

UJI KOMPRESIBILITAS DAUN DALAM KETEL DAN BEBERAPA VARIABEL PREDIKTOR TERHADAP LAJU ALIR DISTILAT DAN RENDEMEN MINYAK KAYU PUTIH

TEST THE COMPRESSIBILITY OF LEAVES IN A KETTLE AND SOME PREDICTOR VARIABLES ON THE DISTILLATE FLOW RATE AND YIELD OF CAJUPUTI OIL

Husein Smith, Sumarsana dan Syarifuddin Idrus

Balai Riset dan Standardisasi Industri Ambon, Jl. Kebun Cengkeh Batu Merah Ambon

Email: husein.smith@yahoo.com

Diajukan: 16/10/2019; Diperbaiki: 25/10/2019; Diterima: 25/10/2019; Diterbitkan: 02/12/2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.29360/mb.v15i2.5653>

ABSTRAK

Minyak kayu putih yang dihasilkan dari proses penyulingan daun kayu putih merupakan salah satu komoditas ekspor Indonesia. Di Maluku industri penyulingan minyak kayu putih cukup banyak tersebar di beberapa kabupaten, namun teknologi penyulingan minyak kayu putih belum berkembang, masih mengikuti cara tradisional. Untuk dapat meningkatkan rendemen pada industri kecil tersebut, perlu penguasaan teknologi penyulingan minyak kayu putih. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari hubungan berbagai variabel prediktor terhadap laju alir distilat dan rendemen minyak kayu putih. Untuk mengetahui pola dan keerataan hubungan antar variabel, data penelitian di analisis menggunakan analisis regresi korelasi. Hasil penelitian menunjukkan ada pengaruh kompresibilitas dan variabel prediktor lainnya terhadap laju alir distilat dan rendemen minyak kayu putih. Kisaran rendemen setiap jam selama 4 jam penyulingan pada kompresibilitas daun dalam ketel 5% - 20% yaitu 0,63% - 0,13% dengan jumlah rendemen setelah penyulingan 1,46%. Sedangkan kisaran laju alir distilat pada kompresibilitas daun 5% - 20% dalam ketel suling adalah 14,5 ml/menit - 6,63 ml/menit.

Kata kunci: Minyak kayu putih, kompresibilitas daun, laju alir distilat

ABSTRACT

Cajuput oil that produced from the distillation process of cajuput leaves is one of Indonesia's export commodities. In Maluku, the cajuput oil refining industry is quite spread in several districts, but the cajuput oil refining technology has not yet developed, it still follows the traditional way. In order to increase the yield in small industry, it needs cajuput oil refining technology. This research was conducted to study the relationship of various predictor variables against the distillate flow rate and yield. To determine the pattern and the relationships between variables, the data were analysed using correlation regression analysis. The results showed there was an effect of compressibility and other predictor variables on the distillate flow rate and yield. The yield range per hour for 4 hours of distillation at the compressibility of leaves in the kettle of 5% - 20% produces a yield of 0.63% - 0.13% with a total yield after refining of 1.46%. While the distillate flow rate range in leaf compressibility of 5% - 20% in the distilled kettle obtained 14.5 ml / min - 6.63 ml / min.

Keywords: *Cajuput oil, Leaf compressibility, distillate flow rate*

PENDAHULUAN

Tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendron*. Linn) merupakan hasil hutan bukan kayu (Permenhut No 35 tahun 2007) yang salah satu produk olahannya adalah minyak atsiri yang dihasilkan melalui proses penyulingan daun kayu putih.

Kebutuhan minyak kayu putih saat ini semakin meningkat sejalan dengan berkembangnya variasi pemanfaatan minyak kayu putih. Kebutuhan minyak kayu putih di dalam negeri sampai saat ini masih kurang

sehingga dibutuhkan penambahan untuk memenuhi kebutuhan industri. Menurut (Rimbawanto dan Susanto 2004), suplai tahunan minyak kayu putih yang dibutuhkan Indonesia sebesar 1500 ton sedangkan Indonesia sendiri hanya mampu menyuplai sebesar 400 ton dan sisanya dipenuhi dengan mengimpor dari Negara Cina berupa minyak eucaliptus (Portal Informasi Indonesia 2018).

Potensi tanaman kayu putih di Indonesia cukup besar mulai dari daerah Maluku, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, Bali dan Papua yang berupa hutan kayu putih.

Sedangkan yang berada di Jawa Timur, Jawa Tengah dan Jawa Barat berupa hutan tanaman kayu putih (Mulyadi 2005). Di Maluku potensi kayu putih yang cukup besar, yaitu Kabupaten Buru ± 120.000 Ha, Kabupaten Seram Bagian Barat ± 50.000 Ha, Kabupaten Maluku Tenggara Barat ± 20.000 Ha dan Kabupaten Maluku Tengah ± 6000 Ha (BPS 2015). Luas hutan kayu putih di Indonesia lebih dari 248.758 Ha yang sebagian besar berada di wilayah perhutani dengan produksi 500 ton/tahun. Jumlah ini diperkirakan sebagian dari produksi minyak kayu putih di dunia, sedangkan produksi minyak dengan bahan baku dari tegakan alam di kepulauan pada tahun 2014 mencapai 21,98 ton dan meningkat menjadi 26,65 ton pada tahun 2015 (BPS 2016).

Pada pemanenan daun kayu putih di hutan tanaman atau di hutan alam dilakukan dengan dua cara, dengan cara pemetikkan sistem urut dan dengan rimbas (Amrullah 2017). Menurut (Sunanto 2003), penyimpanan daun kayu putih akan berpengaruh terhadap kualitas minyak kayu putih. Produksi minyak kayu putih dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pengisian daun dalam ketel, varietas pohon kayu putih, penyimpanan daun, teknik penyulingan, dan umur daun. Faktor-faktor inilah yang diduga berpengaruh terhadap rendemen dan mutu minyak kayu putih yang dihasilkan. Menurut (Guenther 2011) sebelum dilakukan penyulingan, bahan baku minyak atsiri dirajang kemudian dimasukkan dalam ketel dengan kondisi bahan homogen. Kualitas bahan baku daun kayu putih terutama di Jawa selama ini masih rendah hanya memiliki rendemen 0,6% - 1,0%. Sedangkan dari hasil penelitian (Arnita 2011) dengan metode destilasi uap dan air kisaran rendemen minyak kayu putih antara 0,84% sampai dengan 1,21%. Begitupun hasil penelitian (Dimas *et al* 2018), rendemen minyak kayu putih 0,79% yang diperoleh dari penyulingan daun kayu putih kering selama lima jam dengan metode uap. Rendemen penyulingan minyak kayu putih di Maluku berkisar 0,80 – 1,25% (Idrus *et al* 2015).

Kandungan komposisi minyak kayu putih juga sangat tergantung pada jenis daun, wilayah tumbuh (Kim *et al* 2005; Sudarsono 2010) dan peralatan serta cara penyulingan yang digunakan (Setyaningsih 2014). Komponen utama penyusun minyak kayu putih adalah sineol ($C_{10}H_{18}O$), pinene ($C_{10}H_{16}$), Limonene ($C_{10}H_{16}$), benzaldehyde (C_6H_5CHO) dan sesquiterpenes ($C_{15}H_{24}$). Komponen yang memiliki kandungan cukup besar di dalam minyak kayu putih yaitu sineol 50% sampai dengan 65% sehingga dijadikan penentu kualitas minyak kayu putih (Siregar dan Toifur 2016).

