



Analisis Perpindahan Panas pada Sirkulasi Air Penyulingan Nilam dengan Tangki Bervolume 150 Liter

Heat Transfer Analysis on Circulating Patchouli Distilled Water with a 150 Liter Volume Tank

Zaky Assiddiqie dan Nely Toding Bunga*

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
02/06/2022
Direvisi:
13/06/2022
Disetujui:
25/06/2022

Abstract

Indonesia is the world's main exporter of patchouli plants (*Pogostemon Cablin Benth*). Patchouli plants produce essential oil by distillation; this essential oil has a constituent component called patchouli alcohol and is widely used in the aromatic industry. Therefore, a patchouli refining process is needed so that Indonesia's patchouli can improve its quality in the eyes of the world. The purpose of this research is to observe the process of cooling hot patchouli steam into patchouli oil to optimize the current process. This study's analytical method is a simulation approach with CFD software. 50 kg of dried patchouli leaves and stems will go through a combustion process and then be distilled in a 150 liter volume tank for 5 hours. During the distillation process, there is a heat transfer phenomenon called conduction and convection. The LMTD value was 327 K, the heat transfer rate was 103,39 W, the overall heat transfer was 223,45 W/m²K, the NTU value was 0,018, and the system's effectiveness was 0.89% using LMTD and the -NTU method.

Keywords: patchouli, distillation, ANSYS.

SDGs:



Abstrak

Indonesia merupakan eksportir utama dunia untuk tanaman nilam (*Pogostemon Cablin Benth*), tanaman nilam adalah penghasil minyak atsiri dengan cara penyulingan, minyak atsiri mempunyai komponen penyusun yang dinamakan patchouli alcohol dan banyak digunakan di industri aromatik. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan proses penyulingan nilam yang efektif sehingga nilam Indonesia meningkat kualitasnya di mata dunia. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi proses pendinginan uap nilam yang panas menjadi minyak nilam agar dapat mengoptimalkan proses yang ada. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan simulasi dengan *software* CFD. Daun dan batang nilam yang telah dikeringkan sebesar 50 kg akan melalui proses pembakaran untuk kemudian disuling dengan tangki bervolume 150 liter selama 5 jam, selama proses penyulingan terjadi fenomena perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Dengan metode LMTD dan ϵ -NTU yang menghasilkan nilai LMTD 327 K, laju perpindahan panas 103,39 W, perpindahan panas secara menyeluruh adalah 223,45 W/m²K, nilai NTU adalah 0,018 dan nilai efektivitas sistem adalah 0,89%.

Kata Kunci: nilam, penyulingan, ANSYS.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 813 4271 5020
email : nely.toding@univpancasila.ac.id



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang banyak, baik dari segi tanaman, satwa dan hasil bumi lainnya, diantara kekayaan alam tersebut salah satunya adalah tanaman nilam. Indonesia mengekspor sekitar 75% kebutuhan nilam dunia, dimana 60% dari kebutuhan tersebut diperoleh di NAD (Nanggroe Aceh Darussalam) dan yang lainnya berasal dari Sumatera dan Jawa (Handayani, 2007; Supriadi, Rizal dan Wahyuno, 2011). Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) adalah sejenis semak tropis yang berada dalam keluarga tumbuhan lamiaceae, dengan pertumbuhan batangnya sekitar 75 cm, dimana nilam digunakan untuk menghasilkan minyak yang bernama minyak nilam ataupun minyak atsiri (*patchouli oil*) (Idris, Jura dan Said, 2014; Souhoka, Al Aziz dan Nazudin, 2020). Produksi minyak atsiri akan dikembangkan lagi ke depannya, karena minyak esensial ini menjadi primadona di industri yang bergerak di bidang aromatika, dikarenakan Indonesia juga memiliki bahan baku tanaman nilam yang berlimpah, dimana umumnya nilam tumbuh di negara-negara tropis, selain itu juga teknologi pengolahan nilam cukup sederhana sehingga mudah dikembangkan. Selain itu juga, petani nilam yang mayoritas merupakan penduduk daerah dapat mengolah hasil tanamannya sendiri untuk meningkatkan ekonomi keluarganya, dan secara tidak langsung juga membantu ekonomi negara (Mahlinda and Supardan, 2020).

