

# ISOLASI, IDENTIFIKASI DAN PEMURNIAN SENYAWA 1,8 SINEOL MINYAK KAYU PUTIH (*Malaleuca leucadendron*)

Rizqi Helfiansah<sup>1</sup>, Hardjono Sastrohamidjojo<sup>2</sup>, Riyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dinas Perindagkop Kab. Sumbawa, Nusa Tenggara Barat

<sup>2</sup>Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

<sup>3</sup>Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia

\*Correspondence : [rizkyportnoy@gmail.com](mailto:rizkyportnoy@gmail.com)

## Abstract

Cajuput oil is one of the essential oils that widely used as materials for medical or pharmaceutical products, this makes the cajuput oil become the most wanted products in essential oils industries. Cajuput oil demand is currently increasing with the growing variety of utilization of cajuput oil. Cajuput oil productions in Indonesia run into fluctuations and tend to decrease. There are several factors that affect production and quality of cajuput oil, and one of them is distillation technique. Moreover fractionation or isolation of the 1,8-cineol compound also have not been done by the cajuput oil entrepreneurs, whereas this is important in order to use 1.8 cineol compound further.

Distillation of cajuput leaves is done by three distillation methods, namely water distillation, water steam distillation and steam distillation. Calculating the yield after cajuput oil obtained and then testing the physical and chemical properties of cajuput oil in accordance with the Indonesia National Standard (SNI 06-3954-2006). And then doing fractionation of cajuput oil to obtain at least 85% 1,8 Cineol compound.

The results showed that water steam distillation method produces the highest yield, the yield is 2.5%, followed by water distillation method, the yield is 1.8% and then steam distillation method, the yield is 1.5%. Physical and chemical properties that exist on cajuput oil that produced by water and steam distillation method and steam distillation method are appropriate with the Indonesia National Standard. After doing fractionation processes for two time, the fractionation process produced 1.8 cineol compound 79.90% in first fraction, 87.90% at second fraction and then 89.78% at third fraction.

## Sejarah:

Diterima: 22 Juni 2012

Diterima revisi: 10 Desember 2012

Disetujui: 8 Januari 2013

Tersedia online: 31 Juli 2013

## Keywords:

Cajuput  
Distillation Method  
Yield  
Fractionation  
1.8 cineol

## 1. Pendahuluan

Tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendron* Linn.) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang penting bagi industri minyak atsiri di Indonesia. Tanaman kayu putih merupakan salah satu tanaman penghasil produk hasil hutan bukan kayu yang memiliki prospek cukup baik untuk dikembangkan. Potensi tanaman kayu putih di Indonesia cukup besar mulai dari daerah Maluku, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, Bali dan Papua yang berupa hutan alam kayu putih. Sedangkan yang berada di Jawa Timur, Jawa Tengah dan Jawa Barat berupa hutan tanaman kayu putih (Mulyadi 2005).

Di Pulau Jawa sendiri kayu putih memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan, dilihat dari adanya pabrik-pabrik pengolahan daun kayu putih milik Perum Perhutani yang cukup banyak di wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Produk utama yang dihasilkan dari tanaman kayu putih adalah minyak kayu putih yang diperoleh dari hasil penyulingan daun kayu putih. Pabrik kayu putih di Pulau Jawa memiliki kapasitas terpasang pabrik sebesar 53.760 ton per tahun untuk daun kayu putih dan total produksi tahunan minyak kayu putih yang dihasilkan di Pulau Jawa sebesar 300 ton (Rimbawanto *et al.* 2009).

