

PENINGKATAN MUTU DAN EFISIENSI PRODUKSI MINYAK AKAR WANGI MELALUI TEKNOLOGI PENYULINGAN DENGAN TEKANAN UAP BERTAHAP

Edy Mulyono, Djajeng Sumangat dan Tatang Hidayat
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar 12, Bogor 16114
Telepon (0251) 8321762; Email: bb_pascapanen@litbang.deptan.go.id

ABSTRAK

Minyak akar wangi (*Java Vetiver Oil*) merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang dihasilkan dari distilasi akar tanaman *Vetivera zizanioides* Stapf. Minyak akar wangi memiliki daya fiksasi aroma yang kuat sehingga banyak digunakan terutama dalam industri parfum, kosmetik, *aromatherapy* dan pewangi sabun. Mutu minyak akar wangi Indonesia relatif rendah jika dibandingkan dengan minyak asal Haiti dan Reunion. Warna yang gelap dan aroma gosong (*smoky burn*) pada minyak akar wangi Indonesia disebabkan oleh penggunaan tekanan tinggi (± 5 bar) yang konstan sejak awal penyulingan. Perbaikan mutu dan peningkatan efisiensi produksi minyak akar wangi perlu segera dilakukan agar minyak akar wangi Indonesia kembali dapat bersaing di pasar dunia. Peningkatan rendemen dan mutu minyak akar wangi dapat dilakukan melalui perbaikan cara panen dan penanganan pascapanen serta metode dan kondisi proses penyulingan. Penyulingan dengan tekanan uap bertahap merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk memperbaiki mutu minyak dan meningkatkan efisiensi produksi minyak akar wangi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tekanan uap bertahap (tekanan uap 2,0; 2,5; dan 3,0 bar dengan total waktu penyulingan 9 jam) dapat menghasilkan recovery minyak sebesar 92,58%, lebih tinggi dibandingkan dengan recovery minyak pada tekanan uap 3 bar secara konstan (90,4%). Mutu minyak yang dihasilkan memenuhi syarat SNI No. 06-2386-2006. Penggunaan tekanan uap bertahap juga dapat menghemat konsumsi energi (bahan bakar) rata-rata sebesar 8,30% dibandingkan dengan konsumsi energi yang digunakan pada penyulingan rakyat.

Kata Kunci: mutu minyak akar wangi, penyulingan, tekanan uap bertahap, konsumsi bahan bakar

ABSTRACT. Edy Mulyono, Djajeng Sumangat, and Tatang Hidayat. 2012. **Improvement of Quality and Production Efficiency of Vetiver Oil through Application of Gradual Steam Pressure Method during Distillation.** Vetiver oil is one of the essential oils which be produced from the distillation of roots of *Vetivera zizanioides* Stapf. In the world market known as the Java Vetiver Oil. Vetiver oil has a strong aroma fixation because it widely used in the perfume industry, cosmetics, aromatherapy and fragrance soap. Quality of Indonesia vetiver oil is relatively low when compared to the oil from Haiti and Reunion. Dark color and smoky burn flavor found in Indonesia vetiver is caused by the application of constant high steam pressure (± 5 bar) since the beginning of distillation process. Improving the quality and increasing the efficiency of vetiver oil production are an urgent needed to be done so that vetiver oil of Indonesia would be competitive again in the world market. Improved yield and quality of vetiver oil can be made through improvement of harvest practice and postharvest handling method as well as improvement of method and conditions of the distillation process. Distillation with gradual steam pressure method is one solution which can be used to improve oil quality and increase production efficiency of vetiver oil. Some research indicated that the use of the steam pressure gradually (steam pressure of 2.0, 2.5, and 3.0 bars with a total distillation time of 9 hours) can produce oil recovery of 92.58%, higher than that of oil recovery (90.4%) when using constant steam pressure of 3 bars. Quality of oil produced met quality requirement of National Indonesian Standard (SNI) No. 06-2386-2006. The application of gradual steam pressure method can also save energy (fuel) consumption as much as 8.30% compared with the energy consumption used in the distillation practiced by small scale processor.

Key words: vetiver oil, distillation, gradual steam pressure, quality, energy consumption.