Penyulingan adalah pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan titik uapnya. Proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air (Mahlinda dan Supardan, 2020; Yuliana, Aswan dan Febriana, 2020). Handayani (Handayani, 2007) telah meneliti minyak atsiri berbahan baku daun nilam menggunakan metode penyulingan dengan air yang didalamnya terdapat daun nilam yg direbus dan menghasilkan rendemen 1.8-2.0% setelah dilakukan proses destilasi selama 1-2 jam. Salim (Salim dkk., 2005) telah melakukan penelitian penyulingan nilam pada daerah Purbalingga dan Banyumas menggunakan metode penyulingan uap diperoleh rendemen sebesar 1.5%.

Peralatan penyulingan minyak atsiri yang umum digunakan petani nilam saat ini adalah tangki yang sederhana (lihat Gambar 1). Padahal untuk mendapatkan minyak atsiri yang memiliki PA (*Patchouli Alcohol*) tinggi dibutuhkan alat yang lebih canggih, karena itu perangkat suling yang digunakan petani nilam memiliki kekurangan, diantaranya:

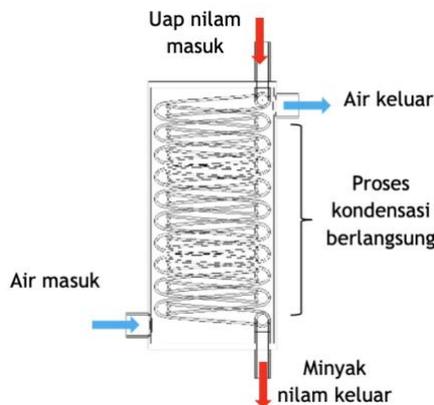
- a) Tangki yang digunakan untuk memanaskan nilam, tidak memiliki pipa api yang mempermudah dalam proses pembakaran nilam untuk mengalami perubahan fasa dari zat padat menjadi uap (sketsa dapat dilihat pada Gambar 2).
- b) Tidak adanya pemanas *superheater*, sehingga pemanasan tidak maksimal dan kurang mampu untuk mengekstrak PA dari batang nilam.
- c) Bahan bakar utama yang digunakan untuk pemanasan adalah kayu.
- d) Air yang digunakan sebagai pendingin alami dari uap panas, sehingga minyak atsiri hasil penyulingan masih memiliki temperatur yang tinggi dan mempengaruhi kadar PA dalam minyak atsiri. Kekurangan-kekurangan diatas mengakibatkan kurang optimalnya penyulingan nilam, selain itu juga rendahnya efisiensi bahan bakar yang digunakan, dan tenaga yang dikeluarkan oleh petani tidak seimbang dengan hasil dan kualitas minyak atsiri yang didapatkan (Mahlinda, Arifiansyah dan Supardan, 2019).

Mutu minyak atsiri sangat ditentukan dari kadar jumlah PA yang terdapat di dalam minyak tersebut. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi dari besar kecilnya kadar PA adalah teknik budidaya yang digunakan saat pra panen, dan pasca panen. Pada saat pra panen yang mempengaruhinya adalah bibit tanaman, cara dan waktu panen, juga faktor lingkungan. Hal-hal tersebut berpengaruh terhadap produktivitas dan mutu bahan olah, yang nantinya akan berpengaruh terhadap mutu hasil olahannya. Sedangkan hal-hal yang mempengaruhi saat pasca panen mencakup penanganan bahan olah, cara pengolahan, alat yang digunakan, pengemasan, dan penyimpanan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan mutu minyak atsiri Indonesia maka faktor-faktor tersebut harus diperhatikan dengan

baik. Standardisasi dari minyak atsiri sendiri telah diatur oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional) yang tertuang pada SNI 06-2385-2006 (BSN, 2007).



