentuan nilai ideal dari suatu periode data. Periode data adalah batasan data pengukuran yang akan digunakan dalam proses perhitungan unjuk kerja termal kolektor surya. Standar EN 12975 memberikan batasan periode data sebesar 1-2 kali *time konstant* jika nilai *time konstant* kolektor diketahui atau 5-10 menit jika nilainya tidak diketahui. Namun nilai ini masih berada dalam rentang waktu dan belum

dilaporkan bagaimana pengaruhnya terhadap unjuk kerja termal sebuah kolektor. Berdasarkan EN-12975, *time constant* suatu kolektor (t_c) didefinisikan sebagai periode waktu antara pelepasan penutup (*cover*) dan titik dimana temperatur kolektor mencapai 63.2% dari total peningkatan temperatur yang terjadi dari kondisi *steady* awal hingga tercapainya kondisi *steady* berikutnya.

Nilai periode data ini merupakan hal yang menarik untuk dikaji sehingga pengaruhnya terhadap unjuk kerja sebuah kolektor surya pelat datar dapat diketahui. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai periode data yang optimal berdasarkan nilai *time constant* dari sebuah kolektor. Nilai periode data yang optimal ini diterapkan ke dalam sebuah model pengujian sehingga diharapkan dapat menghasilkan unjuk kerja yang mendekati nilai sebenarnya dan dapat dijadikan sebagai acuan data yang tetap dan tepat dalam pengujian unjuk kerja sebuah kolektor.

Metodologi

Persamaan Hottel – Whillier – Bliss dikembangkan menjadi model dinamik melalui penambahan parameter kapasitas panas termal dan digunakan sebagai model dalam penelitian ini seperti terlihat pada persamaan (1)[4,5] :

$$q = F'(t_a) K_q(q) R_s - F'U_L(T_m - T_a) - (mc)_e(dT_m / dt) \dots\dots\dots(1)$$

dimana $F'(t_a)$ adalah *zero loss efficiency*, $K_q(q)$ adalah *incident angle modifier*, $F'U_L$ adalah koefisien rugi panas menyeluruh

dan $(mc)_e$ adalah kapasitas termal efektif dari kolektor.

Beberapa alat ukur dan sensor terhubung ke datalogger selama proses pengujian dan pengambilan data. Temperatur fluida kerja masuk dan keluar dari kolektor diukur menggunakan termokopel tipe K. Sementara itu kecepatan udara dan intensitas radiasi matahari diukur masing-masing menggunakan alat *Anemometer* dan *Pyranometer*. Data pengujian yang diperlukan diantaranya adalah temperatur fluida kerja pada bagian masuk dan keluar kolektor, laju aliran massa fluida kerja, kecepatan dan temperatur udara lingkungan serta intensitas radiasi matahari. Selama pengujian, laju aliran massa fluida sekitar 0.02 kg/ m²det harus dipertahankan konstan dengan menggunakan sebuah pompa. Benda uji adalah sebuah kolektor surya pelat datar dengan luas permukaan 0.15 m². Selama proses pengujian berlangsung data pengukuran diatas disimpan setiap 10 detik. Selanjutnya data-data tersebut digunakan untuk mengkaractersiasi unjuk kerja dari sebuah kolektor surya.

Sementara itu dalam pengujian *time constant* sebuah kolektor, permukaan kolektor terlebih dahulu harus ditutup atau dihindarkan dari sinar matahari dengan menggunakan penutup (*cover*). Selanjutnya temperatur fluida kerja masuk diatur agar mendekati temperatur udara lingkungan. Ketika kondisi *steady* tercapai maka penutup kolektor dilepas dan pengukuran dilakukan hingga tercapai kondisi *steady* berikutnya ketika variasi temperatur keluar fluida kerja harus lebih kecil dari 0.005 K per menit.

