

Optimalisasi Destilasi Nilam Kering melalui Pembekuan Pra Destilasi

Sugiarto, A. As'ad Sonief, Djoko Sutikno, Denny Widhiyanuriyawan
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: sugik@ub.ac.id / sugik_mlg@yahoo.co.id

Abstract

The process of extracting oil from the leaves or stems cells by damaging the cell which usually done before or during distillation process. Damaging the cell can be done by mechanical process or freezing process. Chopping the leaves was done to damage the cells through the mechanical process, however the damage have not been able to destroy up to the celular level. While the freezing process could be expected to damage the tissue at the cellular level. Pure research on laboratory scale was used as the experiment method in this study. Freezing temperature pasca-distillation was variated on -13,4 °C, -19,6 °C and -24,8 °C and without freezing process. While distillation process was varied on 95 °C, 105 °C dan 115 °C. In this study, patchouli was distilled on wet and dry condition. LPG was used with automatically combustion control system of for keeping the temperature stability, increasing the capacity and quality of patchouli oil and reducing the production cost and the distillation time to less than 6 hours The stable distillation temperature was able to raise the volume of oil per kilogram of dry weight raw material and decrease the distillation time to less than 5 hours. Patchouli oil volume produced per kilogram of dry raw materials post freeze pre-distillation increased with increasing the distillation temperature. The low freezing temperature of the pre-distillation produced the high volume of patchouli oil per kilogram of raw material. Pre-distillation on the freezing process of dried patchouli was able to shorten the time of maximum distillation only in 3 hours. The range of distillation temperature on 95 °C, 105 °C and 115 °C produced the different colors of patchouli oil from light brown to dark brown color.

Keywords : *optimisation, distillation, dry patchouli, freeze pre-distillation*

PENDAHULUAN

Teknologi produksi minyak nilam menggunakan tungku berbahan bakar kayu dan ampas sisa destilasi kurang efisien karena waktu destilasi lama (6 – 8 jam) dengan kapasitas produksi minyak berkisar 1,2 – 1,5 %. Penggunaan bahan bakar padat (kayu dan ampas sisa destilasi) menyebabkan temperatur penguapan tidak stabil dan fluktuatif sehingga rendemen minyak yang dihasilkan rendah serta waktu proses lama. Hal tersebut dibuktikan dari hasil produk minyak nilam produsen minyak nilam di Malang Selatan yang umumnya masih

menggunakan bahan bakar kayu dan limbah destilasi [1].

Belum optimalnya proses produksi minyak nilam juga dapat disebabkan karena masih ada kandungan minyak dalam jaringan sel yang belum bisa dikeluarkan. Minyak nilam disintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin [2]. Untuk mengeluarkan kandungan minyak dari dalam sel tersebut, perlu adanya usaha untuk memaksa minyak tersebut berdifusi keluar dari sel sebelum di destilasi.

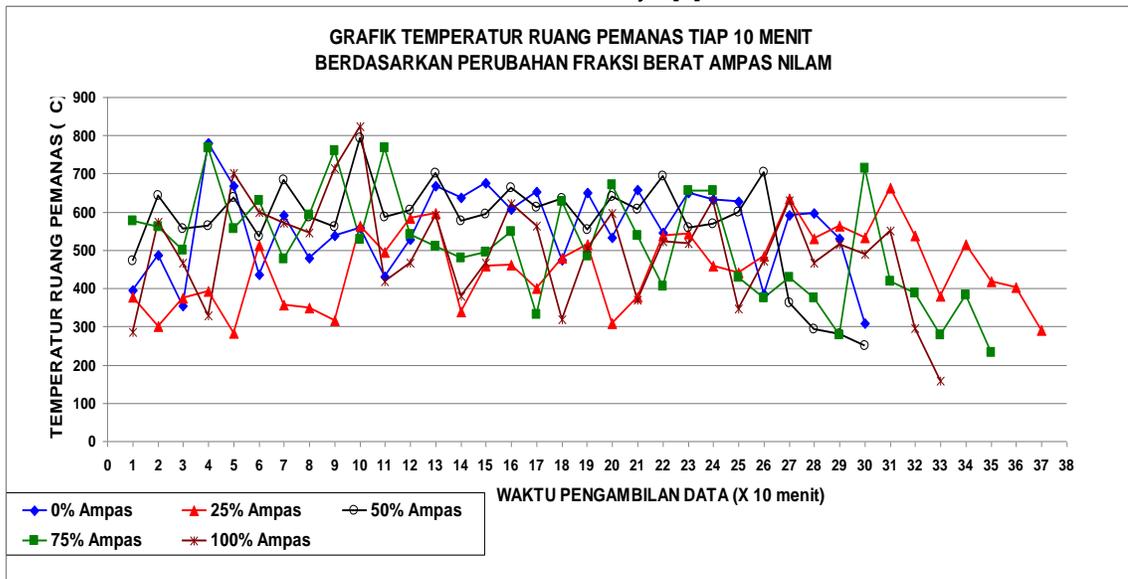
Proses perusakan sel dapat dilakukan secara mekanik. Secara mekanik, perusakan jaringan selama ini telah dilakukan melalui proses perajangan atau pencacahan bahan baku. Akan tetapi, kerusakan yang terjadi umumnya masih bersifat makro atau belum bisa merusak sampai ke tingkat *selular*. Proses pembekuan memungkinkan untuk merusak jaringan sampai ke tingkat *selular*. Dalam beberapa penelitian sebelumnya ditunjukkan bahwa proses pembekuan dapat mengakibatkan kerusakan sel, baik pada jaringan nabati maupun hewani [3,4,5].