PENDAHULUAN

Minyak akar wangi merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang banyak digunakan dalam industri parfum, kosmetika dan pewangi sabun¹. Minyak akar wangi memiliki daya fiksasi yang kuat sehingga banyak digunakan sebagai pengikat aroma (*fixative agent*) dalam parfum dan kosmetika. Manfaat lain minyak akar wangi adalah sebagai bahan insektisida alami², sedangkan dalam obat herbal berfungsi sebagai *carminative*, *stimulant*, dan *diaphoretic*^{3,4}. Sifat dan kegunaan minyak akar wangi tersebut berkaitan dengan komponen kimia yang dikandungnya. Komponen utama minyak akar wangi adalah senyawa golongan seskuiterpen (3-4%), seskuiterpenol (18-25%) dan seskuiterpenon seperti asam benzoat, vetiverol, furfurol, α dan β -vetivon, vetiven dan vetivenil vetivenat^{5,6}.

Minyak akar wangi merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang telah lama menjadi komoditas ekspor Indonesia. Di pasar dunia, minyak akar wangi Indonesia dikenal dengan nama dagang *Java Vetiver Oil*. Sebelum Perang Dunia II, minyak akar wangi Indonesia sangat disukai di pasaran dunia karena mutunya tinggi. Dewasa ini, Haiti dan Reunion menggantikan posisi Indonesia di pasar dunia. Minyak akar wangi yang berasal dari kedua negara tersebut diyakini memiliki mutu yang terbaik⁷.

Volume perdagangan minyak akar wangi dunia rata-rata 250.000 kg per tahun³, dengan konsumen utamanya yaitu USA, Eropa, India dan Jepang. Pada tahun 2002, Amerika Serikat mengimpor minyak akar wangi 13.395 kg dengan nilai US\$ 675.000⁸. Di tingkat dunia, Indonesia pernah menjadi pemasok minyak akar wangi terbesar kedua setelah Haiti. Pada tahun 1989, Indonesia memasok \pm 40% dari kebutuhan dunia dengan volume ekspor 245-265 ton. Namun, pada tahun 2005, volume ekspor Indonesia menurun drastis menjadi hanya 63,62 ton dengan nilai US\$ 1.062.192⁹. Minyak akar wangi Indonesia di pasar dunia mendapat harga yang rendah berkisar antara US\$ 58-60 per kg. Harga minyak akar wangi tersebut jauh lebih rendah dari harga minyak akar wangi asal Haiti (US\$ 93 per kg) dan Brazil (US\$ 85/kg).

Menurunnya volume ekspor dan rendahnya harga minyak akar wangi Indonesia disebabkan oleh rendahnya produksi dan mutu minyak akar wangi. Rendemen minyak akar wangi yang dihasilkan rendah, hanya sekitar 1,2% dari potensi minyak 2-3% dan kadar vetiverolnya dibawah 50%

¹⁰. Kondisi tersebut merupakan akumulasi dari kurang baiknya mutu bahan baku, penggunaan alat penyuling dan teknologi proses yang belum terstandar serta tidak adanya insentif harga bagi minyak akar wangi yang bermutu baik¹⁰. Mutu minyak akar wangi Indonesia merosot tajam sejak akhir tahun 90-an sebagai akibat terjadinya *burning* pada proses penyulingan yang menyebabkan adanya aroma gosong (*smoky burn*), sehingga dalam perdagangannya mendapat harga yang rendah. Menurut Chomchalow⁷, akibat mutunya kurang baik tersebut maka minyak akar wangi asal Indonesia di pasar dunia sering mendapatkan potongan harga yang sangat merugikan.

Minyak akar wangi diproduksi dengan cara distilasi (penyulingan) akar tanaman. Dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya, proses penyulingan minyak akar wangi relatif lebih sulit dilakukan, karena sel-sel minyaknya terletak pada bagian dalam jaringan akar yang relatif keras. Untuk mengekstraknya, minyak harus berdifusi dari bagian dalam jaringan akar ke permukaan yang umumnya berjalan lambat. Fraksi senyawa yang paling bernilai pada minyak akar wangi adalah vetiverol dan vetivon yang memiliki titik didih dan bobot jenis tinggi. Senyawa tersebut akan tersuling pada akhir proses penyulingan sehingga fraksi-fraksi tersebut memiliki kontribusi yang besar terhadap lamanya waktu penyulingan⁷.