Minyak kayu putih merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang banyak digunakan untuk bahan berbagai produk kesehatan atau farmasi sehingga minyak kayu putih menjadi produk yang banyak dicari. Kebutuhan minyak kayu putih saat ini semakin meningkat dengan semakin berkembangnya variasi dari pemanfaatan minyak kayu putih. 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 kekurangannya dipenuhi dengan impor minyak ekaliptus dari Negara Cina. Produksi minyak kayu putih di Indonesia mengalami fluktuasi dan cenderung mengalami penurunan berdasarkan data dari direktorat jenderal bina produksi kehutanan. Menurut Sumadiwangsa (1976), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produksi minyak kayu putih, dan salah satunya adalah teknik penyulingan. Menurut Anto Rimbawanto dan Susanto (2004) berdasarkan data dari berbagai pabrik kayu putih yang ada di Indramayu, Gundi, Paliyan-Gunung Kidul dan Ponorogo menunjukkan bahwa rendemen berkisar antara 0,60 – 1,00 sedangkan kadar 1,8-cineol nya berkisar antara 55-65%. Dari paparan di atas belum dapat diketahui secara pasti teknik distilasi yang paling tepat guna menghasilkan rendemen minyak kayu putih tertinggi, dan juga bagaimana sifat kimia dan sifat fisika yang terkandung di dalam minyak kayu putih hasil distilasi tersebut. Selain itu fraksinasi atau isolasi senyawa 1,8-sineol juga belum dilakukan oleh para pengusaha minyak kayu putih, padahal isolasi ini penting dilakukan guna pemanfaatan senyawa 1,8-sineol ini lebih lanjut.

Penelitian tentang minyak atsiri kayu putih telah banyak dilakukan. Dalam laporannya, Siregar (2010) melakukan penelitian dengan menggunakan metoda proses penyulingan rebus terhadap daun kayu putih kering dan daun kayu putih segar. Hasil identifikasi menunjukkan komponen minyak atsiri yang didistilasi dari daun kayu putih segar dengan GC-MS menunjukkan minyak atsiri tersebut mengandung 32 komponen, tujuh diantaranya

merupakan komponen utama yaitu :  $\alpha$ -pinene (1,23%), sineol (26,28%),  $\alpha$ -terpineol (9,77%), kariofilen (3,38%),  $\alpha$ -caryofilen (2,76%), Ledol (2,27%), dan elemol (3,14%). Daun kayu putih kering mengandung 26 komponen, tujuh komponen diantaranya merupakan komponen utama yaitu:  $\alpha$ - pinene (1,23%); sineol (32,15%);  $\alpha$ - terpineol (8,87%); kariofilen (2,86%);  $\alpha$ - kariofilen (2,31%); Ledol (2,17%); dan Elemol (3,11%).

Khabibi (2011) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan daun *M. leucadendron* Linn. dan semakin sedikit volume air penyulingan pada distilasi kukus mengakibatkan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan semakin menurun.

Rahayoe, dkk (2007) dalam makalahnya menyimpulkan bahwa rendemen minyak atsiri pada daun kayu putih utuh lebih tinggi dibandingkan rendemen pada daun kayu putih rajang yang didistilasi dengan metode kukus.

Penelitian tentang pemilihan teknik penyulingan terbaik untuk minyak atsiri kayu putih dan juga indentifikasi sifat kimia dan fisiknya sekaligus isolasi senyawa 1,8-sineol diharapkan akan dapat memberikan masukan bagi IKM penyuling minyak atsiri kayu putih supaya dapat meningkatkan pendapatannya.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan mulai November 2011 sampai dengan April 2012 di Center of Essential Oil Studies (CEOS), Jurusan Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Pada distilasi rebus, bahan baku yang telah disiapkan direbus di dalam distilator selama 5-6 jam dihitung dari mulai terjadinya penguapan. Pada distilasi kukus, bahan baku yang telah disiapkan di dalam distilator selama 5-6 jam dihitung dari mulai terjadinya penguapan. Sedangkan pada distilasi uap, bahan baku yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam distilator, kemudian bahan baku dialiri uap dari ketel pembangkit uap lalu tekanan uap dijaga konstan sesuai dengan yang diinginkan. Distilat yang dihasilkan berupa dua lapisan yaitu air dan minyak ditampung dalam corong pisah, untuk kemudian dipisahkan. Minyak yang diperoleh ditambah dengan natrium sulfat anhidrous untuk memurnikan minyak dari air yang masih terikat. Kemudian minyak dipisahkan dari air dan disimpan dalam botol kaca. Setelah itu dilakukan fraksinasi terhadap minyak kayu putih yang dihasilkan

untuk memperoleh minyak dengan kandungan 1,8 sineol minimal 85%.