Penelitian ini mencoba melakukan pemecahan sel pra destilasi melalui pencacahan dan pembekuan. Bahan baku setelah dicacah dibekukan dalam *refrigerator* dengan laju pembekuan yang rendah untuk menjamin agar konsumsi energi rendah dan dihasilkan kristal es yang besar sehingga optimal dalam merusak sel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan rendemen minyak nilam hasil destilasi dan

memperpendek waktu destilasi setelah dilakukan pembekuan pra destilasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik penggunaan bahan bakar padat (campuran kayu dan ampas nilam) terhadap karakteristik temperatur destilator, volume minyak nilam hasil destilasi dan lama destilasi. Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur destilator berfluktuasi dan tidak stabil selama proses destilasi akibat penggunaan bahan bakar padat sebagaimana Gambar 1. [1]. Waktu total proses destilasi juga lama yaitu 6 sampai 7 jam dengan volume rata-rata produk minyak nilam yang rendah (rata-rata hanya 840 ml tiap 75 kg bahan baku nilam atau sekitar 1,12 %). Rendahnya volume minyak nilam (rendemen minyak) ini disebabkan oleh temperatur destilasi yang selalu fluktuatif. Temperatur yang tidak terkontrol juga dapat menurunkan kualitas minyak hasil destilasi terutama dari segi aromanya [6].



Gambar 1. Temperatur rata-rata daerah pemanasan (°C) yang diambil tiap 10 menit
 Sumber : Sugiarto dan Sulistyo E., 2010: 31

Belum optimalnya proses destilasi minyak atsiri utamanya minyak nilam karena

umumnya masih ada kandungan minyak yang terperangkap di dalam sel yang tidak

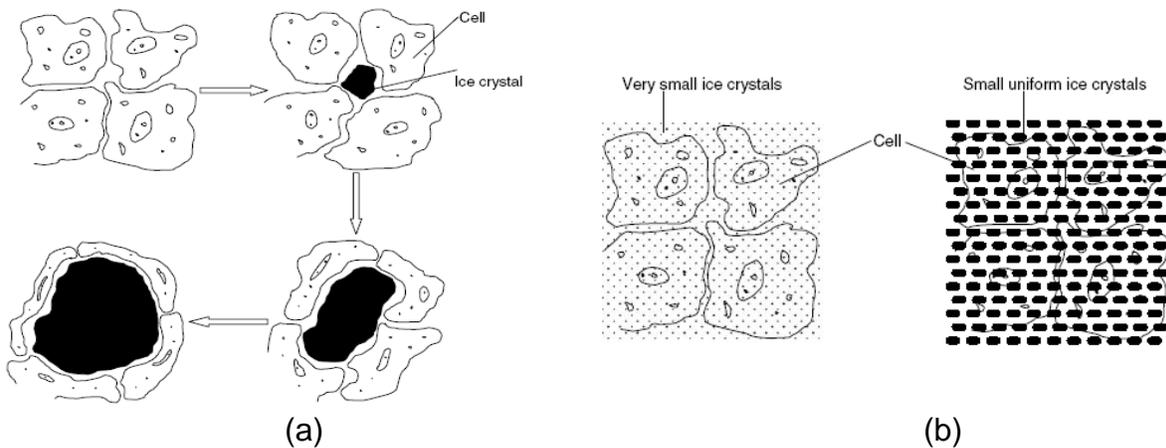
bisa dikeluarkan. Dari pengamatan di lapangan, diketahui bahwa limbah destilasi yang berupa ampas nilam yang telah diekstraksi masih berbau harum, yang mengindikasikan masih ada kandungan minyak yang belum mampu diuapkan akibat selnya belum rusak.