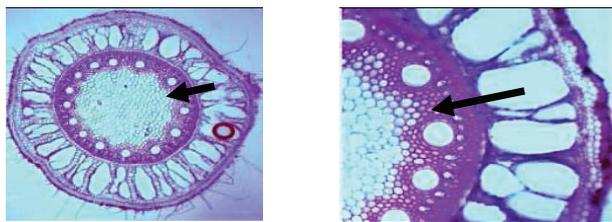
Produsen minyak akar wangi di Kabupaten Garut sebagai sentra produksi minyak akar wangi Indonesia umumnya melakukan penyulingan dalam waktu yang lama (22-24 jam). Hal tersebut menunjukkan bahwa proses penyulingan dan peralatan yang digunakan kurang efisien, padahal di bawah kondisi penyulingan uap yang ideal, waktu distilasi minyak akar wangi yang realistis yaitu selama 15-18 jam³. Produsen minyak akar wangi di Kabupaten Garut berusaha mempersingkat waktu penyulingan dengan cara melakukan proses penyulingan pada tekanan yang tinggi (\pm 5 bar) sejak awal penyulingan. Hal tersebut dilakukan untuk menekan biaya produksi dengan cara menghemat bahan bakar terutama sejak kenaikan harga BBM yang signifikan pada tahun 1998. Dengan cara tersebut waktu penyulingan lebih singkat menjadi hanya 10-12 jam, namun berakibat pada rendahnya mutu minyak akar wangi seperti warnanya yang gelap dan berbau gosong (*smoky burn*).

Tulisan ini menguraikan aspek-aspek produksi minyak akar wangi termasuk inovasi teknologi untuk meningkatkan mutu dan efisiensi produksi minyak akar wangi sehingga berdampak

pada peningkatan pendapatan petani dan penyuling, serta memberikan manfaat terhadap pengembangan teknologi produksi minyak atsiri.

MINYAK AKAR WANGI

Minyak akar wangi merupakan salah satu jenis minyak atsiri bernilai ekonomi tinggi yang dihasilkan dari tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf). Menurut Heyne¹¹, bagian tanaman yang mengandung minyak yaitu akar, sedangkan bagian lainnya seperti batang dan daun tidak mengandung minyak. Rumpun tanaman akar wangi terdiri atas sejumlah akar-akar halus yang berwarna kuning pucat atau abu-abu sampai merah tua dan mengandung minyak atsiri yang kental dengan bau halus dan tahan lama¹². Secara anatomis minyak akar wangi terdapat dalam kantung-kantung minyak yang berada di antara lapisan *cortex* dan endodermis akar tanaman akar wangi (Gambar 1). Minyak yang tersimpan di bawah lapisan permukaan disebut sebagai *subcutaneous oils*¹³.



Gambar 1. Kantong minyak akar wangi (Lavania et al.)¹³

Figure 1. Root cells containing vetiver oil (Lavania et al.)¹³

Menurut Guenther¹, minyak akar wangi merupakan salah satu bahan baku yang penting untuk parfum. Minyak ini dalam parfum menghasilkan bau kuat yang menyenangkan dan tahan lama sekaligus berfungsi sebagai fiksatif alamiah. Namun, jika pemakaiannya berlebihan dapat mengakibatkan kesan bau *woody*. Minyak akar wangi baik untuk campuran dengan minyak atsiri lain terutama minyak cendana, nilam dan mawar. Minyak ini mempunyai aroma yang lembut dan halus disebabkan oleh senyawa ester, asam vetivenat, vetiveron serta vetiverol yang saat ini belum dapat dibuat senyawa sintesisnya¹⁴.

Minyak akar wangi merupakan salah satu minyak atsiri yang mengandung campuran sesquiterpen alkohol dan hidrokarbon yang sangat kompleks^{15,4}. Minyak ini termasuk jenis minyak atsiri yang kental dengan laju volatilitas yang rendah⁴.