### Rendemen

Perhitungan kandungan minyak atsiri kayu putih (rendemen) dilakukan setelah proses distilasi, yaitu dengan menghitung seluruh dari hasil penelitian yang dilakukan.

$$\text{Rendemen \%} = \frac{\text{Berat minyak gr}}{\text{Berat bahan baku seluruhnya gr}} \times 100\%$$

Setelah didapatkan rendemen minyak atsiri, kemudian dilakukan uji kualitas minyak yang meliputi: pemeriksaan berat jenis, indek bias, putaran optik, dan identifikasi kimia dengan kromatografi gas (GC/ MS).

### Berat Jenis

Piknometer kosong dengan tutupnya (3mL) dicuci dengan aquadest, dibilas dan dikeringkan, kemudian dibilas lagi dengan aseton dan dikeringkan. Selanjutnya piknometer bersama tutupnya ditimbang, beratnya dicatat dan didapatkan  $W_1$ . Kemudian minyak atsiri dimasukkan dalam piknometer yang sudah ditimbang sampai penuh lalu ditutup. Minyak atsiri yang tersisa dan menempel di piknometer dibersihkan dengan tisu, kemudian ditimbang didapatkan  $W_2$ . Berat jenis dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat} = W_2 - W_1$$

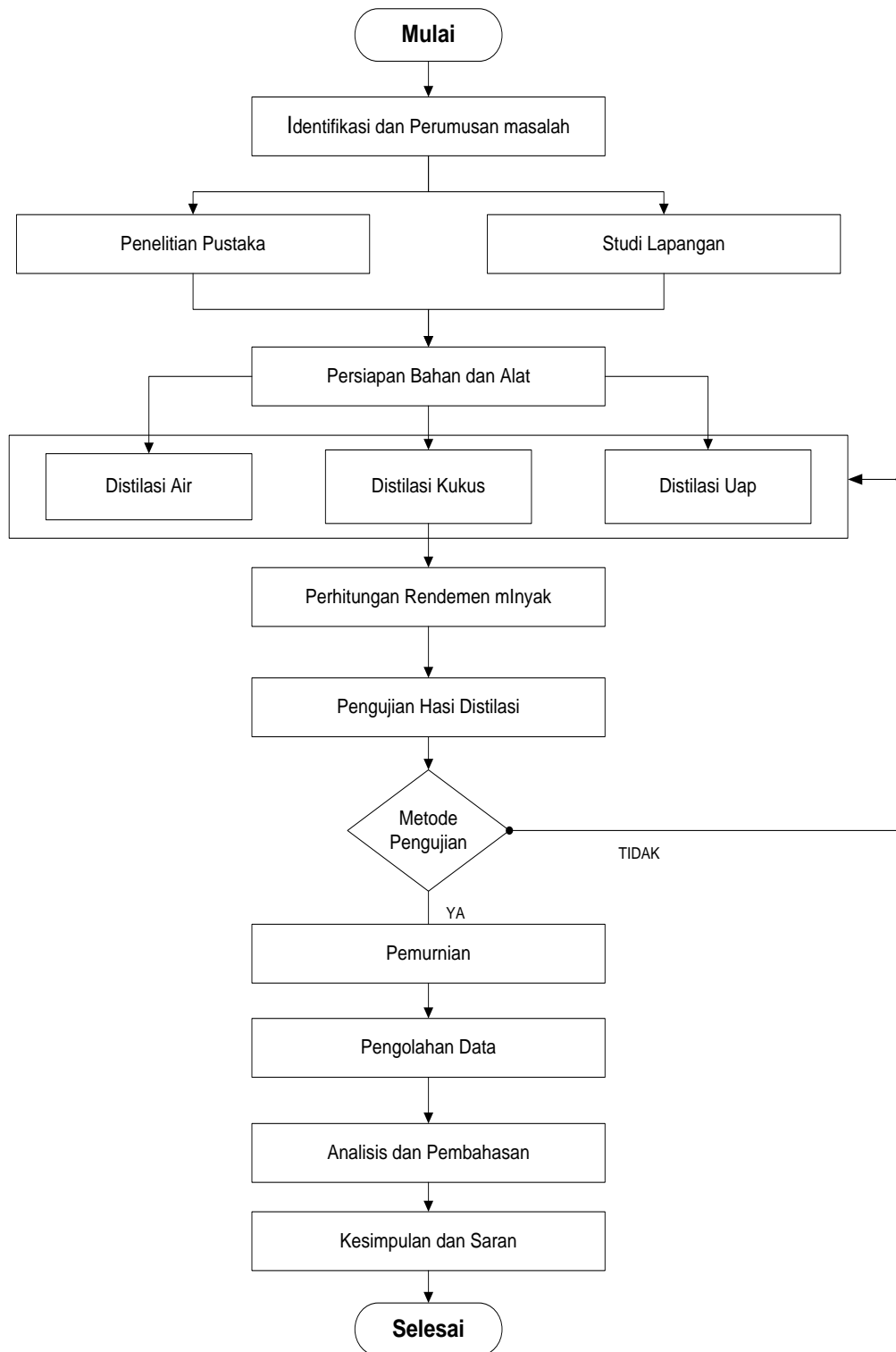
$$\text{Volume} = 3 \text{ mL}$$

$$\text{Berat jenis } \rho = \frac{W_2 - W_1}{3 \text{ mL}} = \dots \left( \frac{\text{gr}}{\text{mL}} \right)$$

Kemudian berat jenis minyak ini dikalibrasi/ditera dengan berat jenis air dengan cara perhitungan yang sama dengan penghitungan berat jenis minyak tersebut.

