

# PENGARUH DEBIT AIR PENDINGIN DAN POSISI KONDENSOR TERHADAP HASIL KONDENSASI PIROLISIS GETAH PINUS

---

Aminnullah Ahmad<sup>1</sup>, Samsudin Anis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang  
E-mail penulis: [aminnullahahmad276@gmail.com](mailto:aminnullahahmad276@gmail.com)

**Abstrak.** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus dan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor. Variasi debit air pendingin kondensor yang digunakan adalah 2 L/menit, 3 L/menit 4 L/menit, dan 5 L/menit. Posisi kondensor yang digunakan adalah horizontal, vertikal dan kemiringan 45°. Variabel-variabel tersebut dijadikan untuk mengevaluasi performa kondensor melalui perolehan minyak hasil kondensasi dan laju perpindahan panas. Hasil penelitian diperoleh debit air pendingin kondensor sangat mempengaruhi jumlah minyak getah pinus yang dihasilkan. Dengan meningkatnya debit air pendingin kondensor volume minyak getah pinus yang dihasilkan semakin meningkat. Posisi kondensor juga mempengaruhi jumlah volume minyak getah pinus yang dihasilkan. Semakin besar sudut kemiringan kondensor maka volume minyak getah pinus yang dihasilkan semakin menurun. Jumlah minyak terbanyak dihasilkan pada debit 5 L/menit pada posisi kondensor horizontal dengan jumlah minyak sebesar 71 ml, dan jumlah minyak paling sedikit dihasilkan pada debit 2 L/menit pada posisi vertikal dengan jumlah minyak sebesar 54 ml. Nilai laju perpindahan panas dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar debit air maka nilai laju perpindahan panas semakin besar. Semakin besar debit air pendingin menyebabkan penyerapan panas yang semakin banyak. Semakin besar sudut kemiringan pada kondensor nilai laju perpindahan panasnya semakin besar. Sudut kemiringan yang semakin besar menyebabkan laju aliran fluida menjadi semakin lambat karena adanya *head loss*.

**Kata kunci:** *Posisi kondensor, kondensasi, pirolisis, getah pinus dan debit.*

**Abstract.** The experiment aim to know the effect of cooling water flow rate and condenser position to the pyrolysis product and the heat transfer rate occurring on the condenser. Flow rate of water as condenser coolant about 2 L / min, 3 L / min 4 L / min, and 5 L / min. Position of condenser used is horizontal, vertical and slope about 45 degree. These variables are used to evaluate the performance of the condenser through the acquisition of condensed oil and heat transfer rate. The result of the research shows that flow rate of condenser coolant greatly influences the amount of pine sap oil produced. Increase of condenser coolant water flow the volume of pine sap oil produced is increasing. The condenser position also affects the amount of volume of pine sap oil produced. The larger the angle of the condenser slope the volume of pine sap oil produced decreases. The highest amount of oil is produced at flow rate 5 L / min at a horizontal condenser position with an oil amount of 71 ml, and the least amount of oil produced at a flow rate 2 L / min in a vertical position with an oil amount of 54 ml. The Result show that number of heat transfer increase along with increasing flow rate of condenser coolant. Its due baecause cooling water flow rate more absorp of heat. The greater the angle of the slope at the condenser the heat transfer rate is greater. Increasing angle of slope causes the fluid flow rate to be slower due to head loss.

**Keywords:** Position of condenser, condensation, pyrolysis, pine resin and flow rate

## PENDAHULUAN

Bahan bakar yang digunakan selama ini berasal dari minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui, sehingga dalam beberapa tahun kedepan masyarakat akan mengalami kekurangan bahan bakar jika minyak bumi terus diambil. Sifat minyak bumi yang tidak dapat diperbarui atau *nonrenewable* membuat keadaan semakin sulit. Untuk itu diperlukan suatu pemikiran kreatif dengan menciptakan energi yang bersifat dapat diperbarui atau *renewable*, ramah lingkungan dan memiliki ketersediaan yang melimpah. Disisi lain, Indonesia memiliki ketersediaan banyak bahan yang bisa digunakan untuk memproduksi bahan bakar alternatif, contohnya adalah getah pinus. Indonesia merupakan penghasil getah pinus terbesar ke-3 dunia setelah China dan Brazil. Ketersediaan getah pinus yang melimpah di Indonesia dan dapat diperbaharui dengan mudah, menjadikan getah pinus ini termasuk sumber energi terbarukan (Daryanto et al, 2016: 90).

