

KARAKTERISTIK MESIN PENGHASIL AIR DARI UDARA

CHARACTERISTIC OF THE ATMOSPHERIC WATER GENERATOR

Petrus Kanisius Purwadi

Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
pkpurwadi1966@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan (a) volume air terbanyak yang dihasilkan oleh mesin penghasil air dari udara (b) karakteristik mesin penghasil air dari udara yang menghasilkan volume air terbanyak perjamnya. Mesin penghasil air dari udara mempergunakan siklus kompresi uap. Refrigeran yang dipergunakan adalah R134a. Daya kompresor sebesar 1 HP. Penelitian dilakukan secara eksperimen. Variasi penelitian dilakukan terhadap laju aliran volume udara atau debit udara yang masuk ke dalam mesin penghasil air. Variasi terhadap laju aliran volume udara dilakukan dengan memvariasikan jumlah kipas yang dipergunakan (a) tanpa kipas (b) dengan 1 kipas dan (c) dengan 2 kipas. Penelitian memberikan hasil (a) volume air terbanyak dihasilkan oleh mesin penghasil air dari udara yang mempergunakan 2 kipas dengan laju aliran volume udara $2 \text{ m}^3/\text{detik}$, sebanyak 2,410 liter perjamnya (b) mesin penghasil air memiliki karakteristik : besar kalor yang diserap evaporator per satuan massa refrigeran sebesar $Q_{in} = 132,44 \text{ kJ/kg}$, kerja kompresor per satuan massa refrigeran sebesar $W_{in} = 22,55 \text{ kJ/kg}$, kalor yang dilepas kondensor per satuan massa refrigeran sebesar $Q_{out} = 154,44 \text{ kJ/kg}$, kinerja atau COP mesin sebesar 5,87. Daya listrik total yang diperlukan mesin penghasil air dari udara untuk mendapatkan volume air terbanyak sebesar 806 watt.

Kata kunci: mesin penghasil air dari udara; COP; energi listrik; siklus kompresi uap

Abstract

This study aims to obtain (a) the highest volume of water produced by the atmospheric water generators (b) the characteristics of atmospheric water generators that produce the highest volume of water per hour. The atmospheric water generator works by using a vapor compression cycle. The refrigerant used is R134a. The compressor has a power of 1 HP. The study was conducted experimentally. Variations of research conducted on the flow rate of air entering the atmospheric water generator. The variation of the air flow rate is done by varying the number of fans used (a) without fans (b) with 1 fan and (c) with 2 fans. This research produces (a) the highest volume of water produced by an atmospheric water generator that uses 2 fans with an air flow rate of $2 \text{ m}^3/\text{s}$, as many as 2,410 liters per hour (b) the atmospheric water generator has the following characteristics: the amount of heat absorbed by the evaporator per unit of refrigerant mass is $Q_{in} = 132.44 \text{ kJ/kg}$, compressor work per unit of refrigerant mass is $W_{in} = 22.55 \text{ kJ/kg}$, heat released by the condenser per unit of refrigerant mass is $Q_{out} = 154.44 \text{ kJ/kg}$, the performance or COP of the engine is 5.87. The total electric power needed by the atmospheric water generator to get the most water volume is 806 watt.

Keywords: atmospheric water generator; characteristic; vapor compression cycle

1. PENDAHULUAN

Pada musim kemarau, untuk daerah-daerah tertentu mendapatkan air bersih sulit diperoleh. Tanah bisa mengalami kekeringan sampai jauh ke dalam tanah. Sungai kering, tanah ladang kering, sawah, dan sumur juga kering. Tanpa kemudahan dalam mendapatkan air, kehidupan sehari-hari

menjadi kesulitan. Persoalan ini, perlu diatasi. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah memperoleh air yang tidak bersumber dari dalam tanah, tetapi bersumber dari yang lain. Seperti diketahui udara mengandung uap air. Meskipun ketika kemarau, kelembaban udara tidak sangat tinggi, udara tetap mengandung air. Udara dapat dijadikan sumber air alternatif, karena udara memiliki kelembaban udara yang tidak sama dengan nol. Volume udara yang tidak terbatas, memungkinkan air dapat diperoleh dari udara dengan tidak terbatas.