Unjuk kerja kolektor dievaluasi dengan menerapkan nilai periode data yang berbeda-beda berdasarkan nilai *time constant* kolektor. Sementara itu dari standar EN 12975, periode data untuk penentuan pengaruh unjuk kerja dinamik adalah 5-10 menit atau sama dengan 1-2 dari nilai *time constant*. Untuk melihat

seberapa besar pengaruh penerapan nilai periode data ini maka perlu diadakan pengujian terhadap nilai batasan yang diberikan. Batasan nilai periode data yang diterapkan terhadap kolektor uji berkisar antara 0.5-3 kali nilai *time constant* kolektor.

Identifikasi Parameter

Parameter-parameter yang diberikan pada persamaan (1) seperti $F'(ta)$, $F'U_L$ dan $(mc)_e$ dapat diidentifikasi melalui proses *Multiple Linear Regression (MLR)* dan *filtering* [6]. Dari proses MLR, semua nilai-nilai *t-ratio* dari semua parameter harus lebih besar dari nilai kritis. Jika kondisi ini tidak terpenuhi maka parameter-parameter yang memiliki nilai lebih kecil dari nilai kritis harus dijadikan nol dan selanjutnya proses identifikasi diulang kembali agar terpenuhi persyaratan terhadap nilai *t-ratio*. Sementara itu *t-ratio* adalah nilai parameter dibagi dengan nilai standar deviasi dari parameter tersebut. Sementara itu nilai kritis berkaitan dengan *significante level* yang diberikan.

Dua parameter pertama dari persamaan (1) seperti $F'(ta)$, $F'U_L$ dapat dibandingkan secara langsung dengan parameter yang diperoleh dari hasil pengujian dalam kondisi steady. Sedangkan parameter kapasitas termal $(mc)_e$ ditentukan berdasarkan perhitungan dari model yang terdapat pada Annex G (EN 12975).

Hasil dan Pembahasan

Tabel (1a) (1b) dan (1c) menyajikan hubungan periode data dengan *time constant* dari sebuah kolektor surya pelat datar (benda uji). Pengujian dilakukan untuk menentukan unjuk kerja termal yang diwakili oleh parameter $F'(ta)$, $F'U_L$ dan $(mc)_e$ seperti diberikan pada persamaan (1). Dari tabel (1a) (1b) dan (1c), variabel $\Delta(mc)_e$ merupakan perbedaan nilai unjuk kerja yang terjadi antara kapasitas panas efektif yang dihitung

berdasarkan persamaan (1) dengan nilai yang diperoleh dari standar pengujian (EN 12975).

Untuk mendapatkan data pembanding sebagai rujukan perlu dilakukan pengujian berdasarkan standar pengujian yang ada. Data-data pembanding untuk $F'(ta)$, $F'U_L$ terdapat pada tabel (1a) yang akan dijadikan sebagai nilai referensi (ISO 9806-1). Sedangkan nilai mc_e diperoleh berdasarkan perhitungan dari model yang terdapat pada Annex G (EN 12975). Sementara itu nilai *time constant* kolektor yang diuji adalah 90 detik. Pada penelitian ini, semua nilai-nilai *t-ratio* setiap parameter mempunyai nilai yang lebih besar dari 1.96 (sebagai nilai kritis), sehingga semua parameter dalam persamaan (1) dapat digunakan untuk menentukan unjuk kerja dari kolektor yang diuji.

Tabel (1a) Nilai referensi dan periode data berdasarkan *time constant* terhadap nilai parameter kolektor.

Parameter	Nilai $\pm$ SE(95% CI)*		
	Referensi #	0.5 t_c	1 t_c
$F'(ta)$ [-]	0.53 $\pm$ 0.008	0.53 $\pm$ 0.003	0.54 $\pm$ 0.002
$F'U_L$ [W/(m ² K)]	13.38 $\pm$ 0.36	13.56 $\pm$ 0.18	13.52 $\pm$ 0.15
mc_e [kJ/(m ² K)]	14.3	11.01 $\pm$ 0.37	13.14 $\pm$ 0.32
Δmc_e [%]	-	59	38

#Kondisi steady (ISO 9806-1) dan dinamik (EN 12975)

*Standar Error (SE) dan Confidence Interval (CI)

Tabel (1b) Periode data berdasarkan *time constant* terhadap nilai parameter kolektor.

