

PENGARUH SIRKULASI UDARA TERHADAP PERPINDAHAN KALOR PADA SISTEM DOUBLE KOLEKTOR UNTUK PENGERINGAN PRODUK TANGKAPAN PERIKANAN

Khudia Qolbi¹

¹Mahasiswa Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email : Khudiaoqolbi263@gmail.com

Suryadimal²

²Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email: Suryadimal@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sirkulasi udara terhadap perpindahan kalor pada sistem pengering tenaga surya tipe double kolektor untuk pengeringan ikan teri. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan tiga variasi bukaan katup blower, yaitu 100%, 50%, dan 25%. Parameter yang diamati meliputi temperatur kolektor, temperatur udara, intensitas radiasi matahari, serta besarnya kalor yang diserap kolektor (Q_{kolektor}), kalor yang ditransfer ke udara (Q_{udara}), dan kehilangan panas (Q_{losses}). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bukaan 25% diperoleh nilai Q_{kolektor} tertinggi sebesar 509,92 W dengan kehilangan panas terendah 51,45 W, meskipun nilai Q_{udara} cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan laju aliran udara dapat meningkatkan efisiensi kolektor dan memperbaiki kinerja sistem pengering. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan sirkulasi udara untuk mendapatkan kondisi optimal pada pengeringan surya produk perikanan.

Kata kunci: sirkulasi udara, perpindahan kalor, double kolektor, pengeringan surya, ikan teri.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of air circulation variations on the overall heat transfer coefficient in a solar drying system with a double collector, applied to anchovy drying. The experimental method was carried out using three blower valve openings: 100%, 50%, and 25%. The observed parameters included collector temperature, air temperature, solar radiation intensity, as well as the heat absorbed by the collector ($Q_{\text{collector}}$), heat transferred to the air (Q_{air}), and heat losses (Q_{losses}). The results showed that at a 25% opening, the highest $Q_{\text{collector}}$ of 509.92 W was obtained with the lowest heat losses of 51.45 W, although Q_{air} tended to decrease. These findings indicate that reducing air velocity can enhance collector efficiency and improve drying system performance. The study highlights the importance of controlling air circulation to achieve optimal conditions in solar drying of fishery products.

Keywords: air circulation, heat transfer, double collector, solar dryer, anchovy.

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan pangan yang paling banyak digunakan, terutama pada produk hasil perikanan. Indonesia sebagai negara maritim dengan produksi ikan yang melimpah, menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas dan daya simpan hasil tangkapan. Metode pengeringan tradisional dengan penjemuran di bawah sinar matahari terbuka (*open sun drying*) masih banyak digunakan, namun metode ini memiliki kelemahan seperti waktu pengeringan yang lama, kualitas produk yang tidak seragam, serta risiko kontaminasi debu, serangga, dan mikroorganisme. Akibatnya, produk seringkali tidak memenuhi standar higienitas maupun kualitas untuk pasar yang lebih luas.

Pengeringan berbasis energi surya dengan bantuan kolektor panas udara menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan. Sistem ini relatif sederhana, ramah lingkungan, hemat energi, dan sesuai untuk diaplikasikan di daerah tropis. Berbagai penelitian telah mengembangkan desain pengering surya dengan variasi metode aliran udara, baik konveksi alami maupun konveksi paksa menggunakan blower. Namun, kinerja pengering sangat dipengaruhi oleh parameter operasi, salah satunya adalah sirkulasi udara di dalam sistem.

Sirkulasi udara berperan penting dalam proses perpindahan panas, baik secara konduksi, konveksi, maupun radiasi. Variasi kecepatan aliran udara dapat memengaruhi jumlah kalor yang diserap kolektor, jumlah panas yang hilang (*heat losses*), serta efektivitas transfer panas ke udara pengering. Pemilihan konfigurasi sirkulasi udara yang tepat diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengeringan dan menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik.

Dalam penelitian ini digunakan sistem pemanas udara tipe double kolektor untuk pengeringan ikan teri sebagai salah satu produk perikanan yang bernilai ekonomis. Penelitian difokuskan pada pengaruh variasi sirkulasi udara terhadap koefisien perpindahan kalor menyeluruh serta kinerja sistem pengering. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi kontribusi bagi pengembangan teknologi pengeringan berbasis energi surya yang lebih efisien, higienis, dan ramah lingkungan, serta memberikan solusi aplikatif bagi masyarakat pesisir dalam mengolah hasil tangkapan perikanan.

METODE PENELITIAN

1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur dan survei lapangan di pesisir Padang. Berdasarkan hasilnya, dirancang pengering surya kapasitas 250 kg dengan kolektor pelat bergelombang, ruang pengering ber *tray*, dan blower sentrifugal untuk sirkulasi udara. Kolektor dilengkapi isolasi *glass wool*, sedangkan aliran udara dialirkan melalui pipa berukuran 2 inci. Sistem ini dirancang untuk menurunkan kadar air ikan dari $\pm 80\%$ menggunakan perpindahan panas konveksi berbasis energi matahari.

2. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan sistem pengering tenaga surya tipe *double* kolektor. Fokus penelitian adalah menganalisis pengaruh variasi sirkulasi udara terhadap perpindahan kalor menyeluruh pada proses pengeringan ikan teri.

3. Alat dan Bahan

Perangkat uji terdiri dari:

1. Kolektor surya ganda (*double collector*) berbahan pelat *stainless steel* dengan penutup kaca transparan.
2. Ruang pengering yang dilengkapi rak/*tray* untuk menempatkan sampel ikan.
3. Blower sebagai pengatur laju sirkulasi udara.
4. Pipa sirkulasi dan cerobong untuk aliran udara masuk dan keluar.
5. Instrumen pengukuran, meliputi:
 - o Termometer digital untuk temperatur kolektor dan udara,
 - o Flowmeter untuk mengukur laju aliran udara,
 - o Solar meter untuk intensitas radiasi matahari,
 - o Timbangan untuk pengukuran massa ikan,
 - o Stopwatch untuk pencatatan waktu.

Bahan uji berupa ikan teri segar sebagai sampel produk perikanan.

4. Variasi Pengujian

Pengujian dilakukan dengan tiga variasi kecepatan aliran udara pada blower:

- 100% (aliran penuh),
- 50% (aliran sedang),
- 25% (aliran rendah).

5. Prosedur Pengujian

1. Kolektor surya diarahkan sesuai sudut optimal terhadap posisi matahari.
2. Sampel ikan diletakkan pada *tray* di dalam ruang pengering.
3. Pengujian dilakukan secara berulang untuk masing-masing variasi kecepatan aliran udara blower.
4. Data yang dicatat setiap interval waktu meliputi:
 - o Temperatur kolektor, udara masuk, udara keluar, dan ruang pengering,
 - o Intensitas radiasi matahari,
 - o Laju aliran udara,
 - o Massa sampel ikan.

6. Analisis Data

Data hasil eksperimen dianalisis untuk menghitung parameter perpindahan kalor, meliputi:

- Kalor yang diserap kolektor (Q_{kolektor}),

- Kalor yang ditransfer ke udara (Q_{udara}),
- Kehilangan kalor (Q_{losses}),
- Kolor Radiasi yang diterima (Q_{rad}),
- Efisiensi kolektor.

Perhitungan menggunakan persamaan dasar perpindahan kalor konduksi, konveksi, dan radiasi, serta persamaan termodinamika yang relevan. Hasil kemudian dibandingkan antar variasi sirkulasi udara untuk menentukan kondisi optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan tiga variasi kecepatan aliran udara blower (100%, 50%, dan 25%). Parameter utama yang diamati meliputi temperatur kolektor, udara pengering, intensitas radiasi matahari, serta besarnya kalor yang diserap, ditransfer, maupun hilang dari sistem.

- **Kecepatan Aliran Udara 100%**

Laju aliran udara tinggi menyebabkan distribusi panas tidak merata $Q_{kolektor}$ tercatat relatif rendah, sedangkan Q_{losses} cukup besar.

Tabel 1 Hasil pengujian kecepatan aliran udara 100%

No	Waktu (menit)	Bukaan katub	Berat Ikan (kg)		Kecepatan udara (m/s)			Temperatur (°C)				Intensitas matahari W/m ²
			Awal	Akhir	Masuk	Keluar	In.kol	Kolek 1	Kolek 2	T.kaca	Lingkungan	
1	8:00	100%	10	9.7	5.46	0.44	0.4	52	51	61	28	811
2	8:30		9.7	9.45				52	52	61	28	819
3	9:00		9.45	9.2				53	51	62	29	825
4	9:30		9.2	8.95				53	52	62	29	827
5	10:00		8.95	8.7				55	53	64	29	835
6	10:30		8.7	8.45				57	56	65	30	840
7	11:00		8.45	8.2				59	58	65	31	856
8	11:30		8.2	7.95				60	62	67	32	860
9	12:00		7.95	7.7				65	63	66	33	910
10	12:30		7.7	7.45				67	68	68	34	915
11	13:00		7.45	7.2				69	68	69	34	920
12	13:30		7.2	6.95				68	67	68	33	890
13	14:00		6.95	6.7				67	65	68	32	880
14	14:30		6.7	6.45				66	65	67	32	875
15	15:00		6.45	6.2				65	59	65	31	870
16	15:30		6.2	5.95				64	57	64	30	850
Rata-Rata			8.08	7.83	5.46	0.44	0.4	60.75	59.18	65.13	30.9375	861.4375

- **Kecepatan Aliran Udara 50%**

Kondisi ini menunjukkan perbaikan efisiensi dibanding 100%, namun kehilangan panas masih cukup signifikan.