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk dapat mengambil air dari udara. Ada yang mempergunakan energi listrik, ada pula yang mempergunakan energi angin. Proses pengambilan air dari udara, semuanya dilakukan dengan cara mengembunkan air dari dalam udara dengan peralatan tertentu. Tujuan utama dari penelitian ini adalah (a) untuk mengetahui pengaruh debit aliran udara masuk ke dalam mesin penghasil udara terhadap volume air yang dihasilkan (b) mengetahui karakteristik mesin penghasil air, yang menghasilkan volume air terbanyak, yang meliputi : besarnya kAlor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran (Q_{in}), kalor yang dilepas kondensor persatuan massa refrigeran, kerja kompresor yang diperlukan persatuan massa refrigeran (W_{in}) dan daya listrik total yang diperlukan mesin penghasil air untuk dapat bekerja.

Beberapa batasan yang dipergunakan di dalam pembuatan peralatan penelitian ini adalah (a) mesin penghasil air bekerja dengan sumber energi listrik (b) mesin penghasil air bekerja dengan siklus kompresi uap, yang tersusun atas komponen utama: kompresor, kondensor, evaporator, dan pipa kapiler (c) fluida kerja yang dipergunakan dalam siklus kompresi uap adalah R134a (d) daya kompresor yang dipergunakan pada mesin kompresi uap sebesar 1 HP, sedangkan ukuran komponen utama yang lainnya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor dan mempergunakan komponen standar yang ada di pasaran (d) tidak ada proses pemanasan lanjut dan proses pendinginan lanjut pada siklus kompresi uap.

2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Dasar Teori

Mesin penghasil air dari udara bekerja dengan melibatkan mesin siklus kompresi uap. Mesin siklus kompresi uap bekerja untuk mengembunkan uap air dari udara. Beberapa peneliti lain juga telah melakukan penelitiannya dengan melibatkan siklus kompresi uap [1-10]. Komponen utama mesin siklus kompresi uap meliputi: kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator (Gambar 1). Komponen tambahan pada mesin siklus kompresi uap adalah filter dan kipas. Mesin siklus kompresi uap bekerja mempergunakan fluida kerja yang dinamakan dengan refrigeran. Siklus kompresi uap tersusun atas beberapa proses (Gambar 2) : (1) proses pendidihan refrigeran, yang berlangsung di evaporator (2) proses pengembunan, yang berlangsung di kondensor (3) proses kompresi, yang berlangsung di kompresor (4) proses penurunan tekanan, yang berlangsung di pipa kapiler, (5) proses pendinginan lanjut, yang merupakan proses penurunan suhu refrigeran setelah keluar dari kondensor dan (6) proses pemanasan lanjut yang merupakan pemanasan suhu refrigeran setelah keluar dari evaporator. Pada siklus kompresi uap, proses pemanasan lanjut dan pendinginan lanjut tidak harus ada. Bila proses pendinginan lanjut dan pemanasan lanjut ada, maka akan dapat memberikan beberapa keuntungan (1) menaikkan nilai COP (2) umur kompresor menjadi lebih panjang dan (3) proses mengalirnya refrigeran ke dalam pipa kapilernya lebih lancar.

Besarnya kalor yang diserap evaporator dari udara, persatuan massa refrigeran (Q_{in}) dapat dihitung dengan mempergunakan Persamaan (1). Besarnya kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran (W_{in}) dapat dihitung dengan Persamaan (2) besarnya kalor yang dilepas kondensor ke udara persatuan massa refrigeran (Q_{out}) dapat dihitung dengan Persamaan (3) dan (4) *Coefficient of Performance* (COP) dapat dihitung dengan Persamaan (4).