Minyak atsiri merupakan salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak tersebut disintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin [2]. Sehingga untuk mengeluarkan kandungan

minyak dari dalam sel tersebut, perlu adanya usaha untuk memaksa minyak tersebut berdifusi keluar dari sel. Pengerinan secara konvensional dapat mengakibatkan penyusutan jaringan terluar yang mengakibatkan permeabilitasnya menurun, sehingga cairan dalam sel sulit untuk menguap (berdifusi keluar). Berkenaan dengan hal tersebut, perlu adanya upaya untuk merusak jaringan/sel sebelum dilakukan proses penyulingan agar dapat mengeluarkan kandungan minyak atsiri yang tersimpan di dalam sel daun maupun batang secara maksimal [7].

Dalam beberapa penelitian sebelumnya

segar dan mengalami kerusakan yang masih



Gambar 2. Pembentukan kristal es (a) laju pembekuan lambat dan (b) laju pembekuan cepat (*HT Meryman, 1963*).

ditunjukkan bahwa proses pembekuan dapat mengakibatkan kerusakan sel baik pada jaringan nabati maupun hewani. Kerusakan fisik pada sel maupun jaringan umumnya terjadi akibat formasi kristal es. Kerusakan dinding sel terjadi pada jaringan strawberi setelah mengalami pembekuan [3,5]. Seperti yang terlihat pada Gambar 2(a) dan (b). Dinding-dinding sel pada jaringan strawberi terlihat jelas ketika masih dalam kondisi

setelah dibekukan. Kerusakan sel setelah pembekuan tersebut selalu diikuti oleh keluarnya cairan yang terdapat di dalam sel. Dengan kerusakan sel pasca pembekuan bahan baku nilam diharapkan proses ekstraksi minyak nilam menjadi lebih cepat dan volume minyak lebih banyak.

Destilasi Minyak Nilam

Minyak nilam diperoleh dengan cara destilasi air dan uap daun nilam dan dalam perdagangan disebut *patchouli oil*. Kata *patchouli* berasal dari kata "*pacholi*" yaitu nama sejenis tanaman yang banyak terdapat di tanah Hindustan. Dalam perdagangan internasional, minyak nilam dikenal sebagai minyak *patchouli* dari bahasa Tamil *patchai* (hijau) dan *ellai* (daun), karena minyaknya disuling dari daun). Aroma minyak nilam dikenal 'berat' dan 'kuat' dan telah berabad-abad digunakan sebagai wangi-wangian (parfum) dan bahan dupa atau setinggi pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya. Standar mutu minyak nilam belum seragam untuk seluruh dunia, karena setiap negara penghasil dan pengimpor menentukan standar mutu minyak nilam sendiri, misalnya standar mutu minyak nilam dari Indonesia (SNI- 06-2385-2006).

Patchouli alkohol merupakan seskuiterpen alkohol dapat diisolasi dari minyak nilam. Tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam alkohol, eter atau pelarut organik yang lain. Titik didihnya 140°C pada tekanan 8 m Hg. Kristal yang mg/kg Maks. 25g terbentuk mempunyai titik lebur 56°C. *Patchouli* alkohol disebut juga *patchouli camphor* atau oktahidro-4, 8a, 9,9-tetrametil-1,6-metanonaftalen, mempunyai berat molekul 222,36 dengan rumus molekul $C_{12}H_{26}O$.