Komponen utama penyusun minyak akar wangi terdiri dari sesquiterpen hidrokarbon (γ -cadinen, cloven, α -amorphine, aromadendren, junipen, dan turunan alkoholnya), vetiverol (khusimol, epiglobulol, spathulenol, khusinol, serta turunan karbonilnya), dan vetivon (α -vetivon, β -vetivon, khusimon dan turunan esternya). Di antara komponen-komponen tersebut, α -vetivon, β -vetivon, dan khusimon merupakan komponen utama sebagai penentu aroma minyak akar wangi. Ketiga komponen ini disebut sebagai sidik jari (*finger print*) minyak akar wangi¹⁶. Rumus molekul dari vetivon adalah $C_{15}H_{22}O$, dengan berat molekul 218,33. Komponen penting lainnya adalah vetiverol, senyawa ini sangat mempengaruhi bilangan ester setelah asetilasi. Rumus molekul vetiverol adalah $C_{15}H_{24}O$ dengan berat molekul 220,34. Menurut Moestafa dan Moermanto¹⁷, peningkatan kadar vetiverol di dalam minyak akar wangi sekaligus dapat meningkatkan mutu minyaknya.

Champagnat *et al.*¹⁸ melaporkan komposisi kimia minyak akar wangi dari sembilan negara, yaitu Brazil, Cina, Haiti, India, Indonesia, Madagaskar, Meksiko, Reunion dan Salvador. Hasil analisis GC-MS minyak akar wangi tersebut teridentifikasi sekitar 110 senyawa dengan komponen utamanya sesquiterpen. Karakteristik komponennya yaitu β -vetispirin (1,6-4,5%), khusimol (3,4-13,7%), vetiselinol (1,3-7,8%) dan α -vetivon (2,5- 6,3%). Hasil identifikasi minyak akar wangi yang dilakukan Cazaussus¹⁵ menunjukkan hasil yang relatif sama bahwa kandungan senyawa lebih dari 100 komponen dengan 28 komponen terutama dari golongan sesquiterpen.

Martinez *et al.*¹⁹, telah membandingkan komposisi minyak akar wangi yang berasal dari Indonesia, Brazil, Haiti, dan Bourbon. Hasilnya menunjukkan bahwa komposisi minyak berbeda secara kuantitatif tetapi jenis komponennya hampir sama. Ditinjau dari komponen utama penentu aroma, minyak akar wangi Indonesia mengandung α -vetivon, β -vetivon, dan khusimon berturut-turut sebesar 4,0; 6,0; dan 2,6%, sedangkan minyak akar wangi Haiti sebesar 4,8; 5,6; dan 3,5%, minyak asal Brazil 5,4; 1,5; dan 3,6% dan minyak asal Bourbon sebesar 3,3; 3,9; dan 3,9%.

Adhika²⁰ melaporkan bahwa hasil pengujian GC-MS minyak akar wangi hasil penyulingan tradisional di Bayongbong, Garut, diperoleh senyawa trisiklo-vetiverol sebagai komponen tertinggi yaitu dengan konsentrasi 9,72%, disusul β -vetivon, *cycloisolongifolene* dan α -vetivon dengan konsentrasi masing-masing

6,29%, 5,77% dan 5,75%. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa kadar sesquiterpen alkohol (vetiverol total) sebesar 30,74% dan sesquiterpen keton (vetivon total) sebesar 12,04%. Jika dijumlahkan antara vetiverol total dan vetivon total yang kedua golongan merupakan sesquiterpen-O (hidrokarbon-O), maka minyak akar wangi hasil penyulingan tradisional di Bayongbong, Garut diperoleh jumlah sesquiterpen-O sebesar 42,78%. Jika dibandingkan dengan persyaratan kadar vetiverol total dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-2386²¹, yaitu minimal 50% (Tabel 2), ternyata minyak akar wangi ini belum memenuhi persyaratan mutu SNI. Dalam proses penyulingan, senyawa vetiverol dan vetivon akan tersuling pada akhir proses penyulingan karena kedua senyawa tersebut memiliki bobot jenis dan titik didih yang tinggi sehingga bila waktu penyulingan yang dibutuhkan tidak terpenuhi maka senyawa tersebut tidak dapat tersuling secara maksimal.

Senyawa penyusun minyak akar wangi sangat berpengaruh terhadap sifat fisiko-kimia minyaknya dan sifat ini sangat menentukan mutu minyak akar wangi. Sifat fisiko-kimia minyak akar wangi dipengaruhi berbagai faktor antara lain asal daerah, jenis tanaman, umur panen, metode dan peralatan penyulingan yang digunakan. Oleh karena itu, sifat fisiko-kimia minyak akar wangi dari beberapa negara produsen berbeda satu sama lainnya²². Perbedaan sifat fisiko-kimia minyak akar wangi dari beberapa negara produsen disajikan pada Tabel 1.