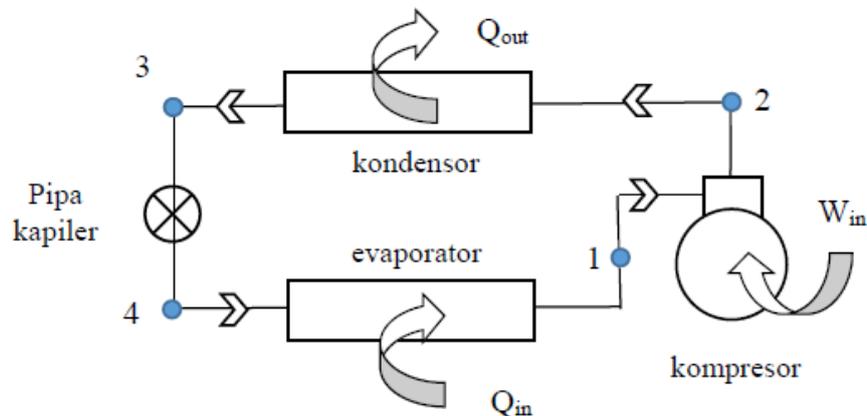
$$Q_{in} = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$W_{in} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

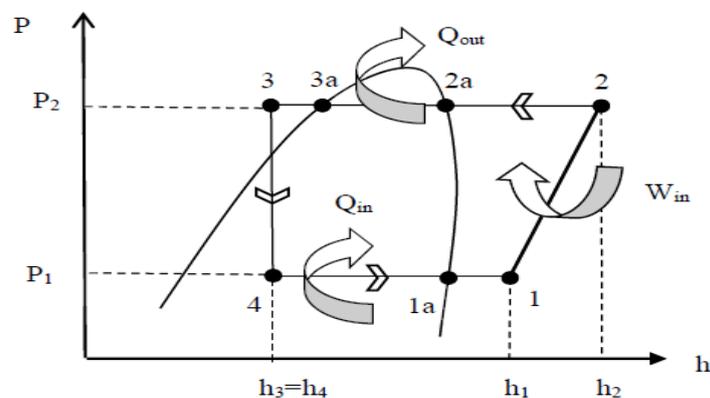
$$Q_{out} = h_2 - h_3 \quad (3)$$

$$COP = Q_{in}/W_{in} \quad (4)$$

Pada Persamaan (1), (2), (3) dan (4), h_1 , h_2 , h_3 dan h_4 berturut turut adalah entalpi refrigeran masuk kompresor, entalpi refrigeran keluar kompresor, entalpi keluar dari kondensator, dan entalpi refrigeran masuk evaporator. Daya listrik total yang diperlukan mesin penghasil air dari udara dapat diketahui dengan menjumlahkan kebutuhan listrik yang dipergunakan untuk menggerakkan kompresor, menggerakkan kipas evaporator, kipas kondensator, dan kipas yang dipergunakan untuk memasukkan udara ke dalam ruangan mesin penghasil air.



