

Modifikasi Bak Pendingin Pada Proses Produksi Asap Cair Tempurung Kelapa Untuk Peningkatan Volume Produksi

Kemas Muhammad Abdul Fatah^{1*}, Dwi Kuncoro²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai

^{1,2}Jln. Imam Bonjol No.486 Langkapura Bandar Lampung, Lampung, 35118, Indonesia.

E-mail: ksmafattah@gmail.com¹, kuncorodwi239@gmail.com²

Info Naskah:

Naskah masuk: 21 September 2021

Direvisi: 6 Januari 2022

Diterima: 15 Januari 2022

Abstrak

Peningkatan hasil produksi asap cair merupakan usaha untuk meningkatkan pemanfaatan tempurung kelapa sebagai hasil samping dari buah kelapa. Proses destilasi adalah cara untuk memproduksi asap cair dan kondensasi terjadi pada bak pendingin. Perbaikan kinerja bak pendingin dapat meningkatkan volume produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja bak pendingin pada 10 kali eksperimen dengan variasi pada level faktor laju aliran air 20 liter/menit, 25 liter/menit dan 30 liter/menit dan level faktor kecepatan aliran udara adalah 35 m/s, 40 m/s dan 45 m/s. Modifikasi bak pendingin mampu memperbaiki kinerja, volume produksi asap cair meningkat. Peningkatan terbesar 36,14% dicapai pada laju aliran air di level 30 liter/menit dan faktor kecepatan aliran udara di level 45 m/s, pada temperatur air bak pendingin 26,2°C.

Keywords:

air flow rate;
condensation;
liquid smoke;
water flow rate.

Abstract

Increasing the production of liquid smoke is an attempt to raise the utilization of coconut shells as a by-product of the coconut fruit. The distillation process is a way to produce liquid smoke and condensation occurred in the cooling bath. Improving the cooling bath can increase the production volume. This study aims to determine the performance of the cooling bath in 10 experiments with variations in the level of the water flow rate factor of 20 liters/minute, 25 liters/minute, 30 liters/minute, and the level of the airflow velocity factor of 35 m/s, 40 m/s. and 45 m/s. Modifying the cooling bath can improve its performance and increase the volume of liquid smoke. The largest increase of 36.14% was achieved at the water flow rate in the level of 30 liters/minute and the airflow velocity factor in the level of 45 m/s, at 26.2°C of the cooling bath temperature.

***Penulis korespondensi:**

Kemas Muhammad Abdul Fatah

E-mail: ksmafattah@gmail.com

1. Pendahuluan

Kelapa merupakan salah satu tanaman perkebunan yang tersebar di hampir semua wilayah Indonesia, dan untuk wilayah provinsi Lampung saja, luasan kebun kelapa mencapai 91.746 Ha pada tahun 2020 [1]. Sementara itu, industri pengolahan buah kelapa umumnya masih terfokus kepada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan industri yang mengolah hasil samping buah (*by-product*) seperti; air, sabut, dan tempurung kelapa masih secara tradisional dan berskala kecil, padahal potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahannya masih sangat besar [2]. Di dalam 1 butir buah kelapa terdiri atas empat komponen, yaitu sabut 33%, tempurung 15%, air kelapa 22%, dan daging buah 30% [3], sehingga kalau semuanya dimanfaatkan tentu mampu meningkatkan perekonomian petani. Karena tidak terserap industri pengolahan, sebagian hasil samping dianggap sebagai limbah dan dibuang begitu saja.

Walaupun masih terbilang sedikit pemanfaatannya, usaha pemanfaatan hasil samping buah kelapa melalui penelitian telah banyak dilakukan peneliti, misalnya; pemanfaatan serat sabut kelapa yang dicampurkan ke dalam campuran beton sebagai peredam suara [4], pemanfaatan tempurung kelapa yang diproses menjadi asap cair untuk pengawetan daging sapi [5], pemanfaatan air kelapa untuk peningkatan pertumbuhan tinggi kelapa [6]. Dengan adanya penelitian-penelitian ini, seharusnya mampu mendorong pertumbuhan industri pengolahan, sehingga meningkatkan serapan hasil samping buah kelapa.