Salah satu metode konversi getah pinus menjadi energi adalah dengan menggunakan proses pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi termal dari biomassa yang terjadi tanpa adanya oksigen. (Jahirul et al, 2012: 4953). Reaktor pirolisis pengolah getah pinus menjadi bahan bakar cair alternatif terdiri dari dua komponen utama, yaitu reaktor sebagai tempat terjadinya pemanasan getah pinus menjadi uap polimer tanpa udara atau dengan udara yang terbatas dan kondensor tempat terjadinya proses perubahan dari uap menjadi cair (kondensasi). Selain proses pemanasan, proses pengembunan juga sangat penting untuk menghasilkan kualitas bahan bakar yang baik (Haryadi, 2015: 1).

Kondensor merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi sebagai media terjadinya proses kondensasi (dossat, 1961: 244). Kondensasi terjadi di dalam kondensor berpendingin air dengan tipe *double pipe*. Kondensor yang berperan sebagai salah satu komponen utama sistem pirolisis akan sangat menentukan hasil minyak yang didapat. Sebagaimana diketahui bahwa efektivitas kerja kondensor dipengaruhi beberapa faktor antara lain: desain kondensor, nilai konduktivitas bahan, kerapatan lapisan isolasi pada kondensor, suhu lingkungan pengoperasian, faktor pengotoran (*fauling factor*), jenis fluida pendingin, dan lain-lain (Haryadi, 2015: 1).

Shetty dan Prashanth, (2014) melakukan penelitian tentang *performance assessment of water cooled condenser refrigerant system*. Penggunaan pendingin kondensor dengan menggunakan media pendingin air terbukti dapat lebih mampu mendinginkan kondensor lebih cepat dari pada pendingin dengan menggunakan media udara. Mirjana et al, (2010) pada penelitian tentang *impact of the cold end operating conditions on energy efficiency of the stem power plants* menyatakan suhu air pendingin dan laju aliran sangat mempengaruhi kinerja kondensor. Perpindahan panas pada kondensor sangat bergantung pada laju aliran pendingin dan temperatur air pendingin. Sugita, (2014) melakukan penelitian tentang studi eksperimental kinerja pipa kalor fleksibel menggunakan pipa kalor dengan sudut kemiringan 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Kapasitas perpindahan panas pipa kalor meningkat dengan naiknya sudut kemiringan. Semakin besar sudut kemiringan maka kinerjanya semakin rendah.

Berdasarkan uraian diatas peneliti akan memfokuskan penelitian terhadap kinerja kondensor mengenai pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus dan laju transfer panas yang terjadi pada kondensor.