### Indeks Bias

Indeks bias diperiksa dengan menggunakan refraktometer Abbe Iyemen. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghubungkan refraktometer dengan arus listrik. Kemudian kedua prisma dipisahkan dengan memutar klem dan prisma dibersihkan dengan aseton. Sampel minyak diteteskan kepermukaan prisma kemudian digerakkan ke muka dan ke belakang sehingga penglihatan terbagi antara bagian gelap dan terang. Dengan memutar tombol akan terlihat garis cahaya yang terang.



Gambar 1. Alur penelitian

**Putaran Optik**

Putaran optik diukur menggunakan alat polarimeter yang mempunyai tabung polarimeter 10 mm yang berisi minyak atau cairan yang diperiksa di antara polarisator dan analisator. Secara perlahan-lahan analisator diputar sampai setengahnya yang dapat dilihat melalui teleskop dan intensitas sinarnya sama dengan penerangnya.

Pada pengaturan yang sesuai, akan dapat dilihat arah rotasi ke kanan atau ke kiri berdasarkan intensitas penerangan dari kedua bagian bidang. Penentuan arah rotasi yaitu apabila analisator berputar berlawanan arah jarum jam dari titik nol disebut *levo*. Sedangkan jika searah dengan jarum jam disebut *dextro*. Sesudah arah rotasi ditentukan dengan hati-hati analisator diatur kembali sampai didapatkan intensitas penerangan yang samadari kedua bagian bidang.

Kemudian dengan mengamati lewat teleskop sambil memutar tombol analisator, maka garis diantara kedua bidang itu menjadi jelas atau tajam dan selanjutnya dapat dibaca derajat dan menitnya.

**Kromatografi Gas – Spektroskopi Massa**

Identifikasi senyawa kimia pada minyak atsiri kayu putih dilakukan di laboratorium instrumentasi, menggunakan kromatografi gas dan spektrometri massa. Komputerisasi untuk pengolahan data akan membantu penafsiran hasil analisis yang tersedia dalam *library* alat tersebut.