Gambar 1. Tangki penyulingan nilam



Gambar 2. Sketsa dalam tangki

ANSYS merupakan solusi utama yang dapat digunakan untuk permodelan elemen hingga memecahkan permasalahan numerik yang beragam. Permasalahan beragam yang dimaksud adalah permasalahan analisis struktur statis dan dinamis, permasalahan elektromagnetik, permasalahan bunyi, hingga permasalahan pendistribusian fluida (Masruri, 2015).

Teknologi yang digunakan pada software ini adalah penggabungan struktur dan material yang bersifat linear dan non-linear, dimana sistem pemrograman yang digunakan dapat diaplikasikan pada teknik mesin, sipil, elektro, fisika dan kimia. Cara kerja dari software ini adalah dengan menggunakan sistem metode elemen (Elza, 2019).

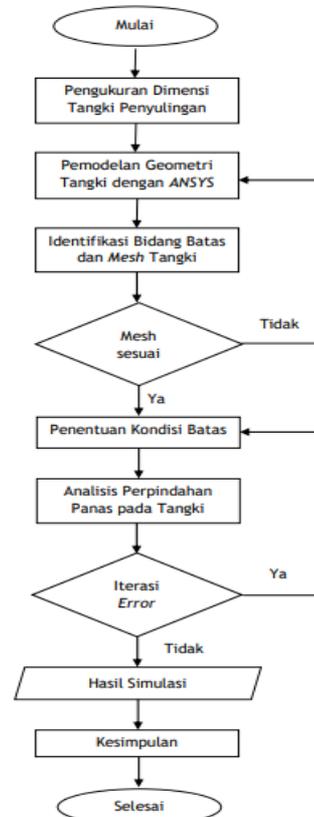
Untuk penelitian ini, metode analisis ANSYS FLUENT yang digunakan adalah metode VOF (Volume of Fluids). Permodelan VOF digunakan untuk memodelkan dua atau lebih fluida yang

tidak bercampur dengan menyelesaikan satu set persamaan momentum dan melacak fraksi volume dari masing-masing fluida di seluruh domain. Aplikasi umum termasuk prediksi pecahnya jet, gerakan gelembung besar dalam cairan, gerakan cairan setelah bendungan pecah, dan pelacakan stabil atau sementara dari setiap antarmuka gas cair (Sukamta, Thoharudin dan Nugroho, 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis proses pendinginan uap nilam yang panas menjadi minyak nilam melalui pendekatan simulasi dengan software CFD. Metode yang dilakukan dapat mengurangi biaya uji coba dan menjadi kebaruan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan desain dari tangki penyulingan nilam.

2. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian kualitatif, yang dilaksanakan dalam beberapa tahapan seperti yang akan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

Adapun bentuk perhitungan untuk perpindahan panas sistem menggunakan metode LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) dan untuk menghitung nilai efektivitas sistem menggunakan metode ϵ -NTU (*effectiveness-Number of Transfer Units*). Kedua metode ini umum digunakan dalam penyelesaian masalah yang menyangkut perpindahan panas suatu sistem dengan syarat parameter-parameter yang dibutuhkan terpenuhi.

2.1. Pengukuran Dimensi Tangki Penyulingan

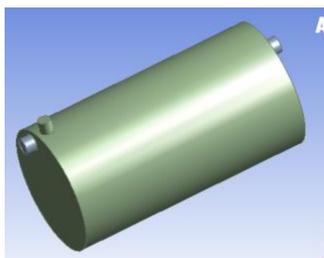
Pengukuran dilakukan dengan alat bantu meteran untuk panjang dan mikrometer digital untuk tebal tangki. Parameter dimensi diambil dari lokasi penyulingan minyak nilam di wilayah Kalimantan. Hasil pengukuran ditampilkan pada [Tabel 1](#) dengan material tangki yang terbuat dari besi.