Tinggi rendahnya mutu minyak akar wangi ditentukan oleh sifat fisiko-kimianya. Sifat fisiko-

kimia yang menjadi parameter mutu minyak akar wangi antara lain warna, aroma, bobot jenis, indeks bias, bilangan asam, bilangan ester, bilangan ester setelah asetilasi, kelarutan dalam alkohol, dan total kandungan vetiverol. Standar mutu minyak akar wangi dalam perdagangan internasional belum seragam, dan masing-masing negara penghasil dan pengimpor menentukan standar minyak akar wangi menurut kebutuhannya sendiri.

PANEN DAN PENANGANAN PASCAPANEN AKAR WANGI

a. Panen

Mutu bahan baku akar wangi merupakan salah satu permasalahan dalam produksi minyak akar wangi. Sentra budidaya tanaman dan produksi minyak akar wangi di Indonesia berada di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Sentra tersebut tersebar di Kecamatan Samarang, Bayongbong, Cilawu, Pasirwangi dan Leles. Sebagian petani di Kabupaten Garut memanen akar wangi sebelum mencapai umur panen karena terdorong oleh kebutuhan biaya hidup yang berakibat pada rendahnya rendemen dan mutu minyak yang dihasilkan. Kadang-kadang tanaman dipanen terlalu tua, bahkan tidak dipanen, malah dibakar karena harga jualnya terlalu rendah (PT. Djasula Wangi, 2006). Rendemen minyak akar wangi yang dihasilkan oleh petani di Kabupaten Garut berkisar antara 0,27-0,35%, jauh lebih rendah dari potensi rendemen minyak yang bisa mencapai 0,3-2,0 %³.

Tabel 1. Sifat fisiko-kimia minyak akar wangi dari beberapa negara produsen

Table 1. Physico-chemical characteristics of vetiver oil from some countries

Karakteristik/Characteristic	Indonesia	Reunion	Haiti
• Bobot jenis (15°C)/ <i>density</i> (15°C)	0,9926–1,0444	0,99–1,02	0,999–1,014
• Putaran optik/ <i>optical rotation</i>	(20° 30')–(46°0')	(14°0')–(37°0')	(22°0')–(31°44')
• Indeks bias (20°C)/ <i>refractive index</i> (20°C)	1,5189–1,5306	1,515–1,529	1,5198–1,5250
• Bilangan asam/ <i>acid number</i>	8,4–40,1	4,5–17	7,5–16,8
• Bilangan ester/ <i>esther number</i>	5,6–24,6	5–20	8,4–52,3
• Bilangan ester setelah asetilasi / <i>acetylated esther number</i>	103,7–151,2	119–145	124–264
• Kelarutan dalam alkohol 80% / <i>solubility in ethanol 80% (v/v)</i>	Larut dalam 1–2 vol. Kadang berubah warna sampai keruh dengan alkohol lebih banyak / <i>Soluble in 1-2 vol. ratio, sometimes color changes until cloudy if more ethanol added</i>	Larut dalam 1-2 vol. alkohol, dengan warna sedikit suram sampai keruh / <i>Soluble in 1-2 vol. ratio, with less hazy to cloudy colors</i>	Larut dalam 0,5 vol. alkohol 90% / <i>Soluble in 0.5 vol. Alcohol 90%</i>

Hasil observasi yang dilakukan Mulyono *et al.*²³ di sentra produksi minyak akar wangi di Kabupaten Garut menemukan hal yang sama, yaitu mutu akar wangi yang disuling umumnya kurang baik. Hal tersebut disebabkan oleh : a) akar wangi dipanen pada umur yang terlalu tua (rata-rata di atas 12 bulan) atau kadang-kadang dipanen pada umur muda (10 bulan) yang kandungan minyaknya relatif rendah, dan b) akar wangi yang disuling banyak mengandung tanah dan bonggol yang tidak mengandung minyak.