Dari kromatogram dapat diperoleh informasi mengenai jumlah komponen kimia yang terdapat dalam sampel minyak yang dianalisis, dengan ditunjukkan dalam jumlah puncak yang terbentuk pada kromatogram.

**Fraksinasi**

Berguna untuk memisahkan minyak atsiri menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan titik didih dan baunya. Sebaiknya minyak atsiri tidak difraksinasi pada tekanan atmosfer, tetapi dalam keadaan vakum, karena tekanan atmosfer dan suhu tinggi dapat menyebabkan senyawa menjadi rusak yang mengakibatkan distilat mempunyai bau dan sifat fisiko-kimia yang berbeda dengan minyak murni (Guenther, 1987).

Menurut SNI 06-3954-2006 (Sumber: <http://www.bsn.go.id/>) karakteristik minyak atsiri kayu putih adalah:

**Tabel 1. Spesifikasi standar minyak atsiri kayu putih**

Spesifikasi	Nilai/kadar Internasional
Warna	Jernih sampai kuning kehijauan
Bau	Khas kayu putih
Bobot jenis 20°C/20°C	0,900-0,930
Indeks bias	1,450-1,470
Kelarutan dalam etanol 70%	1:1 sampai 1:10 jernih
Putaran optik	(-4 <sup>0</sup> )-(0 <sup>0</sup> )
Kandungan sineol	50% - 65%

**3. Hasil dan Pembahasan**

Bahan baku penelitian ini adalah daun kayu putih yang diperoleh dari daerah Playen, Gunung Kidul,

Yogyakarta, dan dilakukan penyulingan dengan proses distilasi.

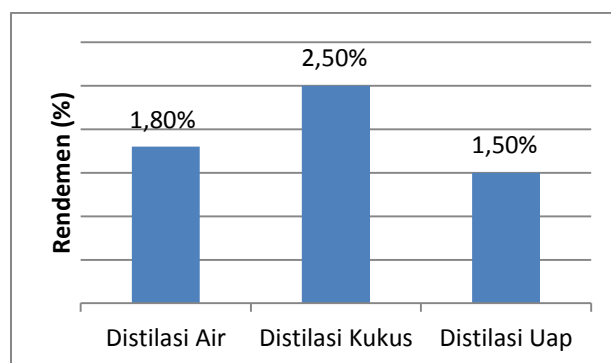
**Rendemen Minyak Atsiri Kayu Putih**

Hasil pengukuran rendemen minyak atsiri kayu putih ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data hasil pengukuran rendemen minyak atsiri kayu putih**

No	Metode	Berat Bahan	Minyak yang Dihasilkan	Rendemen (%)
1.	Distilasi air	2 kg	40 mL	1,8
2.	Distilasi kukus	2 kg	55 mL	2,5
3.	Distilasi uap	2 kg	33 mL	1,5

Hasil perbandingan rendemen minyak atsiri kayu putih dengan metoda distilasi air, kukus, dan uap terdapat perbedaan rendemen yang dapat digambarkan melalui grafik pada Gambar 2.



**Gambar 2. Histogram rendemen minyak atsiri kayu putih dengan metode distilasi air, kukus, dan uap**

Dari metoda distilasi yang digunakan, rendemen tertinggi ada pada isolasi minyak kayu putih dengan menggunakan metoda distilasi kukus yaitu sebesar 2,5%. Sedangkan pada metoda distilasi uap menghasilkan rendemen yang terendah diantara semua metode distilasi yaitu sebesar 1,5%. Distilasi kukus mempunyai rendemen yang lebih tinggi dibandingkan distilasi air, hal ini sesuai dengan pernyataan Guenther (1987), bahwa metoda distilasi kukus merupakan metoda distilasi yang lebih cocok untuk rumput-rumputan dan daun-daunan dibandingkan distilasi air. Dalam penelitian ini, bila dibandingkan dengan distilasi uap, distilasi kukus juga mempunyai rendemen yang lebih tinggi, hal ini disebabkan karena lebih meratanya distribusi uap yang melalui daun pada distilasi kukus, sedangkan pada distilasi uap hanya terdapat satu saluran di tengah yang berfungsi untuk mengalirkan uap.