Tabel 1. Dimensi tangki penyulingan

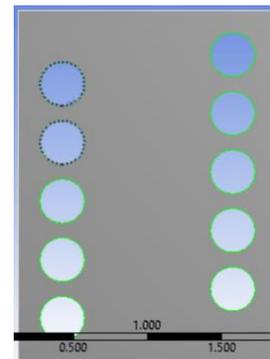
No.	Parameter	Nilai
A. Tangki utama		
1.	Tebal plat	0.003 m
2.	Tinggi	2.4 m
3.	Diameter	1.75 m
4.	Kapasitas	150 kg
B. Tabung lilitan dalam		
1.	Panjang	0.4 m
2.	Jumlah lingkaran	8
3.	Diameter dalam	0.0381 m
4.	Diameter luar	0.0508 m

2.2. Pemodelan Geometri Tangki dengan ANSYS

Pemodelan geometri tangki dilakukan dengan bantuan *software ANSYS 2019* tipe R3. Hasil dari pemodelan geometri ditunjukkan pada [Gambar 4](#), dan konversi benda kerja menjadi 2 (dua) dimensi ditunjukkan pada [Gambar 5](#).



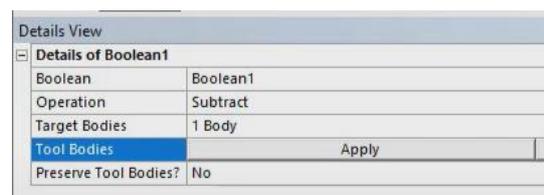
Gambar 4. Pemodelan geometri



Gambar 5. Tangki 2 dimensi

2.3. Identifikasi Bidang Batas dan Mesh Tangki

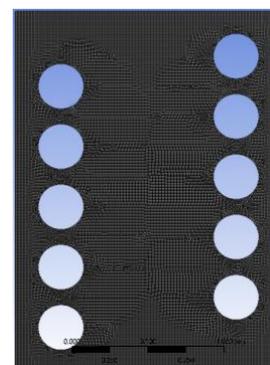
Identifikasi bidang batas dilakukan untuk memisah antara badan tangki dan badan tabung lilitan dalam supaya tidak berada dalam satu kesatuan yang nantinya akan memudahkan pada saat simulasi berjalan. Pengidentifikasi bidang batas ditunjukkan pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Boolean pada bidang batas

2.4. Kesesuaian Mesh

Mesh dilakukan untuk mempermudah simulasi yang akan dilakukan karena mesh memberi batasan pada pergerakan masing-masing node yang bekerja di tangki. Mesh berbentuk persegi empat untuk memudahkan penglihatan pada saat hasilnya nanti. [Gambar 7](#) merupakan hasil dari proses *meshing* yang dilakukan.



Gambar 7. Hasil mesh

2.5. Penentuan Kondisi Batas

Penentuan kondisi batas dilakukan untuk memudahkan sistem dalam melakukan simulasi. Hal-hal yang diatur pada pemberian kondisi batas diantaranya adalah memasukkan material uap nilam beserta atribut-atribut kimiawinya, zona pergerakan sel, dan temperatur kerja sistem sebagai syarat penggunaan metode LMTD dan NTU, dimana kedua metode ini dapat digunakan apabila parameter yang dibutuhkan terpenuhi. Parameter tersebut ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Parameter fluida uap nilam

No.	Parameter	Nilai
1.	Konduktivitas termal uap nilam (k)	0.03489 W/m.K
2.	Bilangan Prandtl (Pr)	0.684
3.	Tekanan (P)	1 bar = 100,000 Pa
4.	Koefisien viskositas kinematik (μ)	27.8×10^{-6} m ² /s
5.	Kecepatan aliran fluida (v)	5 m/s
6.	Kapasitas yang digunakan (m)	120 liter = 120 kg
7.	Kalor panas spesifik (C_p)	2.08 J/kg.K