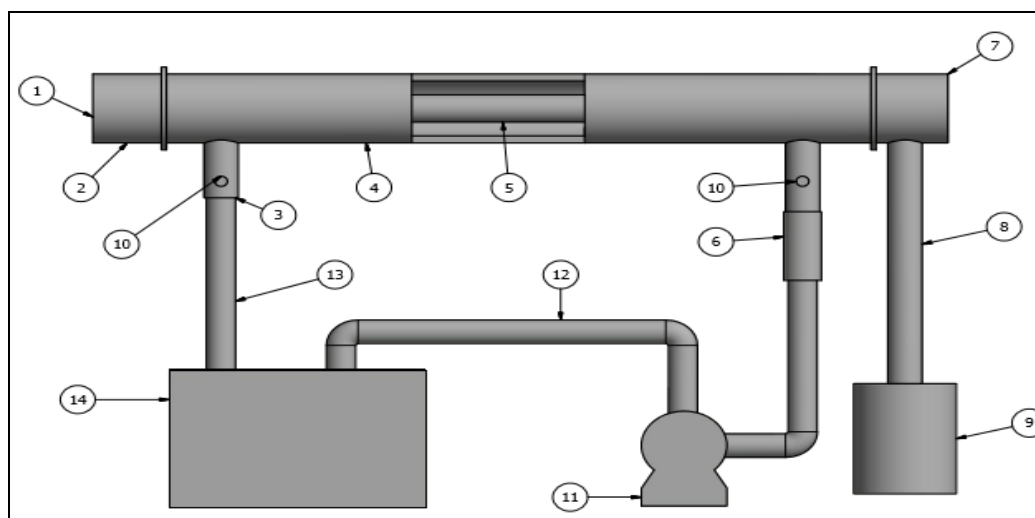
## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah getah pinus dan air pendingin kondensor. Getah pinus didapat dari Perhutani Semarang. Massa getah pinus yang digunakan dalam sekali penelitian adalah 1 kg. Air pendingin kondensor yang digunakan dari bak penampungan air. Air pendingin yang digunakan bertemperatur 26°C.

### Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini kondensor *liebig* dengan panjang 300 mm dan diameter 19/26. Pompa dengan voltage 220-240 volt, power 22 W, Hmax 1,2 m, dan Qmax 1200 L/h, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Botol penampung dengan kapasitas 500 ml. *Flowmeter* dengan kapasitas 2 L/menit – 9 L/menit.



**Gambar 1. Skema penelitian.**

Keterangan gambar:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Saluran uap masuk        | 8. Pipa keluar minyak                    |
| 2. <i>Head</i> kondensor    | 9. Penampung minyak                      |
| 3. Pipa penyalur air keluar | 10. <i>Thermometer</i>                   |
| 4. Pipa luar kondensor      | 11. Pompa air                            |
| 5. Pipa dalam kondensor     | 12. Pipa pengangkut air ke pompa         |
| 6. <i>Flowmeter</i>         | 13. Pipa penyalur air ke penampungan air |
| 7. <i>Rear</i> kondensor    | 14. Penampungan air                      |

## **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini difokuskan pada uji performa kondensor berdasarkan debit air pendingin dan posisi kondensor dalam mengkondensasikan uap getah pinus hasil pirolisis. Getah pinus dengan massa 1 kg dimasukkan pada tabung reaktor pirolisis dan dipanaskan dengan menggunakan *heater*. Temperatur reaktor dipantau dengan *termokopel*. Uap hasil pirolisis mengalir masuk pada kondensor untuk dikondensasi. Debit air pendingin kondensor divariasikan dengan menggunakan *flowmeter*. Variasi debit yang digunakan yaitu 2 L/menit, 3 L/menit, 4 L/menit, dan 5 L/menit. Posisi kondensor divariasikan dengan menggunakan *water pass*. Variasi posisi kondensor yang digunakan yaitu horizontal, vertikal dan kemiringan 45°. Temperatur air pendingin kondensor dipantau dengan *thermometer*. Pengambilan minyak hasil kondensasi dilakukan setelah temperatur reaktor pirolisis mencapai 350°C dan diambil dalam waktu 20 menit. Hasil kondensasi ditampung dengan botol kaca 500 ml kemudian diukur dengan menggunakan gelas ukur.

Setelah penelitian dilakukan dan mendapatkan minyak dari hasil kondensasi, maka dilakukan perhitungan perbandingan minyak getah pinus yang dihasilkan dengan variasi debit air pendinginan dan posisi kondensor, selanjutnya dilakukan perhitungan besar laju perpindahan panas yang terjadi. Data yang sudah didapatkan digunakan sebagai tolak ukur penilaian performa kondensor berdasarkan nilai hasil minyak dan nilai laju perpindahan panasnya.