Destilasi atau penyulingan adalah proses pemisahan komponen yang berupa cairan atau padatan dari 2 macam campuran atau lebih berdasarkan perbedaan titik uapnya, dan proses ini dilakukan terhadap minyak nilam yang tidak larut dalam air. Jumlah minyak nilam yang menguap bersama-sama dengan uap air ditentukan oleh 3 faktor, yaitu besarnya temperatur atau tekanan uap yang digunakan, berat molekul dari masing-masing komponen dalam minyak, dan kemudahan minyak keluar dari sel. Pada permulaan destilasi (penyulingan), hasil destilasi sebagian besar terdiri dari komponen minyak yang bertitik didih rendah,

selanjutnya disusul dengan komponen yang bertitik didih lebih tinggi dan pada saat mendekati akhir penyulingan jumlah minyak hasil sulingan akan semakin kecil. Proses penyulingan minyak dapat dipercepat dengan menaikkan suhu dan tekanan atau menggunakan sistem "*superheated steam*" Dalam perkembangan pengolahan minyak nilam telah dikenal 3 macam sistem penyulingan [8]:

a) Penyulingan dengan Air (*Water distillation*)

Pada sistem penyulingan dengan air, bahan yang akan disuling langsung kontak dengan air mendidih.

b) Penyulingan dengan Air dan Uap (*Water and Steam Distillation*)

Pada sistem ini, bahan diletakkan di atas plat berlubang menyerupai ayakan yang terletak beberapa sentimeter di atas air dalam ketel penyuling.

c) Penyulingan dengan Uap (*Steam Distillation*)

Pada sistem ini, air sebagai sumber uap panas terdapat dalam "*boiler*" yang letaknya terpisah dari ketel penyulingan. Uap yang dihasilkan mempunyai tekanan lebih tinggi dari tekanan udara luar. Penyulingan dengan uap sebaiknya dimulai dengan tekanan uap yang rendah (kurang lebih 1 atmosfer), kemudian secara berangsur-angsur tekanan uap dinaikkan menjadi sekitar 3 atmosfer. Jika permulaan penyulingan dilakukan pada tekanan tinggi, maka komponen kimia dalam minyak akan mengalami dekomposisi. Jika minyak dalam bahan dianggap sudah habis tersuling, maka tekanan uap perlu diperbesar lagi yang bertujuan untuk menyuling komponen kimia yang bertitik didih tinggi.

Pembekuan dan Kerusakan Sel Akibat Pembekuan

Air merupakan komponen penting dari material biologi termasuk tumbuh-tumbuhan. Rata-rata kandungan air dalam makhluk hidup mencapai 60-90% massa. Apabila material tersebut dibekukan, maka kandungan air bebas akan berubah menjadi kristal es. Pembekuan adalah proses

perubahan fase dari cair menjadi padat melalui pembuangan panas sensible dan laten dari suatu material. Selama pembekuan ada tiga tahap : tahap *precooling*, tahap perubahan fase (cair menjadi padat) dan tahap *subcooling* [9]. Dalam tahapan *precooling*, hanya panas sensibel dari material yang dibuang, temperatur material menjadi lebih rendah dari temperatur awal sampai mencapai kondisi dimana air mulai berubah menjadi kristal es. Jika temperaturnya terus diturunkan maka kandungan air dalam material akan berubah menjadi kristal es. Pada tahapan transisi ini, pembentukan es terjadi dengan melepas/membuang panas laten. Pada ring temperatur ini, dimana kristalisasi air terjadi, proses pembuangan panas sensibel masih terjadi dari komponen-komponen yang lainnya. Selain air, material biologi umumnya mengandung komponen-komponen lain seperti protein, minyak, lemak, karbohidrat, dll. Dengan adanya komponen lain selain air inilah maka ketika dibekukan, kurva pendinginannya akan berbeda dengan kurva untuk zat-zat murni.

Dalam pembekuan suatu jaringan atau sel dari material biologi, pembentukan kristal es dapat terjadi mulai dari luar sel (*extracellular ice*) sampai ke dalam sel (*intracellular ice*). Pada umumnya, kristalisasi es diawali dari pembentukan inti es pada fluida yang berada di luar sel [10,11]. Kristalisasi es kemudian berlanjut pada fluida yang berada di dalam sel.