Menurut (Khabibi 2011), kadar sineol, bobot jenis, putaran optik, indeks bias dan kelarutan dalam alkohol sangat dipengaruhi oleh lama penyimpanan dan pengadukan daun kayu putih sebelum penyulingan serta volume air dalam ketel.

Berdasarkan kajian tersebut menunjukkan bahwa ada pengaruh silvikultur, perlakuan pasca panen daun dan teknologi penyulingan terhadap mutu dan rendemen minyak kayu putih. Mengingat rendemen dan laju alir destilat menentukan jumlah minyak yang dihasilkan dalam proses penyulingan minyak kayu putih, maka perlu diteliti penyebab terjadinya fluktuasi rendemen pada industri kecil penyulingan minyak kayu putih di Maluku. Implikasi dari informasi yang diperoleh dari penelitian ini agar dapat diketahui berbagai variabel yang berpengaruh terhadap rendemen dan laju alir air distilat pada proses penyulingan. Rendemen merupakan faktor penentu banyaknya minyak kayu putih yang dapat dihasilkan oleh industri kecil penyulingan dan hubungannya dengan optimalnya penggunaan sumber daya hutan non kayu, diharapkan hasil penelitian ini sebagai acuan para pihak yang memproduksi dan mengembangkan industri kecil penyulingan minyak kayu putih di Maluku.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian

Daun kayu putih yang digunakan dalam penelitian adalah jenis *Meleleuca leucadendron*, Linn yang diambil dari desa Suli, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah. Daun tersebut disimpan dalam karung plastik pada suhu kamar selama 5 (lima) hari dan dihangatkan/diangin-anginkan diatas lembaran plastik selama 2 (dua) hari, kemudian disuling menggunakan metode steam dan water distillation selama 4 jam. Alat suling yang digunakan terbuat dari stainless steel dengan volume pengisian bahan 0,09 m^3 . Variabel respon yang diukur meliputi rendemen minyak, laju alir distilat dan kompresibilitas daun. Peralatan yang digunakan antara lain seperangkat alat distilasi air-uap yang terdiri dari ketel suling dan kondensor, kompor primus, separator, timbangan, corong pisah, gelas ukur dan seperangkat alat laboratorium. Penelitian dilaksanakan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Ambon.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis menggunakan analisis regresi dan korelasi untuk mengetahui pengaruh dan korelasi antar variabel yang diteliti yaitu rendemen minyak, kompresibilitas daun dalam ketel suling, laju

destilat, density daun dalam ketel dan absorpsi uap air oleh daun selama penyulingan. Agar dapat mengetahui pengaruh dan derajat hubungan antara variabel dependen dan independen, maka perlu dikonstruksikan hipotesis penelitian. Dalam penelitian kuantitatif, hipotesis merupakan elemen penting sebagai peranti kerja peneliti yang perlu di uji atau dibuktikan secara empiris. Model persamaan linear aditif $\hat{Y}_i = \alpha_i + \beta X_i + \epsilon_i$, dimana \hat{Y}_i adalah hasil pengamatan, $\alpha_i = \text{intercept/konstanta}$, $\epsilon_i = \text{error}$ yaitu semua hal yang mungkin mempengaruhi variabel terikat Y yang tidak teramati oleh peneliti. Konstruksi hipotesis statistik pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Uji signifikansi korelasi antara variabel dependent dan independent

$H_0 : \rho = 0$; ada korelasi antara variabel dependent dan independent

$H_1 : \rho \neq 0$; tidak ada korelasi antara variabel dependent dan independent

2. Uji signifikansi persamaan regresi

$H_0 : \beta = 0$; persamaan regresi variabel dependent dan independent signifikan

$H_1 : \beta \neq 0$; persamaan regresi variabel dependent dan independent tidak signifikan

3. Uji linieritas garis regresi

$H_0 : \hat{Y}_i = \alpha_i + \beta X_i$; persamaan regresi variabel dependent dan independent linier

$H_1 : \hat{Y}_i \neq \alpha_i + \beta X_i$; persamaan regresi variabel dependent dan independent tidak linier

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan dari penyulingan daun kayu putih yang berasal dari Desa Suli Kabupaten Maluku Tengah menggunakan metode penyulingan steam and water distillation dengan interval pengamatan rendemen setiap jam selama 4 jam penyulingan berkisar antara 0,13% sampai dengan 0,63% dengan total rendemen sebesar 1,46%. Dari kisaran data rendemen yang dihasilkan, nilai rendemen pada penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya. Diantaranya hasil penelitian (Siahaya 2005), kisaran rendemen minyak kayu putih yang

dihasilkan dari penyulingan daun kayu putih dari Propinsi Maluku antara 0,74% sampai dengan 0,81%. Begitu juga pada hasil penelitian (Yusliansyah 2006), kisaran rendemen yang dihasilkan dari penyulingan daun kayu putih Samarinda dan Tanjung Redeb yaitu antara 0,72% sampai 0,86%, lebih tinggi 0,23 % dari hasil penelitian (Muyossoroh 2016) yang menggunakan daun kayu putih *Melaleuca leucadendron* kuncup merah dengan metode destilasi uap selama 4 jam tekanan 2 kg/cm². Sedangkan Hasil penelitian (Khabibi 2011), kisaran rendemen yang dihasilkan dari daun kayu putih jenis *Meleleuca leucadendron* Linn. umur 5 bulan yang diperoleh dari BKPH jatimunggul, KPH Indramayu, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten yaitu 1,01% sampai 1,16% lebih tinggi dari hasil penelitian terdahulu namun rendemen yang diperoleh sedikit lebih rendah dari hasil penelitian ini. Hasil penelitian (Idrus et al 2016), penyulingan daun kayu putih dari Kabupaten Buru menghasilkan rendemen 1,24% lebih tinggi dari beberapa penelitian terdahulu namun rendemen yang diperoleh masih lebih rendah 0,22% dibandingkan hasil penelitian ini.