Gambar 1. Komponen utama mesin siklus kompresi uap

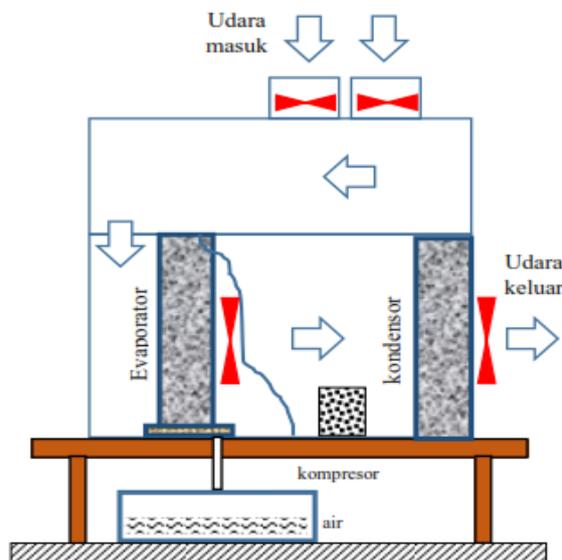


Gambar 2. Komponen utama mesin siklus kompresi uap

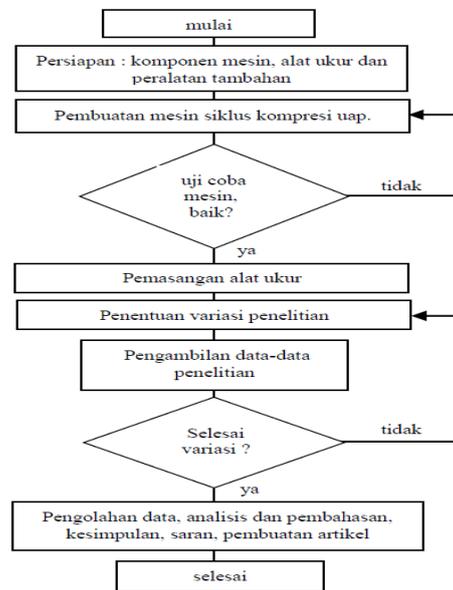
2.2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimen. Pengambilan data dilakukan di kota Yogyakarta. Objek penelitiannya adalah mesin penghasil air dari udara hasil rakitan sendiri. Daya kompresor sebesar 1 HP, dengan ada 4 kipas, kipas evaporator memiliki daya 15 watt, kipas kondensator memiliki daya 15 watt, dan daya kipas yang dipergunakan untuk memasukkan udara masing masing memiliki daya 15 watt. Total daya yang dipergunakan mesin penghasil air dari udara dengan 2 kipas pemasuk udara sebesar : 806 watt. Gambar 3 menyajikan sketsa dari mesin yang diuji. Alur penelitian mengikuti diagram alir penelitian seperti yang tersaji pada Gambar 4. Peralatan penghasil air dari udara menggunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap. Penelitian dilakukan, dengan memvariasikan debit aliran udara atau laju aliran volume udara,

dengan memakai jumlah kipas berbeda: (a) tanpa kipas (b) dengan 1 kipas dan (c) dengan 2 kipas. Udara yang akan diambil airnya berasal dari udara luar. Udara luar dimasukkan ke dalam mesin penghasil air oleh kipas untuk diembunkan airnya oleh evaporator. Setelah diambil airnya, udara dialirkan kembali keluar dari mesin penghasil air.



Gambar 3 Skematik mesin penghasil air dari udara



Gambar 4 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengambilan data penelitian, untuk berbagai debit aliran udara atau laju aliran volume udara, disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Variasi debit aliran udara pada penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jumlah kipas yang dipergunakan untuk memasukkan udara luar ke mesin penghasil air. Di mesin penghasil air, terdapat pula kipas lain yang berfungsi untuk membantu sirkulasi aliran udara di dalam mesin, yaitu kipas evaporator dan kipas kondensor. Untuk variasi tanpa kipas, berarti aliran udara yang masuk ke dalam mesin penghasil air hanya mengandalkan kipas evaporator dan kipas kondensor saja.

Tabel 1. Volume air yang dihasilkan di dalam penelitian

No	Variasi Penelitian	Jumlah Kipas	Laju aliran volume udara masuk ruang mesin	Volume air yang dihasilkan
1	Tanpa Kipas	0 buah	0,25 m ³ /detik	1650 ml/jam
2	Dengan 1 Kipas	1 buah	1 m ³ /detik	2196 ml/jam
3	Dengan 2 Kipas	2 buah	2 m ³ /detik	2410 ml/jam

Dari Tabel 1, nampak bahwa besarnya debit aliran udara yang masuk berpengaruh terhadap volume air yang dihasilkan mesin penghasil air dari udara. Untuk penggunaan dua kipas dengan debit udara masuk 2 m³/detik, volume air yang dihasilkan dari udara sebanyak 2410 ml/jam, lebih besar dari yang dihasilkan bila mempergunakan satu kipas. Untuk 1 kipas dengan debit udara 1 m³/detik, menghasilkan air dari udara sebanyak 2196 ml/jam. Dengan kata lain, semakin besar debit aliran udara yang dimasukkan ke mesin penghasil air, semakin banyak volume air yang dihasilkan (setidaknya berlaku untuk kisaran debit aliran udara yang dilakukan pada penelitian ini). Hal ini disebabkan karena semakin besar debit udara yang masuk, kandungan air yang ada di dalam

udara pada mesin penghasil air persatuan 1 m^3 udara semakin meningkat. Seperti diketahui udara merupakan fluida kompresibel, maka ketika semakin banyak debit udara dimasukkan semakin besar kelembapan spesifik udaranya karena volume ruang yang dipergunakan tetap. Dapat dikatakan udara, udara mengalami proses pemadatan. Ketika udara yang padat ini melewati evaporator, maka kemampuan evaporator untuk mengembunkan uap air atau menghasilkan uap air semakin banyak.