Proses pembekuan jaringan dan sel tanaman ataupun hewan dengan laju rendah (kurang dari 1°C/min) akan mengakibatkan terbentuknya *ekstracellular ice* secara eksklusif [10]. Ketika Kristal es mulai terbentuk di luar sel, cairan yang berada di dalam sel akan berdifusi keluar sehingga *extracellular ice* yang terbentuk semakin besar dan sel akan mengalami dehidrasi. Pembekuan yang berlangsung lambat dapat mengakibatkan penyusutan sel akibat dehidrasi. Terbentuknya *extracellular ice* dengan ukuran yang cukup besar dapat menekan sel bahkan dapat mengakibatkan

kerusakan sel secara permanen yang menurunkan kualitas produk, seperti yang di ilustrasikan dalam Gambar 2(a). Apabila material beku tersebut kemudian di cairkan/dilebur maka mengeluarkan cairan yang terdapat dalam sel (*drip loss*).

Pembekuan jaringan atau sel yang dilakukan pada laju yang cepat (*rapid freezing*), kristal es dapat terbentuk di dalam sel (*intracellular ice*) [12,13]. *Rapid Freezing* akan menghasilkan kristal es dengan ukuran yang kecil dengan jumlah yang banyak. Gambar 2(b) mengilustrasikan pembentukan kristal es dengan laju yang cepat. Terbentuknya kristal es di dalam sel (*intracellular ice formation*) sering kali mengakibatkan kerusakan struktur sel.

Kerusakan sel akibat *intracellular ice formation*, terjadi karena ekspansi air yang membeku di dalam sel [11]. Jaringan sel bawang yang di bekukan tetap mengalami kerusakan meskipun dilakukan pada kecepatan yang tinggi, mendekati 70°C/min [13].

Dari hasil studi di atas menunjukkan bahwa proses pembekuan sangat berpotensi untuk merusak sel, baik itu dilakukan dengan laju yang lambat maupun laju yang cepat. Pada satu sisi hal ini kurang baik untuk proses penyimpanan makanan, jaringan, dan sel yang dibekukan karena kesegaran ataupun tingkat kehidupan sel sangat diperlukan. Penelitian ini mencoba menerapkan proses perusakan sel untuk ekstaksi minyak nilam. Kerusakan pada tingkat selular diharapkan dapat mengeluarkan kandungan minyak dalam sel secara maksimal sebelum dilakukan destilasi.

HIPOTESIS

Berdasarkan teori dan penelitian terdahulu, dapat diduga bahwa temperatur pembekuan nilam yang semakin rendah menyebabkan tingkat pengkristalan dan kerusakan sel daun dan batang nilam kering semakin besar sehingga saat dilakukan destilasi volume minyak nilam yang dihasilkan semakin banyak. Temperatur destilasi yang stabil dan optimal

menyebabkan tingkat kerusakan sel nilam semakin besar dan minyak nilam yang dihasilkan semakin banyak. Temperatur destilasi yang stabil dan optimal akan menurunkan waktu destilasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium yang bertujuan menganalisis perubahan volume minyak nilam hasil destilasi dan lama proses destilasi akibat pembekuan pra destilasi dan perubahan temperatur destilator.

Temperatur pembekuan bahan baku pra destilasi divariasikan -13.4, -19.6, -24,8 °C dan tanpa dibekukan, sedangkan temperatur destilasi divariasikan 95 °C, 105 °C dan 115 °C. Dari perubahan tersebut dilihat perubahan volume minyak nilam per kilogram bahan baku nilam kering dan lama proses destilasi. Penelitian ini menggunakan destilator berbahan bakar LPG dengan temperatur yang dikontrol. Volume bahan baku nilam kering setelah di cacah tiap sekali proses adalah 2,5 kg. Destilasi juga dilakukan untuk bahan baku nilam kering yang tidak dibekukan. Masing-masing variasi dilakukan pengulangan 2 (dua) kali. Proses destilasi dilakukan sampai kadar minyak dalam uap habis.