Perbedaan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan dari penelitian ini dibandingkan beberapa penelitian sebelumnya disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya lama waktu penyulingan, perlakuan daun sebelum di suling, jenis dan habitat pohon kayu putih serta teknologi penyulingan. Pada penelitian (Yusliansyah 2006), metode penyulingan yang digunakan sama dengan metode penyulingan pada penelitian ini, yaitu penyulingan kukus tetapi lama waktu penyulingan yang digunakan berbeda menghasilkan rendemen yang berbeda. Menurut (Sunanto 2003), dari pengamatan rendemen dan kualitas minyak diketahui bahwa lama penyulingan daun kayu putih yang optimum untuk menghasilkan minyak kayu putih adalah 3 sampai 4 jam. Pada penelitian ini digunakan lama waktu penyulingan selama 4 jam sedangkan pada penelitian Yusliansyah hanya dilakukan penyulingan selama 2 jam. Hal inilah yang terindikasi menyebabkan nilai rendemen pada penelitian yang dilakukan Yusliansyah lebih kecil. Sedangkan rendahnya rendemen yang diperoleh pada penelitian terdahulu bila dibandingkan rendemen yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 1,46%, patut di duga disebabkan karena adanya kontribusi dari beberapa faktor secara bersamaan diantaranya treatment daun sebelum penyulingan, habitat pohon kayu putih, dan kondisi proses penyulingan. Dugaan ini terbukti dari hasil

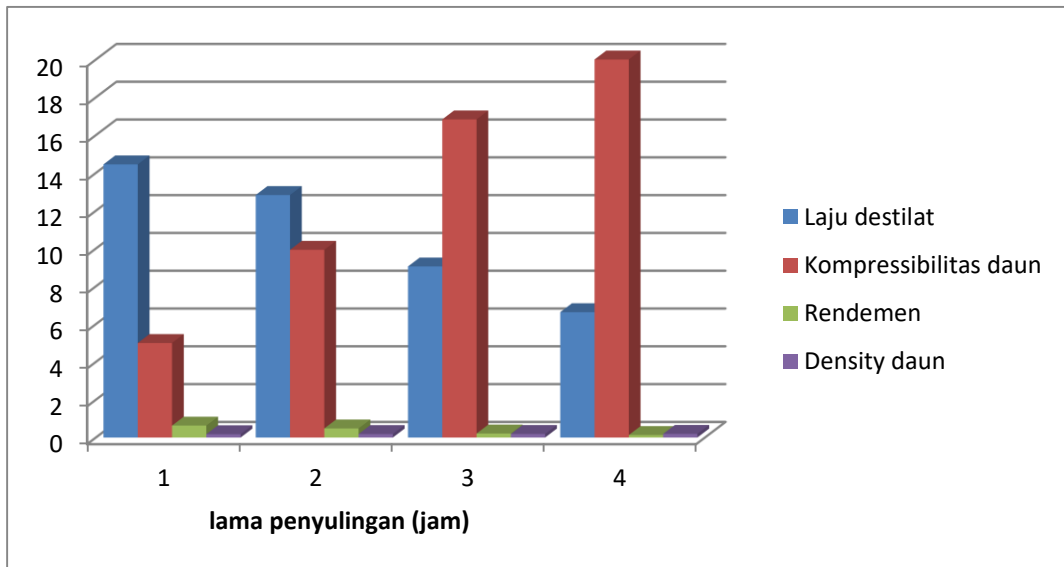
penelitian (Khabibi 2011) yang menunjukkan bahwa perlakuan daun kayu putih sebelum penyulingan berpengaruh terhadap rendemen minyak. Makin lama daun *M. leucadendron* Linn disimpan, rendemen minyak yang dihasilkan semakin menurun. Menurut (Nurdjannah 2006), faktor yang mempengaruhi rendemen dan mutu minyak kayu putih, diantaranya cara penyulingan, lingkungan tempat tumbuh, waktu pemetikan daun dan penanganan bahan sebelum penyulingan

Selain pengaruh beberapa faktor yang telah disebutkan terhadap rendemen minyak kayu putih, faktor density daun dalam ketel suling turut mempengaruhi rendemen minyak yang dihasilkan. Faktor densitas ini berhubungan erat dengan kompresibilitas daun dalam ketel selama proses penyulingan. Hasil pengamatan pengaruh lama penyulingan terhadap rendemen minyak kayu putih, laju alir destilat, kompresibilitas dan density daun dalam ketel suling, terlihat pada gambar 1.

Hasil penelitian yang terlihat pada Histogram menunjukkan bahwa ada kontribusi dari lama penyulingan terhadap rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan, makin lama penyulingan makin kecil rendemen yang dihasilkan. Rendemen terbesar diperoleh pada lama penyulingan 1 jam pertama dari 4 jam

penyulingan yaitu 0,63%, kemudian terjadi penurunan rendemen seiring dengan bertambahnya waktu penyulingan 2 – 4 jam yaitu 12,83%, 9,05% dan 6,63%. Hal ini disebabkan karena makin lama waktu penyulingan, makin banyak jumlah minyak yang terekstrak keluar dari kelenjar minyak di dalam tanaman (kantong minyak) sehingga jumlah minyak yang tersisa dalam kelenjar makin sedikit. Perubahan rendemen akibat dari bertambahnya waktu penyulingan yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Utomo dan Mujiburachman 2018), bahwa semakin lama waktu penyulingan daun kayu putih kering maupun basah maka volume minyak kayu putih yang diperoleh semakin banyak. Selanjutnya disebutkan bahwa rendemen minyak kayu putih tertinggi yaitu 0,79% diperoleh dari hasil penyulingan daun kayu putih kering dengan waktu 5 jam.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variabel lama waktu penyulingan terhadap rendemen dan keeratan hubungan antara kedua variabel tersebut serta linearitas garis regresi, dilakukan analisis regresi korelasi (Tabel 1).



Gambar 1. Hubungan antara lama penyulingan minyak kayu putih dengan berbagai variabel

Tabel 1. Rekapitulasi Analisis Regresi dan Korelasi Pada Berbagai Variabel

Variabel	Model hubungan	Koef. korelasi	Koefisien determinasi	Regresi	
				F_{hit}	signifikansi
Rendemen vs kompresibilitas daun dalam ketel	$\hat{Y} = 0,81 - 0,034X$	-0,998**	0,996	174,38**	0,002
Rendemen vs lama suling	$\hat{Y} = 0,81 - 0,18X$	-0,981*	0,963	51,96*	0,020
kompresibilitas daun vs Absorpsi	$\hat{Y} = -0,07 - 2,35X$	0,991**	0,984	119,36**	0,008

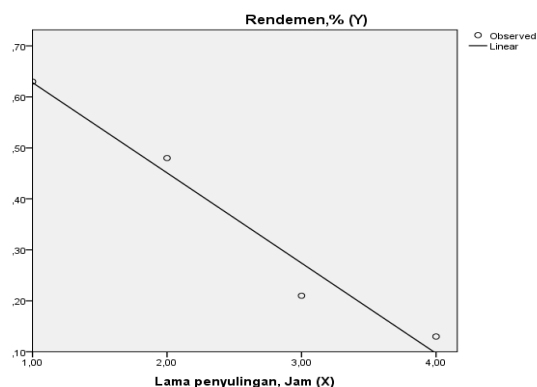
uap air					
Laju alir destilat vs kompressibilitas daun	$\hat{Y} = 17,52 - 0,523X$	-0,991**	0,981	105,36*	0,009
Laju alir destilat vs lama suling	$\hat{Y} = 17,60 - 2,74X$	-0,990**	0,981	101,02*	0,010
Kompressibilitas daun vs lama suling	$\hat{Y} = -0,04 + 5,19X$	0,991**	0,982	112,29**	0,009
Rendemen vs density daun dalam ketel	$\hat{Y} = 6,77 - 34,92X$	-0,952*	0,907	19,48*	0,048
Rendemen vs laju alir destilat	$\hat{Y} = -0,33 + 0,064X$	0,991*	0,975	81,96*	0,012

Hasil analisis uji signifikansi regresi menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat nyata antara lama penyulingan dengan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan hubungan antara variabel dependent dan variabel independent adalah linear, artinya bahwa model regresi tersebut dapat dipakai untuk memprediksi variabel rendemen minyak kayu putih berdasarkan lama waktu penyulingan. Dari analisis ini terbukti secara empiris bahwa hipotesis H_1 yaitu hubungan antara variabel dependen dan independen tidak berarti ditolak pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis H_0 diterima bahwa hubungan kedua variabel tersebut berarti.