Tabel 3. Parameter pendukung metode LMTD

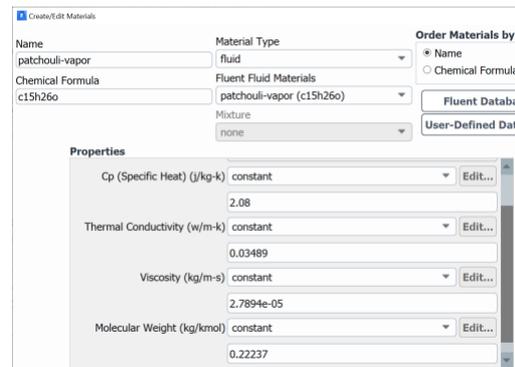
No.	Parameter	Temperatur
1.	Temperatur masuk uap nilam ($T_{v in}$)	140 °C
2.	Temperatur keluar uap nilam ($T_{v out}$)	56 °C
3.	Temperatur masuk air ($T_{w in}$)	28 °C
4.	Temperatur keluar air ($T_{w out}$)	36 °C

Penentuan kondisi batas ini ditunjukkan pada Gambar 8. Sedangkan pada Gambar 9 ditunjukkan pemilihan tempat mengalirnya uap nilam panas yang akan didinginkan.

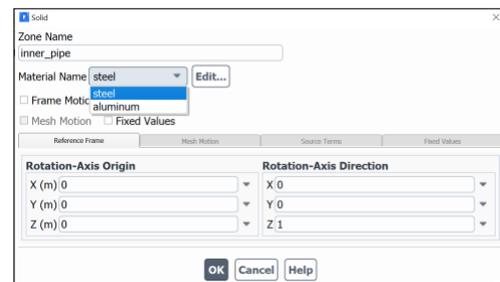
2.6. Analisis Perpindahan Panas pada Tangki

Analisis dilakukan secara simulasi numerik dengan menggunakan metode LMTD dan NTU pada

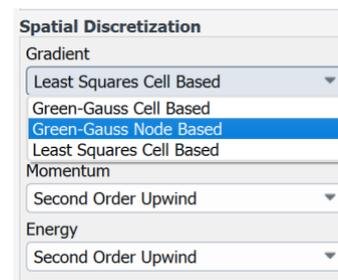
saat kalkulasi manualnya dan dengan metode SIMPLE berbasis *Green-Gauss Node* untuk analisis pada ANSYS, metode dan basis ini dipilih karena keduanya merupakan cara yang dipakai agar hasilnya memperlihatkan *mesh* yang paling akurat dibanding metode dan basis lainnya. Pemilihannya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 8. Material uap nilam



Gambar 9. Pengaturan zona sel material

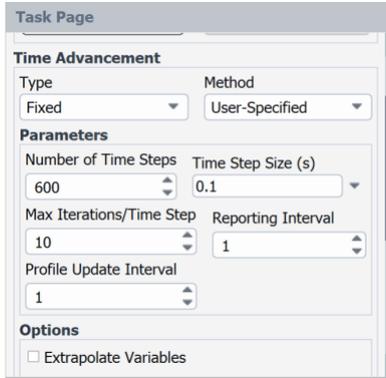


Gambar 10. Pengaturan metode analisis

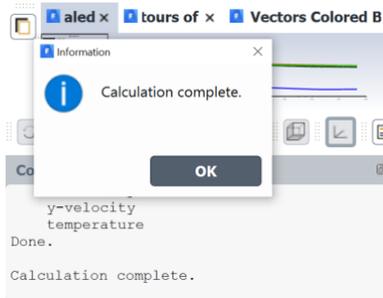
2.7. Iterasi

Iterasi merupakan total langkah simulasi yang dibutuhkan sampai analisis yang diinginkan mendapatkan nilai ataupun grafik yang stabil, dimana itu berarti bahwa dengan nilai-nilai dari tiap parameter yang dimasukkan akan menghasilkan nilai yang sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan iterasi ditunjukkan pada Gambar 11.