Gambar 3. Instalasi dan alat penelitian **Hasil dan Pembahasan**

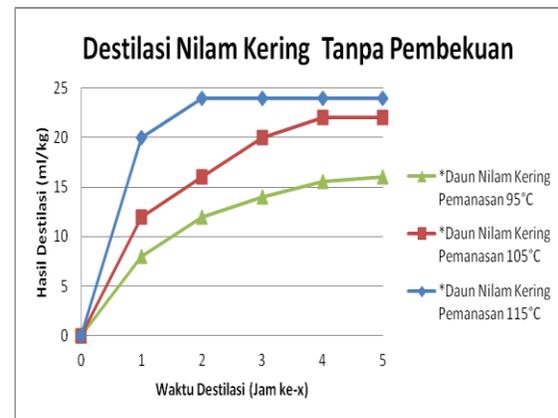
Karena nilam kering dan nilam basah memiliki berat jenis dan kadar air yang berbeda, maka perlu dilakukan pengujian tingkat kelembabannya. Pengujian kadar air

menggunakan *moisture analyser* dengan masing-masing sampel diambil 2 (dua) kali pengulangan. Hasil pengujiannya diketahui bahwa kadar air rata-rata batang dan daun nilam basah adalah 76,445 %, sedangkan kadar air rata-rata batang dan daun nilam kering adalah 12,928 % sehingga perbedaan kadar air nilam basah dibanding nilam kering adalah 16,912 : 1.

Proses destilasi nilam dilakukan untuk nilam dalam keadaan kering sebagaimana yang diolah oleh masyarakat selama ini. Sebelum didestilasi nilam kering diuji kadar airnya menggunakan *moisture analyser* dengan masing-masing sampel diambil 2 (dua) kali pengulangan. Dari pengujian diketahui bahwa kadar air rata-rata batang dan daun bahan baku nilam kering adalah 12,928 %.

Hasil Destilasi Nilam Tanpa Pembekuan

Hasil destilasi nilam kering tanpa pembekuan pra destilasi dapat dilihat pada Gambar 4.

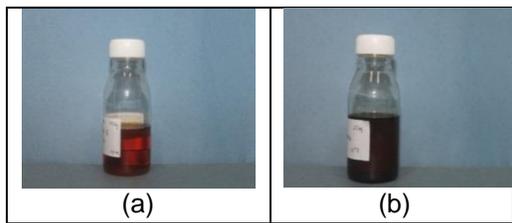


Gambar 4. Hasil destilasi nilam kering tanpa pembekuan.

Dari Gambar 4. nampak bahwa semakin tinggi temperatur destilasi menghasilkan volume minyak nilam per kg bahan baku nilam kering yang semakin banyak. Dari ketiga variasi temperatur nampak bahwa lama waktu destilasi nilam kering sampai kandungan minyaknya habis kurang dari 5

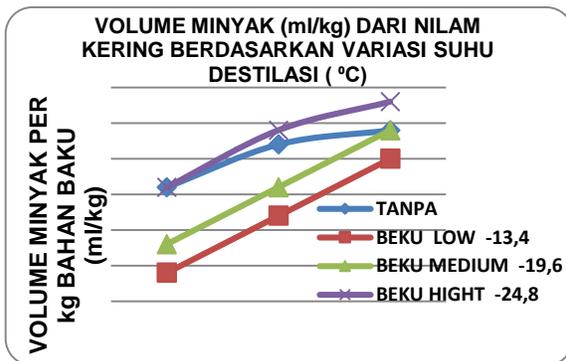
jam, bahkan hanya 2 jam saja untuk temperatur destilasi 115 °C. Ini menunjukkan bahwa temperatur destilasi 115 °C sangat efektif dalam menguapkan minyak nilam dari sel. Volume per kg bahan baku nilam kering yang dihasilkan pada temperatur destilasi 115 °C adalah 24 ml/ kg. Efektifitas penguapan pada temperatur destilasi 115 °C ini dikarenakan temperatur kerjanya sudah melebihi temperatur uap minyak (≈110 °C) dan didukung dengan kenaikan tekanan pada ruang destilasi.

Warna minyak yang dihasilkan dari proses destilasi nilam kering berdasarkan perbedaan temperatur destilasi tampak adanya perbedaan warna yaitu dari warna minyak yang cenderung jernih pada temperatur destilasi 95 °C dan cenderung coklat tua pada temperatur destilasi 115 °C, sebagaimana Gambar 5 berikut.