Hasil uji keberartian koefisien korelasi rendemen dengan lama penyulingan minyak kayu putih menunjukkan bahwa koefisien korelasi kedua variabel tersebut nyata ($\rho < 0,05$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ yaitu tidak ada korelasi rendemen dengan lama penyulingan, ditolak pada tingkat kepercayaan 95% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi) diterima pada level yang sama. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan yang erat antara rendemen yang dihasilkan dengan lama penyulingan minyak kayu putih. Keerataan hubungan ini terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yaitu $-0,981^*$

dan $0,963$. Dari koefisien determinasi menunjukkan bahwa $96,30\%$ variasi yang terjadi pada rendemen minyak kayu putih dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh lamanya penyulingan minyak kayu putih.

Selanjutnya dilakukan uji linearitas garis regresi untuk mengetahui trend garis hubungan kedua variabel tersebut (tabel 1). Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (hubungan antar variabel linear) diterima pada tingkat kepercayaan 95% ($\rho < 0,05$) dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (hubungan antar variabel tidak linier) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang nyata lama penyulingan minyak kayu putih terhadap rendemen yang dihasilkan. Uji signifikansi persamaan regresi antara kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa hipotesis $H_0 : \beta = 0$ (persamaan regresi variabel dependent dan independent signifikan) diterima pada level kepercayaan 95%, artinya persamaan regresi antara rendemen dan lama penyulingan minyak kayu putih signifikan. Hubungan antara rendemen dan lama penyulingan minyak kayu putih mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungannya $\hat{Y} = 0,81 - 0,18X$. Kurva hubungan antara kedua variabel tersebut seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan rendemen dengan lama penyulingan minyak kayu putih

Selain dari variabel lama waktu penyulingan yang mempengaruhi rendemen minyak kayu putih, variabel independent lainnya yaitu kompresibilitas daun dalam ketel selama proses penyulingan turut berkontribusi terhadap nilai rendemen minyak.

Hasil penelitian uji kompresibilitas daun dalam ketel terhadap rendemen minyak kayu putih menunjukkan bahwa terjadi penurunan rendemen minyak kayu putih seiring dengan peningkatan kompresibilitas daun dalam ketel suling. Rendemen minyak kayu putih tertinggi yaitu 0,63% diperoleh pada kompresibilitas daun 5% dalam ketel dengan lama penyulingan 1 jam dari 4 jam penyulingan. Kemudian terjadi peningkatan kompresibilitas daun dalam ketel dengan bertambahnya waktu setiap jam penyulingan yaitu 9,93%, 16,83% dan tertinggi 20% terjadi pada lama penyulingan 4 jam menghasilkan rendemen minyak berturut-turut 0,48%, 0,21% dan 0,13%. Perbedaan rendemen pada setiap kompresibilitas daun dalam ketel disebabkan karena ada perbedaan porositas/rongga antar daun dalam ketel suling. Hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran density daun, dimana makin tinggi density daun dalam ketel, makin tinggi pula kompresibilitas daun. Density daun terendah terdapat pada penyulingan minyak selama 1 jam dari 4 jam penyulingan yaitu $0,175 \text{ g/cm}^3$ kemudian density tersebut akan bertambah sesuai penambahan waktu penyulingan sampai mencapai density daun tertinggi yaitu $0,190 \text{ g/cm}^3$ pada akhir penyulingan.

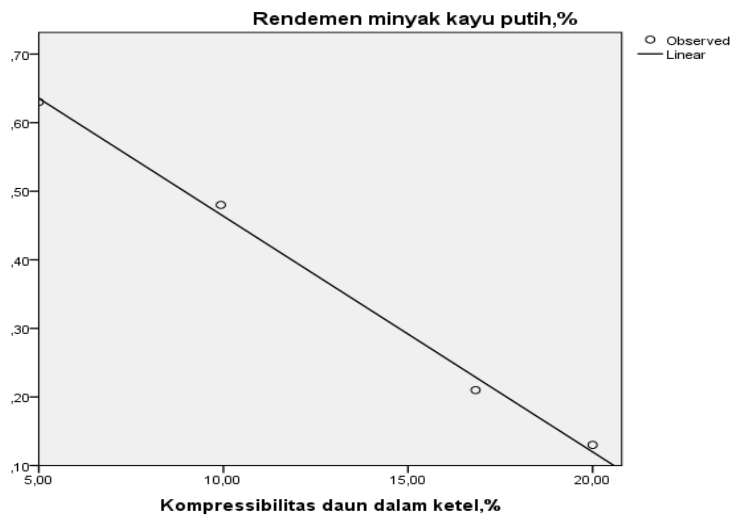
Makin tinggi kompresibilitas daun, makin kecil porositas/rongga antar daun dan makin tinggi kerapatan daun dalam ketel suling yang akan mempengaruhi hidrodifusi pada proses penyulingan dan akhirnya turut berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Menurut (Basrah dan Mustafa 1996), pada saat penyulingan uap dilakukan minyak atsiri masih tersimpan didalam sel-sel bahan. Agar minyak atsiri dapat tersuling bersama uap air, uap tersebut harus kontak dengan minyak atsiri dan akan terjadi penetrasi uap kedalam bahan menembus membran sel kemudian mendorong minyak atsiri keluar melalui hidrodifusi. Hasil penelitian (Smith dan Idrus 2017) bahwa penyulingan minyak pala dengan kerapatan biji yang berbeda dalam ketel suling berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen dan sifat fisika minyak pala.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari kompresibilitas dan density daun dalam ketel suling terhadap rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan, dilakukan analisis korelasi antar variabel-variabel tersebut. Hasil analisis uji signifikansi regresi menunjukkan

bahwa ada hubungan yang sangat nyata antara kompresibilitas daun dalam ketel dengan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan (Tabel 1). Hal ini menunjukkan hubungan antara rendemen minyak kayu putih dan kompresibilitas daun dalam ketel adalah linear, artinya bahwa model regresi tersebut dapat dipakai untuk memprediksi variabel rendemen minyak kayu putih berdasarkan kompresibilitas daun dalam ketel suling. Dari analisis ini terbukti bahwa hipotesis H_1 yaitu *hubungan antara rendemen dan kompresibilitas daun dalam ketel suling tidak berarti*, ditolak pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis H_0 diterima bahwa hubungan kedua variabel tersebut berarti.