Metoda distilasi yang berbeda menghasilkan sifat fisika yang berbeda pula. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh sifat fisika ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian berdasarkan sifat fisika

No	Spesifikasi	Distilasi Air	Distilasi Kukus	Distilasi Uap	Standar SNI
1	Warna	agak keruh	jernih	kuning kemerahan	jernih sampai kuning kehijauan
2	Bau	khas kayu putih	khas kayu putih	khas kayu putih	khas kayu putih
3	Bobot jenis (gr/mL)	0,915	0,912	0,912	0,900 – 0,930
4	Indeks bias	1,4655	1,4665	1,4685	1,450 – 1,470
5	Putaran Optik (°)	-8 *)	-4	-2	-4 – 0

Keterangan : \*) tidak sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI)

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa minyak kayu putih yang dihasilkan dari distilasi rebus mempunyai karakteristik fisik yang tidak sesuai dengan persyaratan SNI, yaitu pada aspek warna dan pada nilai putaran optik. Tingginya putaran optik ini dapat disebabkan karena komponen utama penyusun minyak kayu putih yang tersuling melalui distilasi rebus kurang lengkap bila dibandingkan dengan minyak kayu putih hasil distilasi kukus dan distilasi uap. Menurut Sumangat dan Ma'mun (2003), minyak atsiri yang komponen-komponennya tersuling dengan lengkap maka nilai putaran optiknya akan semakin kecil. Dari nilai putaran optik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar senyawa 1,8 sineol pada minyak atsiri kayu putih menyebabkan makin tingginya nilai putaran optik.

Rangkuman sifat kimia dan sifat fisika yang dimiliki oleh masing-masing minyak atsiri kayu putih yang didapat dari distilasi rebus, distilasi kukus dan distilasi uap, serta nilai rendemen dari minyak atsiri kayu putih dari ketiga distilasi tersebut tertuang dalam tabel 4.

Tabel 4. Hubungan sifat fisika, sifat kimia dan nilai rendemen dari minyak atsiri kayu putih dengan metode distilasi yang digunakan

No.	Parameter	Distilasi Air	Distilasi Kukus	Distilasi Uap
1.	Sifat fisika	tidak sesuai SNI	sesuai SNI	sesuai SNI
2.	Sifat kimia (% 1,8 sineol)	61,39	55,67	54,71
3.	Rendemen	1,8%	2,5%	1,5%

Dari Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa distilasi yang terbaik untuk mendapatkan minyak atsiri kayu putih pada penelitian ini adalah distilasi kukus. Hal ini dikarenakan minyak atsiri kayu putih yang diperoleh melalui distilasi kukus mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang memenuhi persyaratan SNI dan juga mempunyai rendemen yang paling tinggi dibandingkan dengan metode distilasi yang lain.

### Fraksinasi

Setelah didapat minyak kayu putih dari berbagai metoda distilasi, kemudian dipilih yang karakteristiknya memenuhi SNI untuk kemudian dilakukan proses isolasi (fraksinasi) guna memisahkan senyawa 1,8 sineol dari senyawa yang lain dengan target pemurnian minimal 85%. Fraksinasi dilakukan dengan cara memanasi minyak atsiri kayu putih dalam boiling flask dalam kondisi vakum. Kondisi vakum diperoleh dengan mengatur tekanan sebesar 0,5 atm melalui pompa vakum yang dialirkan dalam kolom kondensor. Setelah dipanasi, maka akan timbul uap yang akan melewati kolom fraksinasi, kemudian didinginkan oleh kondensor menjadi fase cair lagi dan kemudian dialirkan ke labu jantung. minyak atsiri kayu putih ini akan terpisah menjadi beberapa fraksi berdasarkan suhu tertentu yang terdeteksi dari termometer yang terpasang diatas kolom fraksinasi.