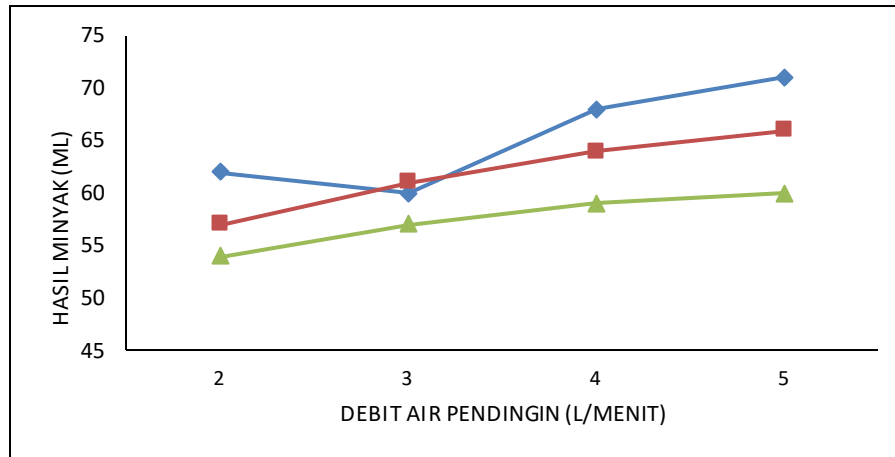
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Perolehan Minyak Hasil Kondensasi**

Penelitian ini bertujuan untuk menilai performa kondensor berdasarkan variasi debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus dan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor. Hasil penelitian pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus disajikan dalam Gambar 2. Terlihat pada Gambar 2, bahwa jumlah minyak yang dihasilkan meningkat seiring dengan kenaikan debit air pendingin kondensor. Pada variasi debit 5 L/menit, dan hasil jumlah volume minyak hasil kondensasi terendah didapatkan pada variasi debit 2 L/menit pada setiap variasi posisi kondensor.

Semakin besar debit yang digunakan akan dapat mendinginkan kondensor lebih baik dibandingkan debit yang kecil. Dimana panas yang ada akan dialirkan dan dibawa keluar dan diganti atau diisi lagi oleh air pendingin yang baru sehingga kondensor akan senantiasa dingin (Ridhuan dan I Gede, 2014: 4).

Selain itu, pada Gambar 2. juga terlihat bahwa jumlah minyak yang didapat pada posisi horizontal lebih banyak dibandingkan dengan kemiringan 45° dan vertikal. Hal ini disebabkan semakin besar sudut kemiringan pipa kalor maka semakin lambat aliran fluida dan membuat uap bergerak dengan hambatan yang kecil. Uap bergerak semakin lambat disetiap bertambahnya sudut kemiringan karena adanya *head loss* (Sularso dan Tahara, 2000: 34). Pada sudut kemiringan yang besar ada peningkatan hambatan bagi uap sehingga kondensat akan kembali ke reaktor pirolisis akibat adanya tekukan (Sugita, 2016: 147).



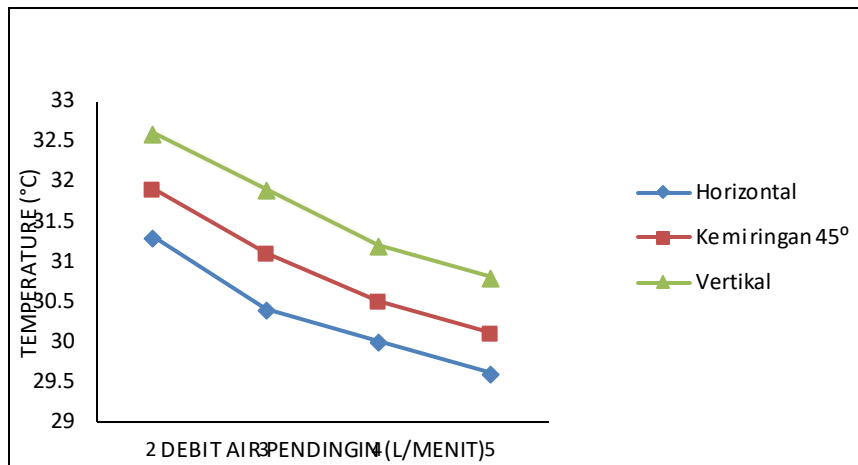
**Gambar 2. Pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensator terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus.**