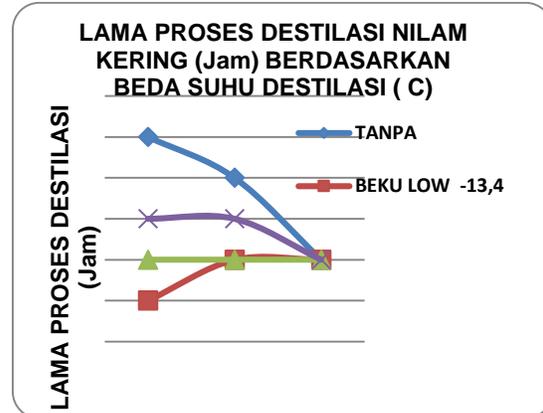
Gambar 5. Warna minyak nilam hasil destilasi nilam kering dengan variasi suhu destilasi (a) 95°C, (b) 115°C

Hasil Destilasi Nilam Pasca Pembekuan



Gambar 6. Perubahan volume minyak per kg bahan baku nilam kering.

Lama Waktu Destilasi



Gambar 7. Grafik lama waktu destilasi untuk bahan baku nilam kering

Dari Gambar 6 tampak bahwa volume minyak nilam yang dihasilkan meningkat seiring kenaikan temperatur destilasi. Semakin rendah temperatur pembekuan pra destilasi menghasilkan volume minyak per kg bahan baku nilam kering yang semakin besar. Pembekuan pra destilasi pada -13,4 °C dan -19,6 °C yang diikuti proses destilasi pada temperature 95 °C, 105 °C dan 115 °C masih kurang efektif menghasilkan volume minyak dibandingkan dengan yang tanpa pembekuan. Sebab, pada temperatur pembekuan -13,4 °C dan -19,6 °C belum mampu mengkristalkan kandungan air di dalam sel sehingga saat dilakukan proses destilasi kerusakan sel tidak maksimal dan proses penguapan minyak menjadi terhambat oleh kandungan air di disekitar sel. Proses penguapan minyak secara efektif terjadi pada temperatur pembekuan -24,8 °C yang dilanjutkan proses destilasi pada 105 °C dan 115 °C. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembekuan pra destilasi sampai pada - 24,8 °C memungkinkan proses kristalisasi air sampai ke dalam sel sehingga ketika dilakukan proses destilasi pada suhu 105 °C dan 115 °C yang diikuti kenaikan tekanan pada ruang destilasi, memungkinkan tingkat kerusakan sel minyak lebih besar sehingga

minyak nilam yang diupkan juga semakin banyak.

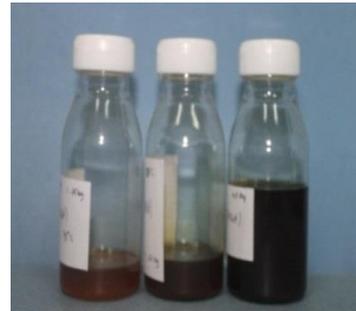
Dari Gambar 7 diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses destilasi bahan baku nilam kering menggunakan destilator dengan temperatur destilasi yang stabil, tidak lebih dari 5 jam. Bahkan untuk bahan baku yang dibekukan pra destilasi hanya membutuhkan waktu paling lama 3 jam. Diantara perlakuan yang diberikan, perlakuan pembekuan pra destilasi $-24,8^{\circ}\text{C}$ dan diupkan pada suhu 115°C menghasilkan volume minyak per kg nilam kering paling banyak dan waktu destilasi paling singkat

yaitu 28 ml/kg dengan waktu destilasi hanya 2 jam.

Secara umum warna minyak nilam yang dihasilkan dari proses destilasi mengalami perubahan akibat perubahan temperatur destilasi. Untuk temperature destilasi 95°C menghasilkan minyak yang berwarna coklat muda dan warnanya akan berubah semakin ke coklat tua dengan kenaikan temperatur destilasi ke 105°C dan 115°C . Pembekuan pra destilasi pada bahan baku nilam menghasilkan minyak yang agak keruh dibandingkan dengan produk minyak dari bahan baku yang tidak dibekukan sebagaimana Gambar 8 berikut.



(a)



(b)

Gambar 8. Minyak nilam hasil destilasi dengan bahan baku (a) tanpa pembekuan, (b) setelah pembekuan $-24,8^{\circ}\text{C}$

Permasalahannya adalah kualitas minyak nilam berdasarkan warna ataupun jernih dan tidaknya minyak tidak secara langsung dapat menunjukkan tingkat kualitas minyak yang dihasilkan, oleh karenanya masih harus dilakukan kajian lebih lanjut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari rumusan masalah dan analisis data serta pembahasan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Temperatur destilasi yang stabil mampu menaikkan volume minyak per kg berat bahan baku nilam kering dan mampu menurunkan lama waktu destilasi kurang dari 5 jam.