Seperti yang telah disinggung di atas, industri pengolahan hasil samping buah kelapa dilakukan secara tradisional dan berskala kecil karena pelakunya adalah usaha mikro, salah satunya adalah usaha pembuatan asap cair berbahan baku tempurung kelapa yang berlokasi di Lampung Tengah, dimana penelitian ini dilakukan. Dari informasi yang diperoleh dari pemilik usaha, semenjak pandemi Covid-19 terjadi peningkatan permintaan dan permintaan tersebut tidak mampu dipenuhi semuanya. Peningkatan yang terjadi merupakan dampak dari keyakinan sebagian masyarakat bahwa asap cair bisa menjadi obat Covid-19, sehingga perlu dilakukan usaha perbaikan, dari sisi mutu atau dari sisi volume produksi.

Penelitian yang terkait dengan perbaikan asap cair tempurung kelapa telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Dalam konteks kualitas, dengan menambahkan proses penyaringan menggunakan *zeolite* dan arang aktif, asap cair yang dihasilkan berwarna bening dan aroma asap yang jauh berkurang [7]. Dalam konteks kuantitas, volume dari asap cair yang dihasilkan dapat ditingkatkan dengan mengaplikasikan teknologi *cyclone-redistillation* [8]

Proses produksi asap cair yang ada di tempat dimana penelitian ini dilakukan, dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama adalah proses pembuatan asap cair *grade C*, diperoleh melalui proses pirolisis dan kondensasi. Tahap kedua adalah proses pembuatan asap cair *grade B* atau *grade A*, yang keduanya merupakan produk akhir, diperoleh melalui proses destilasi. Penelitian ini fokus pada tahap kedua dengan rasionalisasi bahwa jika perbaikan dilakukan pada tahap kedua diharapkan dapat meningkatkan volume produksi.

Proses tahap kedua dimulai dari merebus asap cair *grade C* pada sebuah ketel tertutup yang dilengkapi lubang saluran uap. Uap kemudian disalurkan melalui pipa berukuran 1½ inchi yang dilewatkan pada bak pendingin berukuran panjang 8 meter, lebar 0.8 meter, dan tinggi 1.2 meter, dapat menampung air sebanyak 7.5 m³. Di dalam pipa terjadi kondensasi dan hasil kondensasi ini kemudian ditampung sebagai hasil produksi.

Berdasarkan gambaran proses produksi di atas dan dari hasil pengamatan, pada proses perebusan tidak ditemukan permasalahan, untuk mempercepat penguapan dapat dilakukan dengan memperbesar nyala api. Namun, untuk proses kondensasi, ditemukan masalah yaitu air pada bak pendingin tidak ada sirkulasi, sehingga seiring dengan waktu, temperatur air berangsur naik sampai pada temperatur tertentu dimana tidak terjadi kondensasi pada pipa sehingga produksi asap cair terhenti.

Untuk mendapatkan kinerja bak pendingin yang optimal, seharusnya bak pendingin dirancang mengikuti prinsip *Continuous-flow Heat Exchangers*, dimana terjadi pertukaran panas antar fluida yang mengalir, baik mengalir searah atau berlawanan arah, dengan nilai laju perpindahan panas ditentukan oleh koefisien perpindahan panas antar fluida (U), luas penampang kontak fluida (A) dan nilai *log mean temperature difference* (LMTD) [9]. Di dalam bak pendingin terjadi pertukaran panas antara uap hasil perebusan asap cair *grade C* yang mengalir di dalam pipa dengan air yang ditampung di dalam bak pendingin, dibutuhkan laju perpindahan yang cukup sehingga terjadi kondensasi di dalam pipa.

Kondensasi terjadi ketika uap menyentuh permukaan yang temperaturnya di bawah temperatur jenuh dari uap tersebut dan ketika kondensat cairan terbentuk pada permukaan, kondensat ini akan mengalir karena pengaruh gravitasi [10]. Untuk memastikan kondensasi tetap terjadi di dalam pipa dibutuhkan nilai laju perpindahan panas yang konstan sehingga nilai LMTD harus dibuat konstan. Nilai LMTD terkait dengan nilai temperatur pada permukaan dalam pipa dan temperatur air.

Untuk mempertahankan nilai LMTD yang cukup untuk terjadi kondensasi, temperatur air harus dipertahankan tetap konstan. Ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu cara sistem saluran terbuka, dimana air mengalir ke dalam bak dan langsung dialirkan keluar bak untuk dibuang, dan cara sistem saluran tertutup, dimana air mengalir melewati Alat Penukar Panas (APK) sebelum dialirkan kembali ke bak pendingin [11].