Ketika udara dengan nilai kelembapan spesifik tertentu melewati evaporator, kandungan air yang ada di udara dapat mengembun. Hal ini disebabkan karena temperatur kerja evaporator di bawah suhu pengembunan uap air yang ada di udara, atau suhu kerja evaporator berada di bawah suhu T_{adp} . Tabel 2, menyajikan suhu kerja evaporator dan suhu kerja kondensor. Pada penelitian ini, setelah proses pemadatan udara terjadi, selain udara mengalami kenaikan kelembapan spesifik, udara juga mengalami kenaikan suhu.

Ketika udara melewati evaporator, udara mengalami 2 proses (1) proses pendinginan dan (2) proses pendinginan yang disertai dengan proses pengembunan. Proses pendinginan berlangsung pada nilai kelembapan spesifik yang tetap. Udara mengalami proses penurunan suhu, dari suhu udara masuk sampai suhu udara mencapai suhu pengembunan. Pada proses ini terjadi peningkatan kelembapan relatif (RH), dari kelembapan relatif udara luar sampai dengan kelembapan relatif 100%. Proses pendinginan dan proses pengembunan dimulai setelah kelembapan udara mencapai 100%. Pada proses ini, suhu udara semakin turun dan mendekati suhu kerja evaporator. Kandungan uap air yang ada di udara semakin berkurang. Kelembapan spesifik udara menurun, tetapi kelembapan relatif tetap 100%. Pada proses ini suhu udara tidak dapat mencapai suhu kerja evaporator, hal ini disebabkan karena tidak semua udara yang melewati evaporator dapat bersentuhan langsung dengan permukaan dingin dari evaporator. Setelah udara melewati evaporator, kondisi udara menjadi kering dengan kelembapan spesifik yang rendah (meskipun kelembapan relatifnya masih 100%), karena kandungan air di dalam udara sebagian besar telah mengembun. Semakin besar perbedaan suhu udara saat masuk melewati evaporator dengan suhu udara saat keluar dari evaporator, maka semakin banyak volume air yang dapat diembunkannya atau dihasilkannya.

Tabel 2. Nilai Q_{in} , W_{in} , Q_{out} dan COP mesin siklus kompresi uap

No	Variasi Penelitian	T_{evap} °C	T_{kond} °C	Q_{in} (kJ/kg)	W_{in} (kJ/kg)	Q_{out} (kJ/kg)	COP
1	Tanpa Kipas	6	48,2	133,08	26,27	159,35	5,06
2	Dengan 1 Kipas	7	49,0	132,56	24,48	157,04	5,41
3	Dengan 2 Kipas	8,1	49,6	132,44	22,55	154,99	5,87

Dari Tabel 2, dapat diketahui pula bahwa jumlah kipas yang dipergunakan untuk memasukkan udara juga berpengaruh terhadap kondisi kerja evaporator dan suhu kerja kondensor. Semakin banyak debit aliran udara yang masuk ke dalam ruang pemadatan udara, suhu udara evaporator semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena kondisi udara yang masuk ke dalam ruangan pemadatan berubah. Suhu udara semakin tinggi akibat proses pemadatan udara. Akibat suhu evaporator yang tinggi, suhu kerja kondensor ikut tinggi pula. Bebannya lebih berat. Meskipun semakin besar debit aliran udara yang dialirkan memberikan volume air yang semakin banyak, tetapi kebutuhan listrik yang dipergunakan semakin besar. Kebutuhan listrik tambahan yang harus dipergunakan untuk menggerakkan kipas harus diperhitungkan untung ruginya. Akan lebih menguntungkan bilamana pergerakkan kipas diambil dari sumber energi lain yang tidak berasal dari listrik, seperti dari energi tenaga angin atau tenaga air.