Tabel 2 Hasil pengujian kecepatan aliran udara 50%

No	Waktu (menit)	Bukaan katub	Berat Ikan (kg)		Kecepatan udara (m/s)			Temperatur (°C)				Intensitas matahari W/m ²
			Awal	Akhir	Masuk	Keluar	In.kol	Kolek 1	Kolek 2	T Kaca	Lingkungan	
1	8:00	½	10	9.9	5.11	0.28	0.4	53	47	59	28	750
2	8:30		9.9	9.75				53	48	62	28	755
3	9:00		9.75	9.64				54	51	63	28	770
4	9:30		9.64	9.45				55	49	64	29	800
5	10:00		9.45	9.26				58	53	66	29	820
6	10:30		9.26	9.1				59	57	65	30	850
7	11:00		9.1	8.95				56	58	67	30	875
8	11:30		8.95	8.7				60	60	68	31	890
9	12:00		8.7	8.5				61	64	66	32	905
10	12:30		8.5	8.3				63	66	69	32	910
11	13:00		8.3	8.05				65	67	67	33	920
12	13:30		8.05	7.8				66	67	65	33	915
13	14:00		7.8	7.5				65	63	63	32	900
14	14:30		7.5	7.2				66	57	65	31	885
15	15:00		7.2	6				61	54	62	31	870
16	15:30		6	5.75				60	50	61	30	855
Rata-Rata			8.63	8.37	5.11	0.28	0.4	59.69	59.18	64.5	30.4375	854.375

- **Kecepatan Aliran Udara 25%**

Penurunan drastis laju aliran udara menghasilkan peningkatan Q_{kolektor} hingga 509,92 W dan menurunkan Q_{losses} menjadi hanya 51,45 W. Namun, Q_{udara} menurun seiring rendahnya kecepatan aliran.

Tabel 3 Hasil pengujian kecepatan aliran udara 25%

No	Waktu (menit)	Bukaan katub	Berat Ikan (kg)		Kecepatan udara (m/s)			Temperatur (°C)				Intensitas matahari W/m ²
			Awal	Akhir	Masuk	Keluar	In. kol	Kolek 1	Kolek 2	T. Kaca	Lingkungan	
1	8:00	25%	10	9,8	2.54	0.18	0.4	53	49	59	29	770
2	8:30		9,8	9,65				51	51	59	29	775
3	9:00		9,65	9,5				54	48	60	29	776
4	9:30		9,5	9,35				56	52	61	30	830
5	10:00		9,35	9,19				58	56	62	30	840
6	10:30		9,19	9				58	55	65	31	865
7	11:00		9	8,9				60	57	65	31	885
8	11:30		8,9	8,75				60	59	66	32	900
9	12:00		8,75	8,55				59	63	67	33	930
10	12:30		8,55	8,35				62	66	68	33	950
11	13:00		8,35	8,25				65	68	68	32	910
12	13:30		8,25	8,03				66	67	66	32	900
13	14:00		8,03	7,8				64	65	67	31	895
14	14:30		7,8	7,5				62	59	66	32	900
15	15:00		7,5	7,24				57	57	64	31	880
16	15:30		7,24	6,9				55	51	61	30	855
Rata-Rata			8.74	8.55	2.54	0.18	0.4	58.75	57.688	64	30.9375	866.3125

2. Kalor Radiasi Yang Diterima Kolektor

Nilai kalor yang diterima kolektor (Q_{rad}) dipengaruhi oleh kombinasi konduksi, dan konveksi. Pada aliran penuh (100%), tingginya turbulensi meningkatkan perpindahan kalor konveksi, namun juga memperbesar kehilangan panas. Kondisi optimal justru dicapai pada aliran rendah (25%), di mana kolektor mampu menyerap panas lebih maksimal meskipun perpindahan kalor ke udara berkurang.

3. Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor meningkat seiring dengan berkurangnya laju aliran udara. Hal ini menunjukkan adanya titik optimum pada kecepatan aliran udara rendah, yang memungkinkan panas lebih lama tertahan di kolektor sebelum ditransfer.

4. Implikasi terhadap Proses Pengeringan

- Pada 100% dan 50%, sistem cenderung kurang efisien karena panas cepat terbawa aliran udara, sehingga waktu pengeringan lebih lama dan konsumsi energi blower lebih tinggi.
- Pada 25%, meskipun Q_{udara} lebih kecil, panas yang terserap kolektor lebih tinggi dan kehilangan panas minimum, sehingga memberikan kondisi yang lebih stabil untuk pengeringan ikan teri.