### Temperatur dan Laju Perpindahan Panas

Pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensator terhadap temperatur air pendingin ditunjukkan pada gambar 3. Terlihat pada gambar 3 bahwa temperatur air pendingin kondensator mengalami penurunan pada setiap kenaikan variasi debit air pendingin dan untuk posisi kondensator semakin besar sudut kemiringan kondensator terhadap posisi horizontal maka semakin besar temperatur air pendingin. Variasi debit 2 L/menit dengan posisi kondensator vertikal menghasilkan temperatur paling tinggi dengan nilai 32,6°C, dan pada variasi debit 5 L/menit dengan posisi kondensator horizontal menghasilkan temperatur paling rendah dengan nilai 29,6 °C. Hal ini disebabkan faktor penyerapan panas pada setiap debit aliran berbeda.

Semakin kecil debit air pendingin menyebabkan temperatur air pendingin yang keluar dari kondensator semakin tinggi dikarenakan proses penyerapan panas semakin lambat. Hal ini disebabkan semakin kecil debit air pendingin yang masuk kondensator maka kecepatan aliran air pendingin berkurang sehingga kontak air akan semakin lama yang mengakibatkan temperatur air pendingin akan semakin naik (Sutandi dan Markus, 2011: 661).

Pada posisi kondensator vertikal memiliki temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan posisi horizontal dan kemiringan 45°. hal ini disebabkan karena pengaruh *head loss* pada setiap variasi posisi kondensator berbeda. Pada sudut kemiringan yang besar ada peningkatan hambatan bagi uap dikarenakan adanya *head loss*. Semakin besar sudut kemiringan pipa kalor maka semakin lambat aliran fluida dan membuat uap bergerak dengan hambatan yang besar. Pada sudut kemiringan yang semakin besar uap akan bergerak semakin lambat, sehingga mengakibatkan kontak dengan air pendingin semakin lama. Hal ini mengakibatkan terjadi kenaikan temperatur seiring dengan bertambahnya sudut kemiringan (Sugita, 2016: 147).



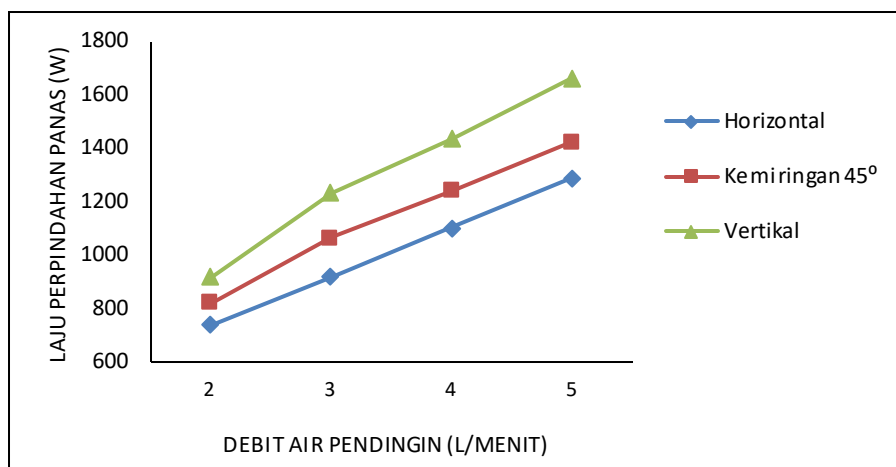
**Gambar 3. pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap temperatur air pendingin.**

Pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap laju perpindahan panas pada kondensor ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat pada Gambar 4. bahwa semakin tinggi debit air maka semakin besar pula nilai laju perpindahan panas. Variasi debit 5 L/menit dengan posisi kondensor vertikal menghasilkan nilai laju perpindahan panas paling tinggi dengan nilai 1665 W, dan pada variasi debit 2 L/menit dengan posisi kondensor horizontal menghasilkan nilai laju perpindahan panas paling rendah dengan nilai 737 W. Penyebabnya adalah karena semakin besar debit air pendingin akan semakin banyak pula kalor yang diserap oleh air pendingin.