2. Volume minyak nilam yang dihasilkan per kg berat bahan baku nilam kering pasca pembekuan semakin meningkat seiring kenaikan temperatur destilasi.
3. Semakin rendah temperatur pembekuan pra destilasi menghasilkan volume minyak per kg bahan baku yang semakin tinggi.
4. Proses pembekuan pra destilasi nilam kering mampu mempersingkat waktu destilasi paling lama 3 jam.
5. Perlakuan pembekuan pra destilasi $-24,8^{\circ}\text{C}$ dan diupkan pada suhu 115°C menghasilkan volume minyak per kg nilam kering sampai 28 ml/kg dan waktu destilasi hanya 2 jam
6. Pengaruh temperatur destilasi yang semakin tinggi dari 95°C , 105°C dan

115 °C menghasilkan warna minyak nilam yang berbeda dari warna coklat muda ke warna coklat tua.

Saran

Dari beberapa hal yang ditemui selama penelitian maka dapat disarankan :

1. Perlu dilakukan karakterisasi terhadap kualitas minyak nilam hasil penelitian sehingga diperoleh kualitas minyak nilam yang memenuhi standar SNI- 06-2385-2006.
2. Perlu dicari pembuktian kualitas minyak nilam yang manakah yang paling baik dari hasil penelitian ini. Apakah yang coklat muda jernih, coklat tua jernih, coklat muda keruh ataupun coklat tua keruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Rektor Universitas Brawijaya yang telah mendanai penelitian ini melalui DIPA UB Nomor : DIPA-023.04.2.414989/2013, dan berdasarkan SK Rektor Universitas Brawijaya Nomor : 153/SK/2013

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiarto dan Sulisty E., 2010, Ampas Penyulingan Nilam Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Proses Produksi Minyak Nilam, *Jurnal Rekayasa Mesin.*, Vol.1, No.2, 27-34, Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang
- [2] Ketaren, S., 1985, *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta, 27-33, 191-204.
- [3] Hamidi Nurkholis and Tsuruta T., 2008, *A New Freezing Method Using Pre-Dehydration by Microwave-Vacuum Drying*, *Trans of the JSRAE.*, Vol.25, 291-298.
- [4] Zaritsky N., 2006, *Physical-Chemical Principles in Freezing*, in *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, Taylor & Francis Group, 4–29.
- [5] Sormani, A, Maffi, D, Bertolo, G, and Torreggiani, D., 1999, *Textural and Structural Changes of Dehydrofreeze-thawed strawberry slice: Effect of Different Dehydration Pretreatment*, *Food Science and Technology Int.*, 5, 479-485.
- [6] Tuti Tutuarima, Hari Soesanto, Meika S Rusli, Erliza Noor, 2008, Perbaikan Disain Proses Penyulingan Minyak Akar Wangi, *Prosiding Konferensi Nasional Minyak Atsiri.*, Surabaya
- [7] Tsuruta, T. and Hayashi, T., 2006, *Enhancement of Microwave Drying Under Reduced Pressure Condition by Irradiation Control and External Air Supply*, *Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers.*, Series B, No.05-1115
- [8] Omit Sumitra, 2003, Memproduksi Minyak Atsiri Biji Pala
- [9] Sun D.W. and Zheng L., 2006, *Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes*, *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, Taylor & Francis Group, 175–192.
- [10] Fennema, O.R., 1973, *Nature of freezing process. In Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, (O.R. Fennema, W.D. Powrie and E.H. Marth, eds.), 151-222, Marcel Dekker, New York.
- [11] Mazur P., 1984, *Freezing of living cells: mechanisms and implications. American Journal of Physiology.*, 143:C125–C142.
- [12] Meryman H.T., 1963, *Preservation of living cells. Federation Proceedings.*, 22 (1P1):81.
- [13] Hamidi Nurkholis and Tsuruta T., 2008 *Improvement of Freezing Quality of Food by Pre-dehydration with Microwave-Vacuum Drying*, *Journal of Thermal Science and Technology, Special Issue on the 2007 ASME-JSME Thermal Engineering Conference and Summer Heat Transfer Conference.*, Vol.3, No.1.