Untuk karakteristik mesin siklus kompresi uap, semakin besar debit aliran udara yang masuk ke mesin penghasil air, menyebabkan semakin tinggi pula suhu kerja evaporatornya. Hal yang sama juga terjadi pada suhu kerja kondensor. Semakin tinggi suhu kerja evaporator semakin tinggi pula suhu kerja kondensornya. Dengan bertambahnya debit aliran fluida, energi kalor yang diserap evaporator dan energi kalor yang dilepas kondensor juga semakin besar. Untuk mesin yang menghasilkan air yang terbanyak, mesin memiliki karakteristik mempunyai: Q_{in} sebesar 132,44 kJ/kg, Q_{out} sebesar 154,99 kJ/kg, W_{in} sebesar 22,55 kJ/kg dan COP sebesar 5,87. Untuk perhitungan COP, W_{in} yang dipergunakan dalam perhitungan hanya berdasar atas kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran saja, tidak memperhitungkan adanya daya kipas evaporator, daya kipas kondensor dan daya kipas yang dipergunakan untuk memasukkan udara ke dalam mesin penghasil air.

4. KESIMPULAN

Mesin penghasil air dari udara yang dapat menghasilkan air terbanyak dimiliki mesin yang bekerja dengan 2 kipas atau pada debit udara sekitar 2 m³/detik, dengan laju aliran air yang dihasilkan sebesar 2,410 liter/jam. Evaporator mesin mampu menyerap kalor persatuan massa refrigeran sebesar 132,44 kJ/kg, kondensor mesin mampu melepas kalor persatuan massa refrigeran sebesar 154,99 kJ/kg, kompresor mesin memerlukan daya sebesar 22,55 kJ/kg dan mesin memiliki COP sebesar 5,87. Total daya yang diperlukan mesin penghasil air dari udara sekitar 806 watt. Mesin penghasil air dari udara yang dipergunakan di dalam penelitian ini bekerja dengan mempergunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap. Penelitian dapat dikembangkan dengan mempergunakan suhu kerja evaporator yang lebih rendah atau dengan memperbesar laju aliran udara yang masuk ke dalam mesin penghasil air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mitsunori T, et al., 2013, Dehumidifying and heating apparatus and clothes drying machine using the same, European Patent specification, EP 2 468 948 B1, 27.11.2013
- [2] Balioglu, et al., 2013, *Heat Pump Laundry Dryer Machine*, Patent Application Publication, Pub. No: US 2013/0047456 A1, Apr.
- [3] Bison, et al., 2012, *Heat Pump Laundry Dryer and a Method for Operating a Heat Pump Laundry Dryer*, Patent Application Publication, Pub. No: US 2012/0210597 A1.
- [4] Kusbandono, W dan Purwadi, PK. 2016. *Pengaruh adanya kipas yang mengalirkan udara melintasi kondensor terhadap COP dan efisiensi mesin pendingin showcase*, <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/472>
- [5] Kusbandono, W dan Purwadi, PK. 2015. *COP Mesin pendingin refrigeran sekunder*, <https://e-journal.usd.ac.id/index.php/JP/article/view/995>.
- [6] Wijaya, K dan Purwadi, PK. 2016. *Mesin pengering handuk dengan energi listrik*, <https://mekanika.ft.uns.ac.id/index.php/mk/article/view/455>
- [7] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2015. *Mesin pengering pakaian energi listrik dengan mempergunakan siklus kompresi uap*, <http://eprints.ulm.ac.id/770/>
- [8] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2015. *Inovasi mesin pengering pakaian yang praktis, aman dan ramah lingkungan*, <http://jurnal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/915>
- [9] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2016. *Pengaruh kipas terhadap waktu dan laju pengeringan mesin pengering pakaian*, <https://www.neliti.com/publications/132305/pengaruh-kipas-terhadap-waktu-dan-laju-pengeringan-mesin-pengering-pakaian>.

- [10] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2016. *Peningkatan waktu pengeringan dan laju pengeringan pada mesin pengering pakaian energi listrik*, <https://scholar.google.com/citations?user=4TOJ8I0AAAAJ&hl=id&oi=sra>