Untuk proses produksi asap cair dengan sistem aliran terbuka membutuhkan banyak air karena air yang keluar dari kondensor dibuang, sementara dengan sistem aliran tertutup, membutuhkan *refrigeration machine* sebagai APK [12]. Usaha mikro asap cair tempurung kelapa dimana penelitian ini dilakukan, tidak memiliki sumber air yang melimpah, sehingga tidak mungkin menggunakan cara sistem aliran terbuka, cara sistem aliran tertutup menjadi pilihan dengan menambahkan APK.

Jenis alat penukar kalor (APK) beragam, selain *refrigeration machine*, yang lain adalah *radiator set* yang terdiri dari radiator dan *fan*. Fungsi *fan* adalah mengalirkan udara luar untuk dilewatkan pada radiator [13], sehingga

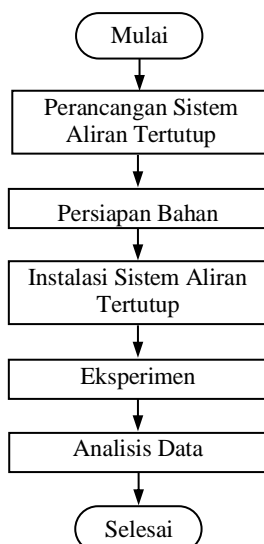
terjadi peristiwa perpindahan panas konveksi dan konduksi pada radiator, yang efektifitasnya ditentukan oleh nilai laju perpindahan panas [14]. Semakin besar laju perpindahan panas, semakin besar perbedaan temperatur fluida masuk dan temperatur fluida keluar (ΔT). Sementara itu, besar nilai laju perpindahan panas pada *radiator set* ditentukan oleh laju aliran air dan kecepatan aliran udara [15].

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, bahwa kondisi aliran air di dalam bak pendingin, baik laju aliran maupun temperturnya, sangat menentukan proses kondensasi. Sehingga, untuk mendapatkan hasil produksi yang optimal, bak pendingin perlu dimodifikasi. Berdasarkan pemikiran tersebut, penelitian ini ditujukan mengetahui kinerja bak pendingin hasil modifikasi terkait dengan volume produksi asap cair dengan variasi laju aliran air dan kecepatan aliran udara.

2. Metode

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, tahap pertama penelitian ini adalah perancangan sistem aliran tertutup, dimana terjadi sirkulasi air pada bak pendingin. Sebelum kembali ke bak pendingin, air dilewatkan terlebih dahulu pada *radiator set* yang berfungsi sebagai Alat Penukar Panas (APK), seperti pada Gambar 2. Tahap kedua adalah persiapan bahan yang digunakan pada sistem aliran tertutup, terdiri dari pompa air, pipa PVC 1 1/2", *flow meter*, *ball valve*, *radiator set*. Tahap ketiga adalah pekerjaan instalasi sistem aliran tertutup. Tahap keempat adalah eksperimen.

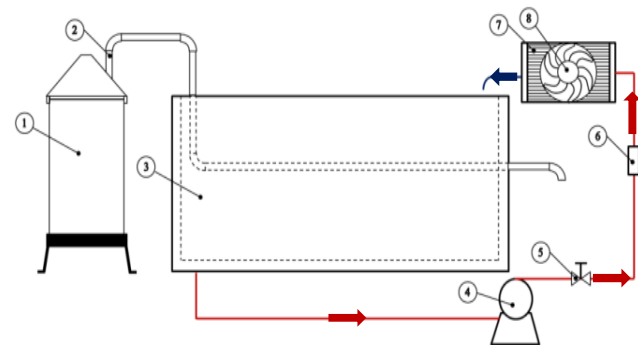
Tahap eksperimen dimulai dengan merebus asap cair grade C sampai mendidih, uap hasil perebusan dialirkan melalui pipa dan dilewatkan pada bak pendingin untuk dikondensasi. Hasil kondensasi ditampung di dalam botol kaca 500 cc kemudian diukur dengan menggunakan gelas ukur.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Parameter eksperimen yang divariasikan adalah faktor laju aliran air (liter/menit) dan faktor kecepatan aliran udara (m/s) pada *radiator set*, masing-masing level untuk setiap faktor dapat dilihat pada Tabel 1. Metode eksperimen

menggunakan metode *full-factorial* [16], seluruh level dari faktor laju aliran air dikombinasikan dengan seluruh level dari faktor kecepatan aliran udara, sehingga eksperimen dilakukan sebanyak 10 kali, termasuk kondisi *existing*.



Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------------|------------------|
| 1. Ketel | 5. Ball Valve 1" |
| 2. Pipa uap masuk kondensor 1 1/2" | 6. Flow Meter |
| 3. Bak pendingin (Kondensor) | 7. Radiator |
| 4. Pompa air | 8. Fan |

Gambar 2. Skema Sirkulasi Air Bak Pendingin Sistem Aliran Tertutup

Tabel 1. Parameter Eksperimen

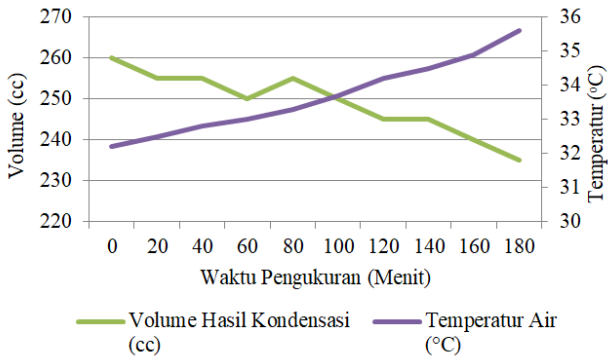
No	Faktor	Level		
		1	2	3
1	Laju Aliran Air (liter/menit)	20	25	30
2	Kecepatan aliran udara (meter/detik)	35	40	45

Variasi laju aliran air diperoleh dengan mengatur *ball valve* dan nilainya dapat dilihat pada *flowmeter*. Variasi kecepatan aliran udara diperoleh dengan mengatur kecepatan motor dengan menggunakan *inverter* dan nilainya dapat diukur dengan menggunakan *anemometer*.

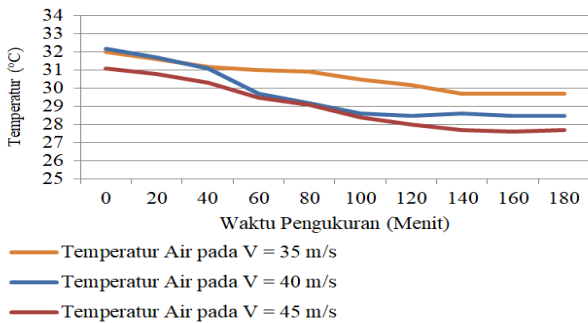
Pada setiap eksperimen yang dilakukan selama 3 jam (jam 02.00-05.00) dilakukan pengukuran temperatur air bak pendingin dengan menggunakan *thermo gun* dan mengukur hasil kondensasi, dimulai bersamaan dengan cairan hasil kondensasi mulai keluar dan ditampung di dalam botol kaca 500 ml, dilanjutkan pada setiap 20 menit berikutnya. Tahap yang terakhir adalah analisis data. Data eksperimen disajikan dalam bentuk grafik dan dideskripsikan sehingga hasil penelitian mudah difahami.

3. Hasil dan Pembahasan

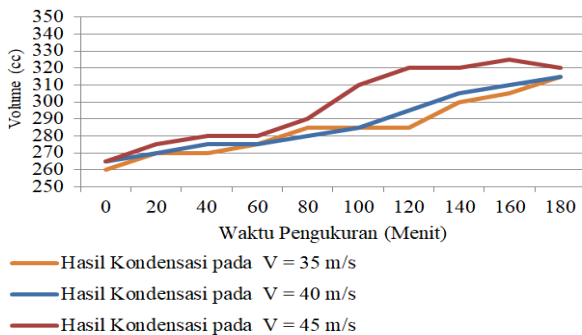
Hasil pengukuran yang dilakukan pada kondisi *existing* (eksperimen pertama), dimana tidak ada sirkulasi air pada bak pendingin, data eksperimen tampak pada Gambar 3. Terlihat bahwa temperatur awal pendingin adalah 32.2°C dan beranjak naik seiring dengan waktu, dan hasil produksi adalah sebaliknya, pada awal pengukuran sebesar 260 cc dan berangsur turun seiring dengan waktu. Di dalam 3 jam eksperimen, volume asap cair yang diperoleh sebanyak 2490 cc.