Pada analisis perpindahan panas ini, simulasi dilakukan hingga 423 percobaan. Bukti analisis selesai diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Pengaturan langkah simulasi



Gambar 12. Kalkulasi analisis selesai

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan

3.1.1. Nilai LMTD

Dengan parameter-parameter yang ada pada Tabel 3 dapat ditentukan nilai LMTD sistem, maka perhitungannya adalah sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$LMTD = \frac{(T_{v \text{ in}} - T_{w \text{ in}}) - (T_{v \text{ out}} - T_{w \text{ out}})}{\ln \left[\frac{T_{v \text{ in}} - T_{w \text{ in}}}{T_{v \text{ out}} - T_{w \text{ out}}} \right]} \quad (1)$$

$$LMTD = \frac{(140^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) - (56^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C})}{\ln \left[\frac{140^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}}{56^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C}} \right]}$$

$$LMTD = 53^\circ\text{C} = 326 \text{ K}$$

3.1.2. Bilangan Reynold

Diketahui kecepatan aliran fluida 5 m/s, panjang tabung lilitan dalam 4 m dan koefisien viskositas kinematik adalah $27.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$Re = (v \times l) / \mu \quad (2)$$

$$Re = \frac{5 \text{ m/s} \times 0.4 \text{ m}}{27.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 71942.45$$

dimana:

Re = bilangan Reynold

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

l = panjang tabung lilitan dalam (m)

μ = koefisien viskositas kinematik (m^2/s)

3.1.3. Koefisien Perpindahan Panas

Diketahui nilai konduktivitas termal uap nilam adalah 0.03489 W/mK dan bilangan Prandtl 0.684, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$h = 0.664 \times \frac{k}{l} \times Re^{0.5} \times Pr^{0.333} \quad (3)$$

$$h = 0.664 \times \frac{0.03489 \text{ W/mK}}{0.4 \text{ m}} \times 71942.45^{0.5} \times 0.684^{0.333}$$

$$h = 13.69 \text{ W/m}^2\text{K}$$

dimana:

h = koefisien perpindahan panas ($\text{W/m}^2\text{K}$)

k = koefisien konduksi termal zat nilam (W/mK)

Pr = bilangan Prandtl

3.1.4. Luas Permukaan Tabung Lilitan Dalam

Diketahui diameter dalam pada tabung lilitan yang berada di dalam tangki adalah 0.0381 m, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2 \quad (4)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (0.00381 \text{ m})^2$$

$$A = 0.0014 \text{ m}^2$$

dimana:

A = luas permukaan (m^2)

d_i = diameter dalam tabung lilitan (m)

3.1.5. Laju Perpindahan Kalor

Diketahui temperatur di dalam tabung lilitan adalah 413 K dan temperatur air adalah 329 K, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$q = k \times A \times \frac{(T_2 - T_1)}{l} \quad (5)$$

$$q = (0.03489 \text{ W/mK}) \times (0.0014 \text{ m}^2 \times \frac{(413 \text{ K} - 329 \text{ K})}{0.4 \text{ m}})$$

$$q = 102.58 \text{ W}$$

dimana:

q = laju perpindahan kalor (W)

T₁ = temperatur air (K)

T₂ = temperatur di dalam tabung lilitan (K)

3.1.6. Nilai Perpindahan Panas Menyeluruh

Untuk mengetahui perpindahan panas menyeluruh pada sistem menggunakan hasil perhitungan dari persamaan 1, 4 dan 5. Perhitungan dilakukan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$U = q / (A \times \Delta T_{lm}) \quad (6)$$

$$U = 102.58 \text{ W} / (0.0014 \text{ m}^2 \times 326 \text{ K})$$

$$U = 224.76 \text{ W/m}^2\text{K}$$

dimana:

U = nilai perpindahan panas menyeluruh (W/m²K)

3.1.7. Nilai NTU

Diketahui massa nilam yang disuling 50 kg dan kalor panas spesifik 2.08 J/kgK. Dengan hasil perhitungan dari persamaan 3 dan 4 dilakukan perhitungan selanjutnya sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$NTU = \frac{h \times A}{m \times c_p} \quad (7)$$

$$NTU = \frac{13.69 \text{ W/m}^2\text{K} \times 0.0014 \text{ m}^2}{50 \text{ kg} \times 2.08 \text{ J/kgK}}$$

$$NTU = 0.018$$

dimana:

NTU = Number of Transfer Units

m = massa nilam (kg)

c_p = kalor panas spesifik (J/kgK)

3.1.8. Efisiensi Sistem

Hasil dari persamaan 7 digunakan untuk melakukan perhitungan nilai efisiensi sistem. Adapun perhitungannya dilakukan sebagai berikut (Bergman dkk., 2011):

$$\varepsilon = NTU / (NTU + 2) \quad (8)$$

$$\varepsilon = 0.018 / (0.018 + 2)$$

$$\varepsilon = 0.0089 = 0.89\%$$

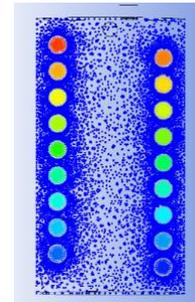
dimana:

ε = nilai efisiensi sistem

3.2. ANSYS

3.2.1. Posisi Node

Node adalah lokasi koordinat dalam ruang dimana derajat kebebasan didefinisikan, node terletak pada keseluruhan tubuh tangki maupun tabung lilitan dalam. Dengan bantuan analisis ANSYS, node-node ini bergerak karena pengaruh perubahan yang berlangsung, dalam pengerjaan ini perubahan node dikarenakan adanya perubahan temperatur. Pergerakan node-node ini dapat dilihat pada Gambar 13.

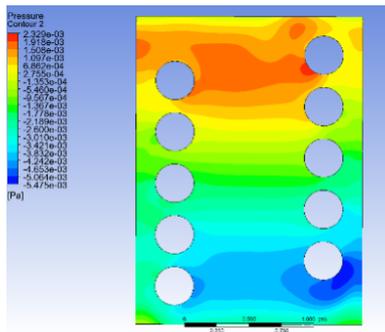


Gambar 13. Posisi node

Node yang berada pada tabung lilitan dalam bagian atas memiliki warna merah, menandakan bahwa node pada posisi tersebut memiliki temperatur yang tinggi, dan secara bertahap berubah warna sehingga node yang berada pada tabung lilitan bagian bawah berwarna biru, yang berarti temperatur sudah jauh menurun dibanding sebelumnya. Nilai temperatur LMTD yang dihasilkan dari simulasi ini sebesar 327 K.

3.2.2. Tekanan

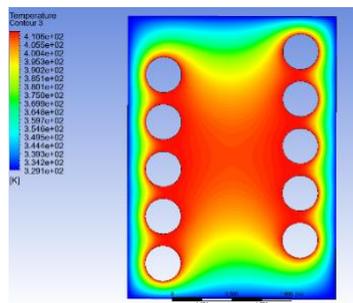
Perubahan tekanan yang terjadi selama proses penyulingan nilam berlangsung dikarenakan juga perubahan temperatur yang terjadi, dimana air yang bertindak sebagai pendingin secara bertahap menurunkan temperatur uap nilam dan juga mengubah fasa uap nilam menjadi cair. Laju perpindahan kalor yang dihasilkan melalui simulasi sebesar 103.39 W. Penggambaran dari proses perubahan tekanan dapat dilihat dari Gambar 14.



Gambar 14. Perubahan tekanan

3.2.3. Konsentrasi perpindahan panas

Selama proses berlangsung, terdapat tempat dimana proses perpindahan panas berlangsung, tempat ini dinamakan tempat konsentrasi perpindahan panas. Tempat ini merupakan tempat proses penyerapan kalor uap nilam oleh air sehingga menghasilkan minyak nilam. Dari simulasi ini menghasilkan nilai perpindahan panas secara keseluruhan sebesar 223.45 W/m²K. Gambar 15 adalah hasil penggambaran dari simulasi ANSYS yang dilakukan.