Hasil uji keberartian koefisien korelasi antara rendemen dan kompresibilitas daun dalam ketel menunjukkan bahwa koefisien korelasi kedua variabel tersebut sangat nyata ($\rho < 0,01$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ yaitu tidak ada korelasi rendemen dengan kompresibilitas daun dalam ketel, ditolak pada tingkat kepercayaan 99% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi kedua variabel tersebut) diterima pada level yang sama. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan yang erat antara rendemen yang dihasilkan dengan kompresibilitas daun kayu putih selama penyulingan. Keerataan hubungan ini terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yaitu $-0,998^{**}$ dan $0,996$. Dari koefisien determinasi menunjukkan bahwa 96,60% variasi yang terjadi pada rendemen minyak kayu putih dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh kompresibilitas daun dalam ketel.

Selanjutnya dilakukan uji linearitas garis regresi untuk mengetahui trend garis hubungan kedua variabel tersebut (tabel 1). Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (*hubungan variabel linier*) diterima pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (*hubungan variabel dependen dan independen tidak linier*) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang nyata kompresibilitas daun kayu putih dalam ketel terhadap rendemen yang dihasilkan. Hubungan antara rendemen dan kompresibilitas daun dalam ketel suling mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungannya $\hat{Y} = 0,81 - 0,034X$. Kurva hubungan antara kedua variabel tersebut seperti terlihat pada Gambar 3.

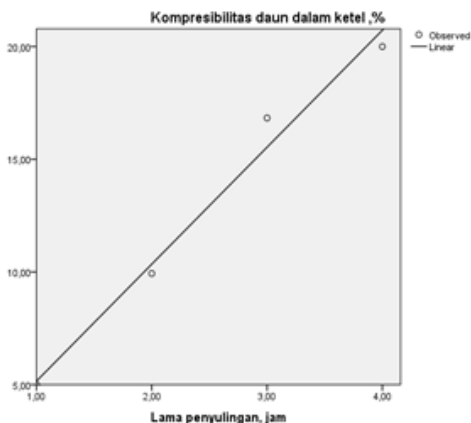


Gambar 3. Hubungan rendemen minyak kayu putih dan kompresibilitas daun dalam ketel suling

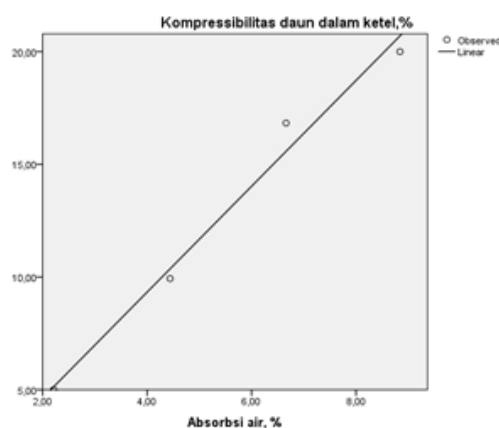
Hasil penelitian menunjukkan pula bahwa terjadinya kompresibilitas daun dalam ketel suling disebabkan karena adanya absorpsi uap air oleh daun kayu putih pada proses hidrodifusi, sedangkan besarnya persentase kompresibilitas daun dalam ketel dipengaruhi oleh lama waktu penyulingan. Hasil uji hubungan daya absorpsi air dengan kompresibilitas daun dalam ketel suling menunjukkan bahwa adanya trend linear positif antara kedua variabel tersebut. kompresibilitas daun dalam ketel suling terkecil yaitu 5% terjadi karena adanya absorpsi air 2,21% oleh daun selama penyulingan 1 jam. Kemudian daya absorpsi uap air oleh daun dalam ketel akan beranjak naik dengan bertambahnya waktu penyulingan 2 sampai dengan 4 jam yaitu 4,41% sampai dengan 8,84% dengan kompresibilitas daun berturut-turut 9,93% dan 20%.

Hasil analisis uji signifikansi regresi antar variabel tersebut menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat nyata antara

kompresibilitas daun dalam ketel dengan daya absorpsi uap air dan lama waktu penyulingan minyak kayu putih (Tabel 1). Hal ini menunjukkan hubungan antara kompresibilitas daun dalam ketel dengan lama penyulingan dan absorpsi uap air oleh daun selama proses penyulingan adalah linear, artinya bahwa model regresi tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kompresibilitas daun dalam ketel suling berdasarkan lama waktu penyulingan dan daya absorpsi uap air oleh daun. Dari analisis ini terbukti bahwa H_1 yaitu *hubungan antara lama penyulingan minyak kau putih dan kompresibilitas daun dalam ketel suling tidak berarti*, ditolak pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis H_0 diterima bahwa hubungan kedua variabel tersebut berarti. Begitupun hubungan antar kompresibilitas daun dengan daya absorpsi uap air oleh daun selama proses penyulingan.



Gambar 4. Hubungan lama penyulingan dan Kompresibilitas daun dalam ketel suling



Gambar 5. Hubungan daya absorpsi uap air dan Kompresibilitas daun dalam ketel suling

Selanjutnya dilakukan uji linearitas garis regresi untuk mengetahui trend garis hubungan kedua variabel tersebut (tabel 1). Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (hubungan variabel linear) diterima pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (hubungan variabel dependent dan independen tidak linear) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang sangat nyata lama waktu penyulingan dan daya serap uap air oleh daun selama penyulingan minyak kayu putih terhadap kompresibilitas daun dalam ketel. Hubungan antara kompresibilitas daun dalam ketel suling dengan lama waktu penyulingan dan absorpsi uap air oleh daun selama penyulingan mengikuti tren garis linear dengan model hubungannya $Y = 0,04 + 5,19X$. (kompresibilitas daun vs lama penyulingan) dan $Y = -0,07 + 5,19X$. (kompresibilitas daun vs absorpsi uap air oleh daun dalam ketel). Kurva hubungan kompresibilitas daun dalam ketel dengan kedua variabel tersebut seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5.

Hasil uji keberartian koefisien korelasi kompresibilitas daun kayu putih dalam ketel dengan lama penyulingan minyak kayu putih menunjukkan bahwa koefisien korelasi kedua variabel tersebut sangat nyata ($\rho < 0,01$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi kompresibilitas daun dengan lama penyulingan), ditolak pada tingkat kepercayaan 99% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi) diterima pada level yang sama. Begitupun uji keberartian koefisien korelasi antara kompresibilitas daun dengan daya absorpsi air oleh daun dalam ketel suling. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan yang erat antara kompresibilitas daun kayu putih dalam ketel dengan lama penyulingan dan daya absorpsi air. Keerataan hubungan antar variabel tersebut terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi masing-masing yaitu 0,991** dan 0,982 (kompresibilitas vs lama waktu penyulingan) dan 0,992** dan 0,984 (kompresibilitas vs daya absorpsi air oleh daun dalam ketel). Dari koefisien determinasi ini terungkap bahwa ada pengaruh variabel lain selain dari variabel lama penyulingan dan daya absorpsi air oleh daun selama penyulingan masing-masing sebesar 1,8% dan 1,6% terhadap kompresibilitas daun dalam ketel suling. Pengaruh faktor lain tersebut diantaranya species daun kayu putih, kerapatan daun dalam ketel, jumlah dan besarnya tekanan uap dalam ketel suling. Dari koefisien determinasi menunjukkan pula bahwa 98,20% variasi yang terjadi pada kompresibilitas daun kayu putih dalam ketel dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh lamanya penyulingan minyak

kayu putih dan 98,40% dapat dijelaskan oleh daya absorpsi uap air oleh daun dalam ketel suling selama proses penyulingan.