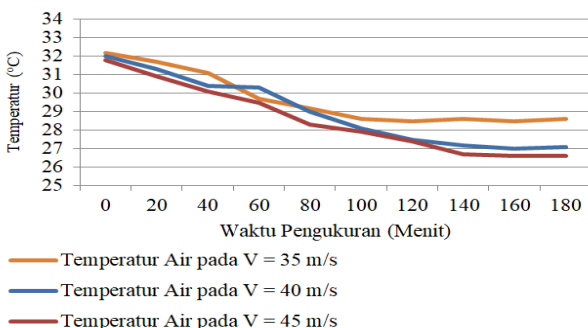
Gambar 3. Grafik Hasil Eksperimen Kondisi Existing



Gambar 4. Grafik Temperatur pada Laju Aliran Air 20 liter/menit



Gambar 5. Grafik Volume pada Laju Aliran Air 20 liter/menit

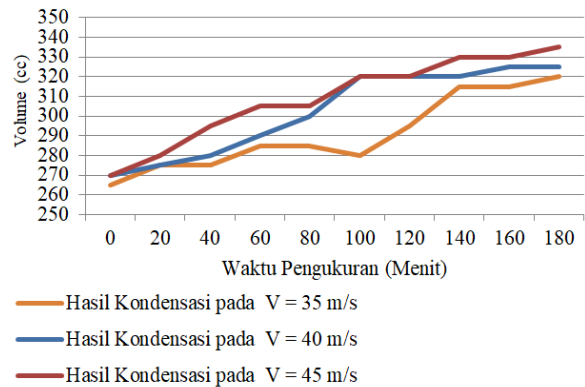


Gambar 6. Grafik Temperatur pada Laju Aliran Air 25 liter/menit

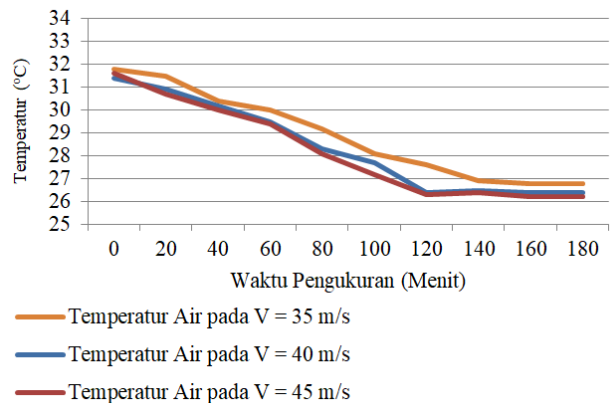
Pada eksperimen kedua sampai dengan keempat, dimana laju aliran air di atur sebesar 20 liter/menit, seperti yang tampak pada Gambar 4 dan Gambar 5, terlihat bahwa temperatur air terendah bak pendingin adalah 27.7°C yang

dicapai pada menit ke 140 pada pengaturan kecepatan aliran udara sebesar 45 m/s dan selanjutnya konstan pada temperatur tersebut. Sementara itu, untuk hasil produksi tertinggi sebesar 320 dicapai pada menit ke 120 dan selanjutnya konstan pada kecepatan aliran udara 45 m/s. Di dalam 3 jam eksperimen, volume asap cair yang diperoleh sebanyak sebanyak 2985 cc atau meningkat 19.88%.

Pada eksperimen kelima sampai ketujuh, dimana laju aliran air di atur sebesar 25 liter/menit, data eksperimen tampak pada Gambar 6 dan Gambar 7. Terlihat bahwa temperatur air terendah bak pendingin adalah 26.6°C yang dicapai pada menit ke 160 pada pengaturan kecepatan aliran udara sebesar 45 m/s dan selanjutnya konstan pada temperatur tersebut. Sementara itu, untuk hasil produksi tertinggi sebesar 335 cc, dicapai pada menit ke 180 dan selanjutnya konstan pada kecepatan aliran udara sebesar 45 m/s, Di dalam 3 jam eksperimen, volume asap cair yang diperoleh sebanyak 3090 cc, meningkat 24,10%.