Laju perpindahan panas pada kondensor sangat dipengaruhi oleh debit air pendingin. Semakin cepatnya laju aliran pendingin maka semakin cepat pula laju perpindahan panas yang terjadi di kondensor (Mijana, et al, 2010: 1). Hal ini disebabkan karena panas yang dibuang oleh kondensor cenderung mengalami peningkatan yang seiring peningkatan laju air pendingin yang digunakan.

Gambar 4. juga menunjukkan nilai laju perpindahan panas mengalami kenaikan pada setiap kenaikan sudut kemiringan kondensor. Pada posisi kondensor vertikal memiliki nilai laju perpindahan panas lebih tinggi dibandingkan dengan posisi horizontal dan kemiringan 45°. hal ini disebabkan karena penyerapan panas semakin besar pada kenaikan sudut kemiringan.

Semakin besar sudut kemiringan pipa kalor maka semakin lambat aliran fluida dan membuat uap bergerak dengan hambatan yang besar karena adanya *head loss* (Sularso dan Tahara, 2000: 34). Uap yang bergerak lambat ini mengakibatkan panas yang diserap air pendingin juga semakin banyak sehingga nilai laju perpindahan panas semakin besar. Nilai laju perpindahan panas terendah pada posisi horizontal dan nilai laju perpindahan panas tertinggi pada posisi vertikal (sugita, 2016: 148).



**Gambar 4. Pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap nilai laju perpindahan panas.**

## SIMPULAN

Debit air pendingin dan posisi kondensor sangat mempengaruhi jumlah minyak getah pinus yang dihasilkan. Dengan meningkatnya debit air pendingin kondensor volume minyak getah pinus yang dihasilkan semakin meningkat dan semakin besar sudut kemiringan kondensor terhadap posisi horizontal maka volume minyak getah pinus yang dihasilkan semakin menurun. Debit air pendingin dan posisi kondensor juga sangat mempengaruhi laju perpindahan panas. Semakin besar debit air maka nilai laju perpindahan panas semakin besar. Pada posisi kondensor semakin besar sudut kemiringan pada kondensor nilai laju perpindahan panasnya semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, C. E., Rustana., dan S. P. Simanungkalit. 2016. Studi Karakteristik Bioavtur Getah Pinus Berbasis Hidrogenasi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 1(1): 89-92.
- Dossat, R.J. 1961. *Principles of Refrigeration*. Jonh Wilay & Sons, INC: New York and London.
- Haryadi, S. 2015. Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Hasil Pengembunan Proses Pirolisis Limbah Plastik. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Jahirul, M. I., M. G., Rasul., A. A. Chowdhury., and N. Ashwath. 2012. Biofuels Production through Biomass Pyrolysis-A Technological Review. *Journal Energies*. 5: 4952-5001.
- Mirjana, S. L., M. M. Stojiljkovic., S. V. Lakovic., V. P. Stefanovic., and D. D. Mitrovic. 2010. Impact Of The Cold end Operating Conditions On Energy Efficiency Of The Stem Power Plants. *Thermal Science*. 14: 53-66.
- Ridhuan, K., dan I. G. Angga J. 2014. Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *TURBO* 3(2): 1-6.
- Shetty, S. N., and P. Kamath. 2017. Performance Assessment Of Water Cooled Condenser Refrigerant System. *Energy and Power*. 7(3): 70-74.
- Sugita, I. W. 2014. Perpindahan Panas Pipa Kalor Sudut Kemiringan 0°, 30°, 45°, 60°, 90°. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*: 144-148.

- Sugita, I. W. 2016. Studi Eksperimental Kinerja Pipa Kalor Fleksibel. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*: 142-148.
- Sularso, dan H. Tahara. 2000. *Pompa Dan Kompresor*. Jakarta: Pradia Pramitra.
- Sutandi, T., dan Markus. 2011. Uji Performansi Sistem Refrigerasi dengan Variasi Debit Air Pada Water-Cooled Condenser. *Journal Of Refrigeration* 5(2): 608-612.