Setelah dilakukan fraksinasi yang pertama dengan volume minyak kayu putih sebesar 150 mL, diperoleh 3 fraksi masing-masing fraksi 1 dengan volume 1 mL, fraksi 2 dengan volume 12 mL, fraksi 3 dengan volume 77 mL, dan 60 mL residu. Dari hasil GC-MS diketahui bahwa pada fraksi 3 didapatkan kandungan senyawa 1,8 sineol sebanyak 75,35%. Untuk mencapai target pemurnian senyawa 1,8 sineol minimal 85% perlu dilakukan fraksinasi ulang. Pada fraksinasi kedua diperoleh 3 fraksi masing-masing fraksi 1 dengan volume 4 mL dengan kandungan 1,8 sineol sebesar 79,97%, fraksi 2 dengan volume 30 mL dengan kandungan 1,8 sineol sebesar 87,90%, fraksi 3 dengan volume 22 mL dengan kandungan 1,8 sineol sebesar 89,78% dan 21 mL residu. Dengan demikian fraksi 2 dan fraksi 3 sudah memenuhi target fraksinasi yaitu guna memperoleh senyawa 1,8 sineol sebesar minimal 85%. Hasil fraksinasi pertama dan kedua dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 5. dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil fraksinasi pertama

Fraksi	Kandungan 1,8 Sineol
Fraksi 1	0,091 %
Fraksi 2	0,042 %
Fraksi 3	75,35 %

Tabel 6. Hasil fraksinasi kedua

Fraksi	Kandungan 1,8 Sineol
Fraksi 1	79,97 %
Fraksi 2	87,90 %
Fraksi 3	89,78 %

### 4. Kesimpulan

- 1) Rendemen minyak kayu putih tertinggi diperoleh dengan menggunakan metoda distilasi kukus dengan rendemen sebesar 2,5%.
- 2) Kandungan senyawa 1,8 sineol yang terdapat pada minyak kayu putih hasil distilasi kukus, rebus dan uap memenuhi persyaratan SNI.

- 3) Minyak kayu putih yang dihasilkan melalui metoda distilasi rebus mempunyai karakteristik fisik yang tidak sesuai dengan SNI, yaitu pada warna dan putaran optik.
- 4) Pemurnian senyawa 1,8 sineol hingga mencapai kadar minimum 85% dapat diperoleh melalui dua kali proses fraksinasi.

#### Daftar Pustaka

- Guenther, E., 1987, *Minyak Atsiri Jilid 1*, terjemahan dari: Essential Oil, penerjemah: Ketaren S, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Khabibi, J., 2011, *Pengaruh Penyimpanan Daun dan Volume Air Penyulingan terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Kayu Putih*, skripsi, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mulyadi, T., 2005, *Studi pengelolaan kayu putih Melaleuca leucadendron Linn. Berbasis ekosistem di BDH Karangmojo, Gunung Kidul, Yogyakarta*, tesis, Program Pascasarjana S2 Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rahayoe, S., Suhargo, Tetuko, Y. dan Mega, T., 2007, *Kajian Kinetika Pengaruh Kadar Air dan Perajangan terhadap Laju Distilasi Minyak Atsiri*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian, Yogyakarta.
- Rimbawanto, A., Kartikawati, N.K., Baskorowati, L., Susanto, M., Prastyono., 2009, *Status terkini pemuliaan Melaleuca cajuputi*, Hasil-hasil Penelitian Hal. 148-157, B2PBPTH, Yogyakarta.
- 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 Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta.
- Siregar, N., 2010, *Isolasi dan Analisis Komponen Minyak Atsiri dari Daun Kayu Putih (Melaleuca Foliium) Segar dan Kering Secara GC-MS*, Skripsi, Fakultas Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sumadiwangsa, S., 1976, *Teknik pengolahan dan kualitas minyak kayu putih*, Laporan No. 67 Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Departemen Pertanian, Bogor.