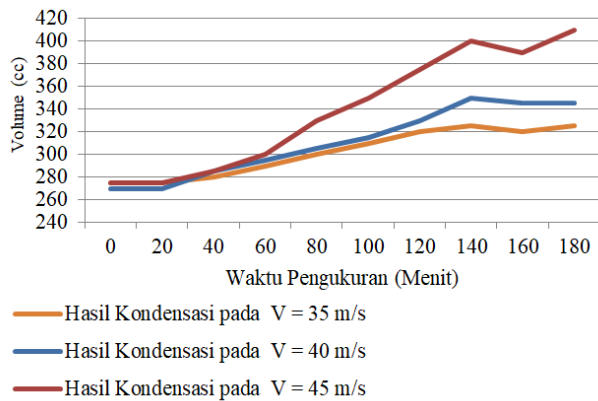


Gambar 7. Grafik Volume pada Laju Aliran Air 25 liter/menit



Gambar 8. Grafik Temperatur pada Laju Aliran Air 30 liter/menit

Pada eksperimen kedelapan sampai kesepuluh dimana laju aliran air di atur sebesar 30 liter/menit, seperti yang tampak pada Gambar 8 dan Gambar 9, terlihat bahwa temperatur air terendah bak pendingin adalah 26.2°C yang dicapai pada menit ke 180 pada pengaturan kecepatan aliran udara sebesar 45 m/s dan selanjutnya konstan pada temperatur tersebut. Sementara itu, untuk hasil produksi tertinggi sebesar 410, dicapai pada menit ke 180 dan selanjutnya konstan pada kecepatan aliran udara sebesar 45 m/s. Di dalam 3 jam eksperimen, volume asap cair yang diperoleh sebanyak 3390 cc, meningkat 36,14%.



Gambar 9. Grafik Volume pada Laju Aliran Air 30 liter/menit

Perbedaan laju aliran air dan perbedaan hasil produksi pada setiap eksperimen yang berkorelasi positif, dimana setiap kenaikan laju aliran air diikuti kenaikan jumlah produksi, ini menunjukkan bahwa laju perpindahan panas di dalam bak pendingin ditentukan laju aliran air [17], semakin besar laju aliran air semakin besar laju perpindahan panas [18].

Perbedaan kecepatan aliran udara dan temperatur air bak pendingin pada setiap eksperimen yang berkorelasi negatif, dimana setiap kenaikan kecepatan udara diikuti penurunan temperatur air bak pendingin. Dengan kecepatan aliran udara yang lebih besar akan meningkatkan laju perpindahan panas di *radiator set* [19], sehingga untuk memperbesar perbedaan temperatur air masuk dan temperatur air keluar (ΔT) dapat dilakukan dengan meningkatkan kecepatan aliran udara [20].