Umur panen sangat menentukan rendemen dan mutu minyak akar wangi yang dihasilkan. Sistem perakaran tanaman akar wangi telah mengalami perkembangan yang penuh setelah berumur 24 bulan. Akar yang telah mencapai umur tersebut mempunyai mutu minyak yang tinggi, akan tetapi kandungan minyaknya dalam akar menurun. Akar yang muda berpenampilan kurus, hampir seperti rambut, jika dicabut mudah putus dan tertinggal di dalam tanah. Penyulingan akar tersebut akan menghasilkan minyak dengan bobot jenis dan putaran optik yang rendah. Akar yang lebih tua, lebih tebal dan bercabang-cabang menghasilkan minyak dengan bobot jenis dan putaran optik lebih tinggi dengan aroma yang dihasilkan lebih lengkap dan tahan lama. Menurut Ketaren¹², minyak yang disuling dari akar muda umumnya mempunyai nilai putaran optik yang rendah ($+13^{\circ}$ s/d $+17^{\circ}$) dengan bobot jenis rendah pula, sukar larut dalam alkohol, dan komponen minyaknya sebagian besar terdiri atas terpene dan sesquiterpene. Akar yang telah tua menghasilkan minyak dengan putaran optik lebih tinggi ($+19^{\circ}$ s/d $+23^{\circ}$), bobot jenis lebih tinggi, dan bersifat lebih larut dalam alkohol serta berbau lebih wangi.

Menurut Anonymous²⁴, ciri-ciri akar pada berbagai tingkat umur panen adalah sebagai berikut : a) umur panen kurang dari 10 bulan akarnya lunak, coklat, keputih-putihan dan rapuh; b) umur panen 10-12 bulan akarnya besar-besar warna coklat tetapi rapuh; c) umur panen 14-18 bulan akarnya keras, besar kenyal dan berwarna coklat. Minyak yang diperoleh dari akar tua warnanya lebih gelap daripada yang berasal dari akar muda¹⁴.

b. Penanganan Pascapanen

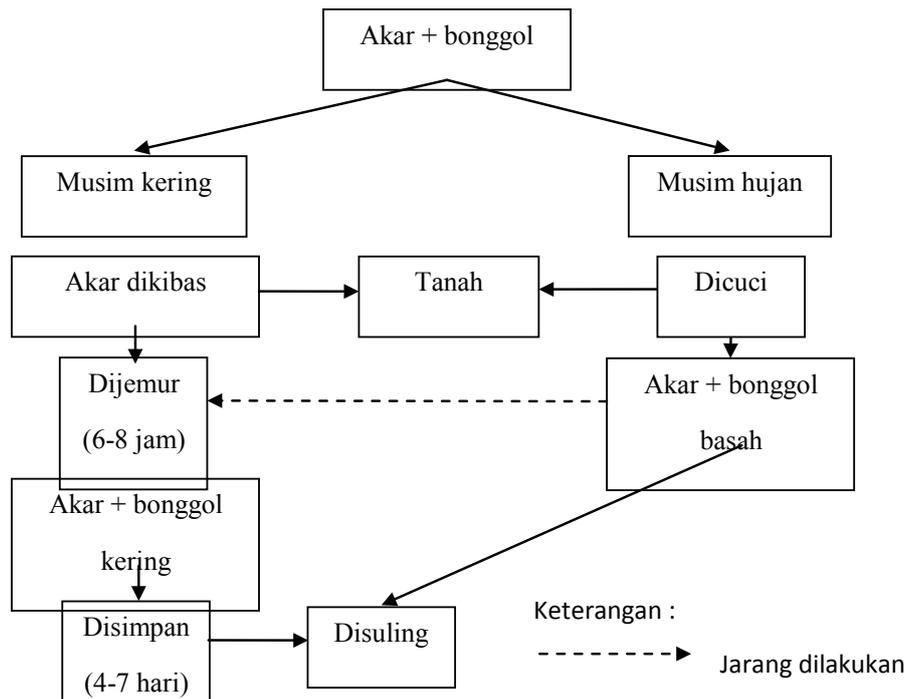
Penanganan pascapanen akar wangi di tingkat petani pada umumnya dilakukan dengan sangat sederhana. Kondisi tersebut mengakibatkan bahan baku yang akan disuling bermutu rendah sehingga menghasilkan mutu minyak akar wangi yang rendah pula. Di Kabupaten Garut, akar yang dipanen

umumnya terdiri atas bonggol dan akar yang menempel pada bonggol dengan komposisi 30-50 persen akar dan 50-70 persen bonggol, namun pada umumnya komposisi akar : bonggol = 40 : 60 persen. Di Kecamatan Samarang Garut, bagian bonggol umumnya tidak dibuang dan kotoran (tanah) yang melekat pada akar dipisahkan dengan cara akar dikibas-kibas, kemudian dijemur 6-8 jam. Pada musim hujan, sebagian penyuling melakukan pencucian akar dan langsung disuling tanpa dijemur. Penanganan pascapanen akar wangi di Kecamatan Bayongbong Garut sedikit berbeda dan relatif lebih baik dari Kecamatan Samarang. Sebagian bonggol dicincang (*pares kancing*), kemudian dicuci dan dijemur selama 8-10 jam di atas tanah atau tikar. Selanjutnya akar kering beserta bonggol segera disuling tanpa melalui penyimpanan.