Parameter	Nilai $\pm$ SE(95% CI)
-----------	------------------------

	$1.25t_c$	$1.75t_c$	$2t_c$
$F'(ta)$ [-]	0.54±0.004	0.54±0.006	0.54±0.002
$F'U_L$ [W/(m ² K)]	13.37±0.16	13.22±0.19	13.41±0.14
mc_e [kJ/(m ² K)]	13.96±0.32	14.37±0.35	14.61±0.32
Δmc_e [%]	22	5	19

Tabel (1c) Periode data berdasarkan *time constant* terhadap nilai parameter kolektor.

Parameter	Nilai± SE(95% CI)	
	$2.5t_c$	$3t_c$
$F'(ta)$ [-]	0.53±0.008	0.52±0.002
$F'U_L$ [W/(m ² K)]	13.48±0.36	13.72±0.40
mc_e [kJ/(m ² K)]	14.84±0.71	15.28±0.71
Δmc_e [%]	37	55

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa parameter $F'(ta)$, $F'U_L$ mempunyai nilai yang hampir sama dengan nilai-nilai yang diperoleh dari standar pengujian (referensi). Perbedaan yang terjadi sangat kecil sekali dengan demikian periode data tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai parameter $F'(ta)$, $F'U_L$. Sebaliknya perubahan yang cukup besar terjadi pada nilai parameter $(mc)_e$ seperti terlihat dalam tabel (1a) (1b) dan (1c). Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai kapasitas panas efektif suatu kolektor sangat sensitif terhadap perubahan periode data yang diterapkan ke dalam model pengujian. Jika nilai satu (1) dan 2 (dua) *time*

constant digunakan dalam periode data (sebagaimana yang direkomendasikan oleh EN 12975 dalam batasannya) maka terjadi deviasi atau penyimpangan nilai kapasitas panas masing-masing sebesar 38 % dan 19%. Nilai penyimpangan ini cukup signifikan untuk mempengaruhi hasil karakterisasi unjuk kerja termal sebuah kolektor surya sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap nilai periode data ini. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka periode data terbaik diperoleh dengan menggunakan nilai 1.75 kali dari nilai *time constant* dimana penyimpangan yang terjadi hanya sebesar 5%.

Kesimpulan

Unjuk kerja suatu kolektor telah diuji dan hasilnya diberikan seperti terdapat pada tabel (1a), (1b) dan (1c). Pengaruh periode data berdasarkan nilai *time constant* dianalisa dengan membandingkan nilai parameter-parameter tersebut dengan nilai yang diperoleh dari standar pengujian. Nilai dari parameter-parameter $F'(ta)$, $F'U_L$ tidak tergantung secara signifikan terhadap perubahan periode data yang diterapkan. Sementara itu penggunaan nilai 1 (satu) dan 2 (dua) kali dari nilai *time constant* terhadap periode data ternyata memberikan penyimpangan pada nilai parameter $(mc)_e$ masing-masing sebesar 38% dan 19%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka direkomendasikan untuk menggunakan periode data sekitar 1.75 kali dari nilai *time constant* kolektor agar diperoleh hasil unjuk kerja termal yang optimal.

Referensi

- [1] ISO 9806-1. Test methods for solar collectors. Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop, 1994.

- [2] ASHRAE 93 – 86. Method of testing to determine the thermal performance of solar collectors. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. 345 East 47th Street, New York. 1978.
- [3] European Standard EN 12975. 2006. CEN European Committee for standardization.
- [4] Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 2006. *John Wiley Sons*.
- [5] N. Amrizal, D. Chemisana, J.I. Rosell, J.Barrau. A dynamic model based on the piston flow concept for the thermal characterization of solar collectors. *Applied Energy*, 94, (2012) 244-250.
- [6] Amrizal Nalis, Daniel Chemisana, and Joan Ignasi Rosell, The Use of Filtering for Dynamic Characterization of PV/T Flat-Plate Collectors, Eurosun Congress, Graz-Austria, 2010.