Gambar 15. Konsentrasi perpindahan panas

4. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan analisa data dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa spesimen komposit dengan serat *fiberglass* dan abu sekam padi sebagai zat penguatnya memiliki nilai konduktivitas panas yang paling kecil. Abu sekam padi dinilai paling baik digunakan sebagai zat penguat komposit isolator karena kadar silika yang lebih murni dibanding sekam padi murni ataupun yang sudah digiling dan memiliki nilai besar partikel yang kecil. Kemudian dengan penambahan rasio *filler* pada komposit berbanding lurus dengan sifat isolator komposit tersebut. Untuk penggunaan sekam padi utuh maupun sekam padi yang sudah digiling dinilai

tidak optimal untuk memperbaiki sifat *isolator* dari komposit *fiberglass*. Terlihat dari nilai konduktivitas panas spesimen yang lebih besar dibanding spesimen komposit *fiberglass*.

Untuk penelitian lanjut dapat diteliti dari beberapa faktor lain selain besar partikel maupun kandungan silika yang mempengaruhi nilai konduktivitas panas, sebagai contoh: penelitian terhadap faktor kandungan air, maupun kerapatan zat sekam padi untuk dapat memanfaatkan sekam padi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergman, T. L. dkk. (2011) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th edn. USA: John Wiley & Sons [Cetak].
- BSN, - Badan Standardisasi Nasional - (2007) *SNI 06-2385-2006: Minyak Nilam, Detail SNI*. Available at: <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/-CUSTOMER VALUE-> (Diakses: 20 March 2021).
- Elza, S.P. (2019) 'Modifikasi Metoda Newton Raphson Nonlinear Geometri pada Sistem Struktur Rangka Sendi', *Rekayasa Sipil*, 8(1), hal. 26–38.
- Handayani, T. (2007) 'Pemanfaatan Lahan Tidur Di Bawah Tegakan Hutan Rakyat Dengan Tanaman Nilam', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2), hal. 113–118.
- Idris, A., Jura, M.R. dan Said, I. (2014) 'Analisis Kualitas Minyak Nilam (Pogostemon Cablin Benth) Produksi Kabupaten Buol', *Jurnal Akademika Kimia*, 3(2), hal. 79–85.
- Mahlinda, M., Arifiansyah, V. dan Supardan, M.D. (2019) 'Modifikasi Alat Penyuling Uap untuk Peningkatan Rendemen dan Mutu Minyak Nilam (Pogostemon cablin Benth)', *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), hal. 28–35.
- Mahlinda dan Supardan, M.D. (2020) 'Distillation of Patchouli Oil Using Firewood and Liquefied Petroleum Gas as Fuel: Effects of Yield, Quality and Cost Analyses', in *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, hal. 012059–012068.
- Masruri (2015) *Simulasi Uji Kebisingan (Noise) Pada Pompa Sentrifugal Skala Rumah Tangga Menggunakan Perangkat Lunak FEM*. Thesis. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara [Cetak].
- Salim, T. dkk. (2005) 'Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Kinerja Penyulingan Minyak Nilam Di Dua Daerah', in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia. Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia*, Jakarta: Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, hal. 55–60 [Cetak].
- Souhoka, F.A., Al Aziz, A.Z. dan Nazudin, N. (2020) 'Patchouli Oil Isolation and Identification of Chemical Components Using GC-MS', *Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(2), hal. 108–113.

- Sukamta, S., Thoharudin, T. dan Nugroho, D.M. (2018) 'Simulasi CFD Aliran Stratified Air-Udara pada Pipa Horisontal', *Semesta Teknik*, 21(2), hal. 206–215.
- Supriadi, Rizal, M. dan Wahyuno, D. (2011) *Bunga Rampai Nilam (Pogostemon Cablin Benth)*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian [Cetak].
- Yuliana, D.A., Aswan, A. dan Febriana, I. (2020) 'Proses Pengambilan Minyak Atsiri Dari Tanaman Nilam (Pogostemon Cablin Benth) Menggunakan Metode Microwave Distillation', *KINETIKA*, 11(3), hal. 34–39.