Laju alir distilat

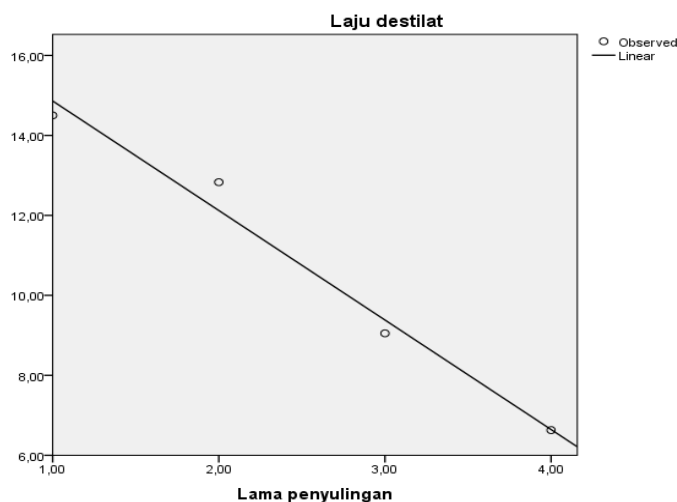
Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir air distilat setiap jam selama 4 jam penyulingan minyak kayu putih berkisar antara 6,63 ml/menit s/d 14,5 ml/menit. Laju alir distilat tercepat yaitu 14,5 ml/menit diperoleh pada lama penyulingan 1 jam kemudian terjadi penurunan laju alir distilat dengan bertambahnya waktu penyulingan setiap jam yaitu 12,83 ml/menit (2 jam), 9,05 ml/menit (3 jam) dan 6,63 ml/menit (4 jam). Hal ini menunjukkan bahwa lama penyulingan minyak kayu putih berkontribusi terhadap laju alir distilat. Seberapa besar kontribusi dari variabel lama penyulingan terhadap laju alir distilat, dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui keerataan hubungan dan persentase pengaruhnya terhadap variabel respon.

Hasil analisis uji signifikansi regresi menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat nyata antara lama penyulingan dengan laju alir distilat minyak kayu putih yang dihasilkan (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan hubungan antara variabel dependent dan variabel independent adalah linear, artinya bahwa model regresi tersebut dapat dipakai untuk memprediksi variabel laju alir distilat minyak kayu putih berdasarkan lama waktu penyulingan. Dari analisis ini terbukti bahwa hipotesis H_1 yaitu hubungan antara variabel laju alir distilat dan lama penyulingan tidak berarti ditolak pada tingkat kepercayaan 99% dan hipotesis H_0 diterima bahwa hubungan kedua variabel tersebut berarti.

Uji keberartian koefisien korelasi laju alir distilat dengan lama penyulingan minyak kayu putih menunjukkan bahwa koefisien korelasi kedua variabel tersebut sangat nyata ($\rho < 0,01$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ yaitu tidak ada korelasi laju alir distilat dengan lama penyulingan, ditolak pada tingkat kepercayaan 99% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi) diterima pada level yang sama. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan yang erat antara laju alir distilat yang dihasilkan dengan lama penyulingan minyak kayu putih. Keerataan hubungan ini terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yaitu $-0,990^{**}$ dan 0,981. Dari koefisien determinasi menunjukkan bahwa 98,10% variasi yang terjadi pada laju alir distilat minyak kayu putih dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh lamanya penyulingan minyak kayu putih.

Uji linearitas garis regresi untuk mengetahui trend garis hubungan kedua variabel tersebut (tabel 1). Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (hubungan laju alir distilat dan lama waktu penyulingan linear) diterima pada tingkat kepercayaan 95% ($\rho < 0,05$) dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (hubungan antar variabel tidak linier) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang nyata lama waktu penyulingan minyak kayu putih terhadap laju alir distilat yang dihasilkan. Uji signifikansi persamaan regresi antara kedua variabel

tersebut menunjukkan bahwa hipotesis $H_0 : \beta = 0$ (persamaan regresi variabel dependent dan independent signifikan) diterima pada level kepercayaan 95%, artinya persamaan regresi antara laju alir distilat dan lama penyulingan minyak kayu putih signifikan. Hubungan antara laju alir distilat dan lama penyulingan minyak kayu putih mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungannya $\hat{Y} = 17,60 - 2,74X$. Kurva hubungan antara kedua variabel tersebut seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan lama penyulingan minyak kayu putih dan laju alir distilat.

Dari hasil penelitian menunjukkan pula bahwa ada hubungan antara laju disitilat dengan rendemen minyak kayu putih. Hasil uji laju alir distilat terhadap rendemen minyak kayu putih menunjukkan bahwa terjadi penurunan rendemen minyak kayu putih seiring dengan penurunan laju alir disitilat. Rendemen minyak kayu putih tertinggi yaitu 0,63% diperoleh pada laju alir distilat 14,5 ml/menit dengan lama penyulingan 1 jam dari 4 jam penyulingan. Kemudian terjadi penurunan rendemen minyak 0,48%, 0,21% dan tertendah 0,13% seiring dengan berkurangnya laju alir distilat dari 12,83 ml/menit, 9,05 ml/menit dan terendah 6,63 ml/menit terjadi pada lama penyulingan 4 jam. Perbedaan rendemen pada setiap laju alir distilat selama waktu penyulingan 1 – 4 jam disebabkan karena ada perbedaan banyaknya minyak yang terekstrak dari kantong minyak dalam daun pada setiap laju alir distilat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Tutuarima *et al* 2008) bahwa ada hubungan yang erat antara tekanan dan laju alir uap air (laju distilat) terhadap rendemen dan waktu penyulingan minyak akar wangi. Semakin tinggi tekanan dan laju distilat semakin tinggi rendemen yang dihasilkan.

Ada tidaknya hubungan antara kedua variabel tersebut dilakukan analisis uji signifikansi regresi yang hasilnya menunjukkan bahwa ada hubungan linear antara laju alir distilat selama penyulingan dengan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan, artinya bahwa model regresi tersebut dapat dipakai untuk memprediksi rendemen minyak kayu putih berdasarkan laju alir distilat. Dari analisis ini terbukti bahwa hipotesis H_1 yaitu hubungan antara variabel laju alir distilat dan rendemen tidak berarti ditolak pada tingkat kepercayaan 95% dan hipotesis H_0 diterima bahwa hubungan kedua variabel tersebut berarti ($\rho < 0,05$)

Uji keberartian koefisien korelasi laju alir distilat dengan rendemen minyak kayu putih menunjukkan bahwa koefisien korelasi kedua variabel tersebut nyata ($\rho < 0,05$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ yaitu tidak ada korelasi laju alir distilat dengan rendemen, ditolak pada tingkat kepercayaan 95% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi) diterima pada level yang sama. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan

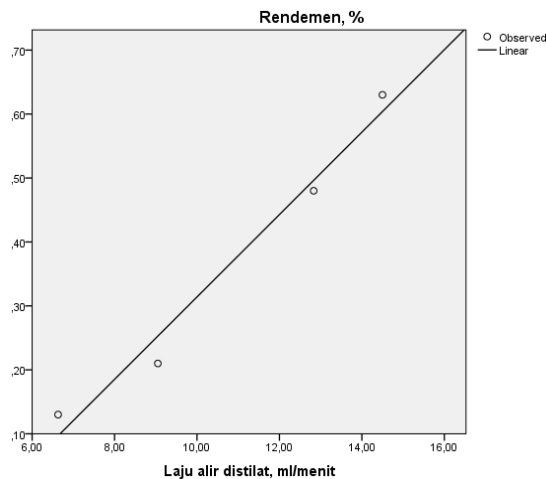
yang erat antara rendemen dengan laju alir distilat. Keerataan hubungan ini terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yaitu $-0,988^*$ dan $0,975$. Dari koefisien determinasi menunjukkan bahwa $97,50\%$ variasi yang terjadi pada rendemen minyak kayu putih dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh laju alir distilat. Selanjutnya dilakukan uji linearitas garis regresi untuk mengetahui trend garis hubungan kedua variabel tersebut (tabel 1). Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (*hubungan laju alir distilat dan lama waktu penyulingan linear*) diterima pada tingkat kepercayaan 95% ($\rho < 0,05$) dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (*hubungan antar variabel tidak linier*) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang nyata lama waktu penyulingan minyak kayu putih terhadap laju alir distilat yang dihasilkan. Uji signifikansi persamaan regresi antara kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa hipotesis $H_0 : \beta = 0$ (*persamaan regresi variabel dependent dan independent signifikan*) diterima pada level kepercayaan 95% , artinya persamaan regresi antara laju alir distilat dan lama penyulingan minyak kayu putih signifikan. Hubungan antara laju alir distilat dan lama penyulingan minyak kayu putih mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungannya $\hat{Y} = 17,60 - 2,74X$.

Dari hasil penelitian terlihat pula bahwa laju alir distilat pada penyulingan minyak kayu putih dipengaruhi oleh kompresibilitas daun dalam ketel suling selama penyulingan berlangsung. Laju alir distilat tercepat yaitu $14,5$ ml/menit diperoleh pada kompresibilitas daun 5% dalam ketel dengan lama penyulingan satu jam, kemudian terjadi penurunan laju alir distilat dari $12,83$ ml/menit s/d $6,63$ ml/menit seiring dengan terjadinya peningkatan kompresibilitas

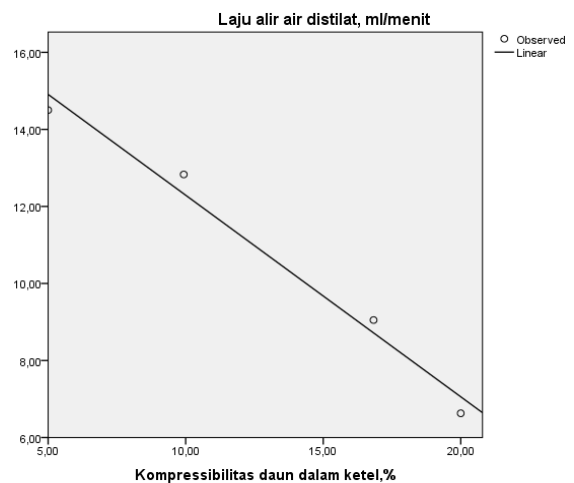
daun dalam ketel suling dari $9,93\%$ menjadi 20% akibat dari bertambahnya waktu penyulingan selama 3 jam. Perbedaan ini disebabkan karena makin tinggi kompresibilitas daun dalam ketel mengakibatkan makin sedikit jumlah rongga antar daun dan makin padat daun tersebut. Hal inilah yang mempengaruhi jumlah distribusi uap air dalam ketel suling yang akan keluar sebagai air distilat.

Tren garis hubungan antara kedua variabel tersebut, dilakukan uji linearitas garis regresi. Hasil uji linearitas terbukti bahwa hipotesis $H_0 : Y = \alpha + \beta X$ (*hubungan laju alir distilat dan kompresibilitas daun dalam ketel linear*) diterima pada tingkat kepercayaan 99% ($\rho < 0,01$) dan hipotesis $H_1 : Y \neq \alpha + \beta X$ (*hubungan antar variabel tidak linier*) ditolak pada level kepercayaan yang sama, artinya ada pengaruh yang sangat nyata kompresibilitas daun dalam ketel terhadap laju alir distilat minyak kayu putih. Uji signifikansi persamaan regresi antara kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa hipotesis

$H_0 : \beta = 0$ (*persamaan regresi variabel dependent dan independent signifikan*) diterima pada level kepercayaan 99% , artinya persamaan regresi antara laju alir distilat dan kompresibilitas daun dalam ketel suling sangat signifikan. Hubungan antara laju alir distilat dan kompresibilitas daun dalam ketel mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungan $\hat{Y} = 17,52 - 0,523X$. Sedangkan hubungan laju alir distilat dengan rendemen minyak kayu putih, model hubungannya $\hat{Y} = -0,33 + 0,064X$. Kurva estimasi hubungan kompresibilitas daun dalam ketel dengan laju alir air distilat dan rendemen dengan laju alir distilat selama penyulingan terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Hubungan kompresibilitas daun dalam ketel suling dan laju alir distilat



Gambar 7. Hubungan rendemen minyak kayu putih dan laju alir distilat

Keeratan hubungan antara kompresibilitas daun dalam ketel suling dengan laju alir distilat dilakukan uji keberartian koefisien korelasi antara kedua variabel tersebut yang hasilnya menunjukkan bahwa koefisien korelasinya nyata ($\rho < 0,05$). Hasil uji ini membuktikan hipotesis $H_0 : \rho = 0$ yaitu tidak ada korelasi laju alir distilat dengan kompresibilitas daun dalam ketel suling, ditolak pada tingkat kepercayaan 95% sebaliknya hipotesis $H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi) diterima pada level yang sama. Diterimanya hipotesis H_1 menunjukkan pula ada hubungan yang erat antara kompresibilitas daun dalam ketel suling dengan laju alir distilat. Keeratan hubungan ini terbukti dari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yaitu $-0,991^*$ dan $0,981$. Dari koefisien determinasi menunjukkan bahwa 98,81% variasi yang terjadi pada laju alir distilat minyak kayu putih dipengaruhi/dapat dijelaskan oleh kompresibilitas daun dalam ketel suling. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rendemen minyak kayu putih dipengaruhi oleh berbagai variabel prediktor yang turut berkontribusi terhadap besarnya rendemen yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Rendemen yang dihasilkan pada penyulingan minyak kayu putih dipengaruhi oleh kompresibilitas daun dalam ketel suling, lama waktu penyulingan dan laju alir destilat. Makin tinggi kompresibilitas daun dalam ketel, makin kecil rendemen minyak kayu putih dan makin lambat laju alir destilat. Hubungan kompresibilitas daun dalam ketel dengan rendemen minyak kayu putih yang disuling selama 4 (empat) jam mengikuti tren garis linear negatif dengan model hubungan $\hat{Y} = 0,81 - 0,034X$; $R = -0,998^*$. Rendemen tertinggi yaitu 0,63% diperoleh pada kompresibilitas 5% dengan lama waktu suling 1 (satu) jam dari 4 jam penyulingan kemudian terjadi penurunan rendemen setiap penambahan waktu suling yaitu 0,48%, 0,21% dan terkecil 0,13% pada akhir penyulingan dengan jumlah rendemen 1,46%. Sedangkan hubungan laju alir distilat dengan kompresibilitas daun dalam ketel yang disuling selama 4 (empat) jam mengikuti trend garis linear negatif dengan model hubungan $\hat{Y} = 17,52 - 0,523X$; $R = -0,991^{**}$. Laju alir air distilat tercepat yaitu 14,5 ml/menit diperoleh pada kompresibilitas 5% dengan waktu suling 1 (satu) jam dari 4 jam penyulingan kemudian laju variabel respon tersebut menurun menjadi 12,83 ml/menit, 9,05