4. Kesimpulan

Hasil eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini menemukan bahwa dengan memodifikasi bak pendingin dengan menambahkan Alat Penukar Panas (APK) berupa *radiator set* yang terdiri dari radiator dan *fan* pada sistem aliran tertutup, mampu meningkatkan kinerja bak pendingin dimana volume produksi asap cair meningkat. Peningkatan terbesar 36,14% dicapai pada laju aliran air di level 30 liter/menit dan faktor kecepatan aliran udara di level 45 m/s, pada temperatur air bak pendingin 26.2° C.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, "Provinsi Lampung Dalam Angka 2020," BPS Provinsi Lampung, Mei, Bandar Lampung.
- [2] Z. Mahmud and D. A. N. Yulius, "Prospek Pengolahan Hasil Sampung Buah Kelapa," *Perspektif*, vol. 4, no. 2, pp. 55–63, 2015, doi: 10.21082/p.v4n2.2005.
- [3] S. Karouw, B. Santosa, and I. Maskromo, "TEKNOLOGI PENGOLAHAN MINYAK KELAPA DAN HASIL IKUTANNYA / Processing Technology of Coconut Oil and Its By Products," *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.*, vol. 38, no. 2, p. 86, 2019, doi: 10.21082/jp3.v38n2.2019.p86-95.
- [4] P. Susanto Zalukhu and D. Meisandy Hutauruk, "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara Effect of Addition of Coco Fiber (Cocofiber) to Concrete Mixture as Sound Damper," *Jcebt*, vol. 1, no. 1, p. 2017, 2017, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>.
- [5] F. Assidiq, T. D. Rosahdi, and B. V. El Viera, "Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa dalam Pengawetan Daging Sapi," *al-Kimiya*, vol. 5, no. 1, pp. 34–41, 2018, doi: 10.15575/ak.v5i1.3723.
- [6] M. Ariyanti, C. Suherman, Y. Maxiselly, and S. Rosniawaty, "PERTUMBUHAN TANAMAN KELAPA (Cocos nucifera L.) DENGAN PEMBERIAN AIR KELAPA," *J. Hutan Pulau-Pulau Kecil*, vol. 2, no. 2, pp. 201–212, 2018, doi: 10.30598/jhppk.2018.2.2.201.
- [7] F. Fauzan and M. Ikhwanus, "Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi dan Filtrasi Menggunakan Zeolit dan Arang Aktif," *Pros. Semnastek*, no. p-ISSN : 2407 – 1846, pp. 1–2, 2017.
- [8] M. Fathussalam *et al.*, "Rancang Bangun Mesin Produksi Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Berbasis Teknologi Cyclone-Redistillation," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 7, no. 2, pp. 148–156, 2019, doi: 10.29303/jrpb.v7i2.113.
- [9] E. Yao, H. Wang, L. Wang, G. Xi, and F. Maréchal, "Multi-objective optimization and exergoeconomic analysis of a combined cooling, heating and power based compressed air energy storage system," *Energy Convers. Manag.*, vol. 138, pp. 199–209, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2017.01.071.
- [10] S. Haryadi, "Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Hasil Pengebunan Proses Pirolysis Limbah Plastik," *Skripsi. Fak. Tek. Univ. Negeri Semarang*, p. 92, 2015.
- [11] D. Banks, A. Athresh, A. Al-Habaibeh, and N. Burnside, "Water from abandoned mines as a heat source: practical experiences of open- and closed-loop strategies, United Kingdom," *Sustain. Water Resour. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 29–50, 2019, doi: 10.1007/s40899-017-0094-7.
- [12] R. Sipahutar, D. Kusuma Pratiwi, I. Bizzy, A. Sofijan, and B. Hidayati, "Development of liquid smoke production process as a latex coagulant by utilizing a refrigeration machine," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012032.
- [13] K. Fatah, "Analisis Unjuk Kerja Oven Pengereng Hasil Modifikasi Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Panas," vol. 11, no. 02, pp. 153–157, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i2.261.
- [14] J. W. Rose, "Condensation heat transfer fundamentals," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 76, no. 2, pp. 143–152, 1998, doi: 10.1205/026387698524712.
- [15] P. Chaurasia, A. Kumar, A. Yadav, P. K. Rai, V. Kumar, and L. Prasad, "Heat transfer augmentation in automobile radiator using Al₂O₃-water based nanofluid," *SN Appl. Sci.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1007/s42452-019-0260-7.
- [16] K. M. A. Fatah, "Optimasi dan Identifikasi Parameter Kritis pada Proses Extrusion Menggunakan Metode Taguchi," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 331, 2020, doi: 10.26578/jrti.v14i2.6508.
- [17] M. S. Laković, M. M. Stojiljkovic, S. V. Lakovic, V. P. Stefanovic, and D. D. Mitrović, "Impact of the cold end operating conditions on energy efficiency of the steam power plants," *Therm. Sci.*, vol. 14, no. SUPPL.1, pp. 53–66, 2010, doi: 10.2298/TSCI100415066L.
- [18] A. Ahmad and S. Anis, "Pengaruh Debit Air Pendingin Dan Posisi Kondensor Terhadap Hasil Kondensasi Pirolysis Getah Pinus," *Saintekno J. Sains dan Tekno.*, vol. 16, no. 1, pp. 13–20, 2018, doi: 10.15294/saintekno.v16i1.16421.
- [19] M. Munthaha, G. R. Cahyono, and P. R. Ansyah, "Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Panel Surya," *Poros Tek.*, vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2020, [Online]. Available:

<https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/porosteknik/article/view/941>.

- [20] J. Zhou, X. Chen, Z. Zhou, Y. Peng, Y. Wang, and J. Huang, "Factors Influencing the Temperature Distribution of 200 W

Light Emitting Diode Module Used in the Spotlight," *Heat Transf. Eng.*, vol. 39, no. 6, pp. 493–498, 2018, doi: 10.1080/01457632.2017.1320095.