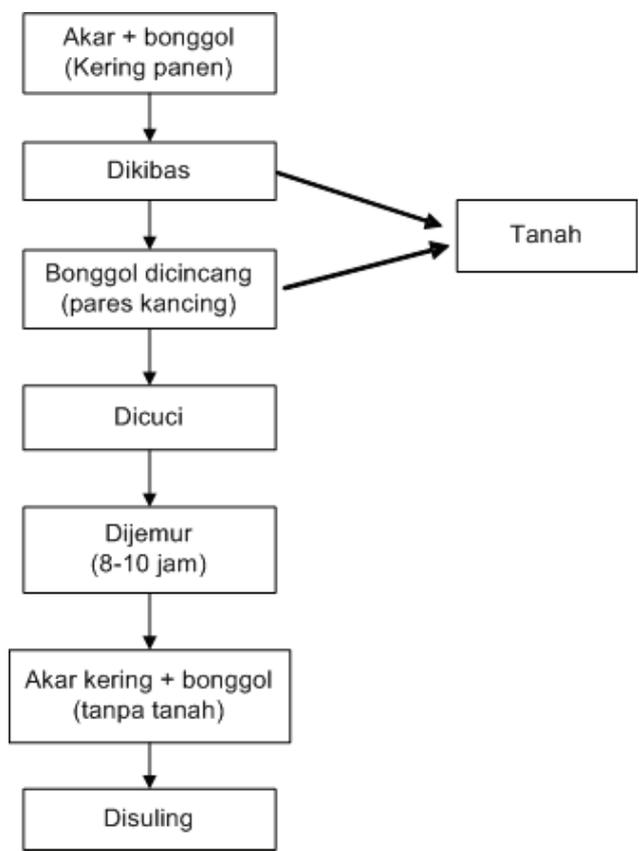
Menurut Mulyono *et al.*,²³ setiap 1 ton akar kering panen (dari kebun) jika dicuci dan dikeringkan menghasilkan 0,35 ton akar kering gudang (pada musim kering), dan sekitar 0,55 ton akar kering (pada musim hujan). Penyimpanan akar setelah penjemuran jarang dilakukan, kecuali jika jumlah akar cukup banyak, sehingga terpaksa disimpan dengan cara ditumpuk selama 4-7 hari di dekat ketel suling. Penyimpanan seperti ini mengakibatkan kehilangan minyak sekitar 0,5 kg/1,5 ton akar kering panen. Alur penanganan pascapanen akar wangi yang dilakukan di Kecamatan Samarang dan Bayongbong, Garut disajikan pada Gambar 2 dan 3²³.

Penanganan pascapanen akar wangi harus dilakukan dengan baik sebelum dilakukan proses penyulingan. Penanganan pascapanen yang baik dapat meningkatkan rendemen dan memperbaiki mutu minyak akar wangi. Penanganan pascapanen yang perlu dilakukan sebelum proses penyulingan akar wangi meliputi pembersihan, pencucian, pengeringan, pemisahan bonggol dan pengecilan ukuran (perajangan) akar. Peningkatan rendemen minyak yang diawali perlakuan tersebut telah dibuktikan Fajar²⁵ dengan proses pembersihan, dan Rusli *et al.*²⁶ dengan proses pengeringan serta perajangan.