ml/menit searah dengan bertambahnya waktu suling dan terlama yaitu 6,63 ml/menit pada akhir penyulingan dengan kompresibilitas daun dalam ketel suling 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- Armita, P. 2011. "Pengaruh Varietas Dan Kerapatan Daun Kayu Putih Dalam Ketel Terhadap Rendemen Dan Mutu Minyak Kayu Putih". Departemen hasil hutan, Fakultas kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BPS. 2015. "Maluku Dalam Angka 2015". Badan pusat statistik.
- BPS, 2016. "Maluku Dalam Angka 2016". Badan Pust Statistik.
- Enie A, Basarah dan Achmad Moestafa. 1996. "Teknologi Penyulingan Minyak Kayu putih, Mutu Dan Perdagangannya". Makalah Pengembangan Minyak Atsiri Di Kawasan Timur Industri"
- Guenther E. 2011. *Minyak Atsiri Jilid 1*. Ketaren S, penerjemah. Jakarta: Universitas Indonesia Press. Terjemahan dari: *Essential Oil*.
- Idrus, S., Torry, F.R., Radiana, M.S.Y., Rutumalesy, D.J., Palisoa, M.K., de Fretes, A. 2015. "Finger Print Dan Perbaikan Proses Penyulingan Minyak Kayu Putih Khas Maluku". Baristand Industri Ambon. Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri.
- Kim, J.H., Liu, K.H., and Yoon, Y. 2005. "Essential Leaf Oils From *Melaleuca cajuputi*". Proc. WOCMAP III. Traditional Medicine and Nutraceutical 6 : 65 – 72.
- Khabibi, J. 2011. "Pengaruh Penyimpanan Daun dan Volume Air Penyulingan Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak kayu Putih". Departemen Hasil Hutan. (Skripsi) Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Mulyadi T. 2005. "Studi pengelolaan kayu putih *Melaleuca leucadendron* Linn. Berbasis ekosistem di BDH Karangmojo, Gunung Kidul". Yogyakarta. Thesis Program Pascasarjana S2 Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak diterbitkan.

- Muyassaroh, 2016. "Distilasi Daun Kayu Putih Dengan Variasi Tekanan Operasi Dan Kekeringan Bahan Untuk Mengoptimalkan Kadar Sineol Dalam Minyak Kayu Putih". *Jurnal Teknik Kimia* Vol.10 (2): 36 – 40.
- Portal Informasi Indonesia, 2018. Pengembangan Industri Minyak Atsiri Menanti Sentuhan <https://indonesia.go.id/narasi/indonesia-dalam-angka/ekonomi/minyak-atsiri-menanti-sentuhan>. Diakses tgl 11 juni 2019.
- Nurdjannah N. 2006. "Minyak Ylang-ylang dalam Aromaterapi dan Prospek Pengembangannya di Indonesia". Di dalam: Prosiding Konferensi Nasional Minyak Atsiri 18-20 September 2006 Solo.
- Rimbawanto, A., Susanto, M. 2004. "Pemuliaan *Melaleuca cajuputi* subsp *cajuputi* untuk Pengembangan Industri Minyak Kayu Putih Indonesia". Prosiding Ekspose Hasil Litbang Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Hal.83-92. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan PemuliaanTanaman Hutan. Yogyakarta.
- Siregar, N. H., dan Trifor, M. 2016. "Penentuan Perbandingan Tingkat Kemurnian Minyak Kayu Putih Tradisional Dengan Produksi Pabrik Menggunakan Prinsip Spektroskopi VIS". *Proceding Pertemuan Ilmiah XXX HFI Jateng dan DIY* (pp. 149 – 152). Salatiga.
- Setyaningsih D., Sukmawati L. 2014. "*Influence of Material Density and Stepwise Increase of Pressure and Steam Distillation To The Yield And Quality of Cajuput Oil*". *Jurnal Industri Pertanian* 24(2).
- Sunanto H. 2003. "Budi Daya dan Penyulingan Kayu Putih". Yogyakarta: Kanisius.
- Supriatin, Ketaren S., Ngudiwaluyo, S., Friyadi A. 2004. "Isolasi Miristin dari Minyak Pala (*Myristica fragrans*) dengan Metode Penyulingan Uap". *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* Vol. 17(1): 23-28.
- Siahaya, T.E., Siahaya, J., dan Wagiman, S. 2006. "Pengaruh Kelerengan, Pemeliharaan Tanaman Dan Lama Penyimpanan Daun Terhadap Mutu Dan Rendemen Minyak Kayu Putih". *Jurnal Kehutanan Unmul* 2(1).
- Sudarsono, 2010. "Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Kayu Putih Kabupaten Buru Provinsi Maluku". *Jurnal Teknologi Lingkungan* 11(1).
- Smith,H., Idrus, S. 2017. "Pengaruh Kerapatan Biji Pala Dalam Alat Penyulingan Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Minyak Pala". *Jurnal Hasil Penelitian Industri (JHPI)*. Vol 30 No 1. April 2017.
- Tutuarima,T., Soesanto,H., Rusli,M.S., Noor,E. 2008. "Perbaikan Proses Penyulingan Minyak akar wangi". Departemen Teknologi Pertanian IPB. Prosiding Konferensi Minyak atsiri. Surabaya (<https://minyakatsiriindonesia.wordpress.com/atsiri-akar-wangi/tuti-tutuarima-dkk/>). Diakses tgl 12 juni 2019
- Utomo, D.B.G., M Mujiburohman, 2018. "Pengaruh Kondisi Daun Dan Waktu Penyulingan Terhadap Rendemen Minyak Kayu Putih". *Jurnal ateknologi Bahan Alam*. Vol 2 No. 2 Oktober 1018. Hal 124 - 128
- Yusliansyah. 2006. "Rendemen dan mutu minyak kayu putih (*Melaleuca leucadendron* Linn.) dari dua tempat yang berbeda serta prospek pengembangannya di Kalimantan Timur". Prosiding Seminar Nasional MAPEKI IX Hal. 127-132. MAPEKI. Banjarbaru.