5. Diskusi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju sirkulasi udara yang terlalu tinggi tidak selalu menghasilkan pengeringan yang lebih baik. Sebaliknya, pengurangan kecepatan aliran udara dapat meningkatkan kinerja kolektor dengan mengurangi kehilangan panas dan memperbesar energi yang tersimpan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Mohanraj & Chandrasekar, 2009; Tiwari, 2016) yang menyatakan bahwa keseimbangan antara laju aliran udara dan efisiensi kolektor sangat menentukan mutu hasil pengeringan.

KESIMPULAN

1. Variasi sirkulasi udara pada sistem pemanas udara double kolektor berpengaruh signifikan terhadap besarnya kalor yang diserap, ditransfer, dan hilang dari sistem.
2. Pada bukaan katup 100% dan 50%, laju aliran udara tinggi menyebabkan inefisiensi perpindahan panas karena besarnya kehilangan kalor (Qlosses).
3. Penurunan laju aliran udara hingga 25% menghasilkan peningkatan kalor yang diserap kolektor ($Q_{\text{kolektor}} = 509,92 \text{ W}$) dan penurunan kehilangan panas menjadi 51,45 W, meskipun kalor yang ditransfer ke udara (Q_{udara}) relatif menurun.
4. Kondisi optimal sistem diperoleh pada kecepatan aliran udara rendah (bukaan 25%), yang mampu memaksimalkan penyerapan kalor dan meningkatkan efisiensi kolektor.
5. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaturan sirkulasi udara yang tepat sangat penting dalam meningkatkan kinerja pengeringan surya, khususnya untuk produk perikanan seperti ikan teri.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bung Hatta, khususnya Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Suryadimal, S.T., M.T., IPM. selaku pembimbing, serta seluruh dosen dan staf laboratorium yang telah membantu dalam pelaksanaan eksperimen.

Apresiasi yang mendalam diberikan kepada keluarga dan rekan-rekan yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan moral sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Čiuplienė, A., et al. (2015). Solar drying systems and their efficiency. *Renewable Energy Research Journal*, 3(2), 45–52.
- Debashree, D., Duraisamy, S., & Ramesh, K. (2017). Performance analysis of solar dryer with flat plate collector. *International Journal of Renewable Energy Research*, 7(4), 150–158.
- Dewanti, R., Yuliana, D., & Handayani, S. (2014). Karakteristik ikan teri dan aplikasinya dalam pengolahan. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan Indonesia*, 17(2), 89–97.
- Dina, P., et al. (2015). Experimental study of solar dryer for fish drying application. *Energy Procedia*, 70, 456–463.
- DVN Lakshmi, P., et al. (2019). Experimental analysis of solar air heater with and without air recirculation. *Solar Energy*, 182, 112–120.
- Fagunwa, A. O. (2009). Limitations of open sun drying method for fish preservation. *African Journal of Food Science*, 3(4), 123–127.
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1996). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (4th ed.). New York: Wiley.
- Kalogirou, S. A. (2009). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. London: Academic Press.

- Maron, D. F., & Shapiro, H. N. (2010). *Fundamentals of Thermodynamics* (7th ed.). Hoboken: Wiley.
- Mokhtarian, A., et al. (2016). Comparative study of solar drying systems for agricultural products. *Renewable Energy*, 94, 29–37.
- Mohanraj, M., & Chandrasekar, P. (2009). Performance of a forced convection solar drier integrated with thermal storage. *Applied Energy*, 86(9), 1694–1701.
- Munson, B. R., et al. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (6th ed.). Hoboken: Wiley.
- Rabha, D., et al. (2017). Performance analysis of a solar dryer with integrated collector. *Renewable Energy Research Journal*, 8(1), 45–53.
- Sandip, K., & Yashwant, S. (2009). Optimization of solar drying parameters for fish. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(6), 880–894.
- Sanjay, S., et al. (2020). Effect of airflow rate on solar dryer performance. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 12(3), 1–7.
- Sharma, A., Chen, C. R., & Lan, N. V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6–7), 1185–1210.
- Shanmugam, V., & Natarajan, E. (2006). Experimental study of forced convection solar drier for drying fish. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 65(10), 777–779.
- Sivakumar, R., & Rajesh, R. (2016). Design and development of solar dryer for fish drying. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 5(3), 1–6.
- Tiwari, G. N. (2016). *Solar Energy: Fundamentals, Design, Modelling and Applications*. New Delhi: Alpha Science.
- Tomar, V., et al. (2017). Mathematical modeling of drying kinetics of fish in solar dryer. *Renewable Energy*, 108, 1–8.
- Umaru, M. (2014). Experimental study on mixed mode solar dryer. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3(2), 85–90.
- Umayal, R., et al. (2013). Drying kinetics of fish using solar dryer. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3), 550–558.
- Yuliana, D. (2012). Analisis pengeringan ikan asin menggunakan pengering surya. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(2), 101–109.