Sebelum penyulingan, akar wangi dibersihkan dengan dicuci (di sungai atau air mengalir) sambil dikibaskan sampai semua tanah yang menempel terlepas dari akar. Air yang menempel pada akar juga dikibaskan atau ditiriskan. Fajar²⁵, telah membandingkan rendemen minyak dari akar wangi yang dibersihkan dan tidak dibersihkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen minyak yang diperoleh dari akar wangi



Gambar 2. Alur penanganan akar wangi di Kecamatan Samarang, Garut (Mulyono et al.,²³)
 Figure 2. Flow chart of postharvest handling of vetiver roots in Samarang, District of Garut, West Java (Mulyono et al.,²³)



Gambar 3. Alur penanganan bahan akar wangi di Kecamatan Bayongbong, Garut (Mulyono et al.,²³)
 Figure 3. Flow diagram of postharvest handling of vetiver roots in Bayongbong, District of Garut, West Java (Mulyono et al.,²³)

yang dibersihkan adalah 1,04%, nilai ini lebih tinggi dibandingkan rendemen dari akar wangi yang tidak dibersihkan yaitu 0,66%.

Pengeringan akar wangi dilakukan dengan dijemur atau diangin-anginkan pada tempat yang agak teduh. Penjemuran akar dilakukan di atas lantai penjemur yang diberi alas tikar, atau bambu anyam dengan ketebalan 20-30 cm. Penjemuran dilakukan dari jam 09.00-14.00 dan dibolak-balik sebanyak 2-3 kali selama kurang lebih 2 hari. Penjemuran selesai jika kadar air akar wangi telah mencapai sekitar 15%. Pada proses pengeringan akan terjadi kerusakan dinding sel yang memudahkan pengeluaran minyak, sehingga waktu penyulingan lebih singkat. Guenther¹, menyatakan bahwa selama pengeringan terjadi pergerakan air yang menyebabkan kehilangan minyak. Thorpe²⁷ mengemukakan bahwa pengeringan dapat menaikkan rendemen meskipun sebagian minyak menguap selama pengeringan. Hasil penelitian Rusli *et al.*²⁶ memperlihatkan bahwa pengeringan meningkatkan rendemen minyak akar wangi. Akar kering yang disuling melalui sistem kukus dengan lama penyulingan 18 jam menghasilkan rendemen minyak sebesar 1,6-2,1%, lebih tinggi dari rendemen minyak akar segar (basah) yaitu 0,4-0,5%. Selain itu, minyak akar wangi yang dihasilkan dari akar kering mutunya lebih tinggi dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan dari akar segar.

Sebelum dilakukan proses penyulingan, akar dipisahkan dari bonggolnya (Gambar 4) dengan menggunakan golok atau perajang akar, kemudian dirajang sehingga berbentuk potongan akar yang pendek (Gambar 5a). Proses perajangan bertujuan untuk memudahkan penguapan minyak dari bahan, mengurangi sifat kamba bahan, dan memperluas permukaan suling. Proses perajangan dapat dilakukan dengan golok atau dengan mesin khusus perajang akar, dengan panjang sekitar 15-20 cm. Setelah dirajang, akar harus segera dimasukkan ke dalam ketel suling untuk menghindari penguapan minyak dari bagian akar yang dipotong. Pada perajangan akar wangi tanpa bonggol dengan ukuran 15-20 cm diperoleh rendemen 1,6-2,1%²⁶.

Jika akar wangi tidak segera disuling, akar dikemas dalam karung plastik dan ditutup rapat, kemudian disimpan dengan cara ditumpuk dalam gudang yang terlindung dari cahaya matahari, tidak lembab, suhu 20-30°C, dan letaknya jauh dari ketel suling. Tujuannya adalah untuk mengurangi penguapan minyak selama penyimpanan. Petani yang tidak memiliki alat penyulingan, maka akar yang telah kering dipres dan diikat sehingga

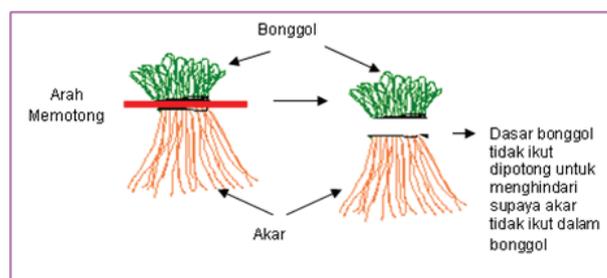
berbentuk bundel (Gambar 5b) dengan berat sekitar 100 kg, kemudian dikemas dalam keranjang. Petani menjual akar wangi tersebut kepada pedagang perantara, untuk selanjutnya dijual ke pabrik penyulingan atau eksportir.

PENYULINGAN MINYAK AKAR WANGI

a. Metode dan Peralatan Penyulingan

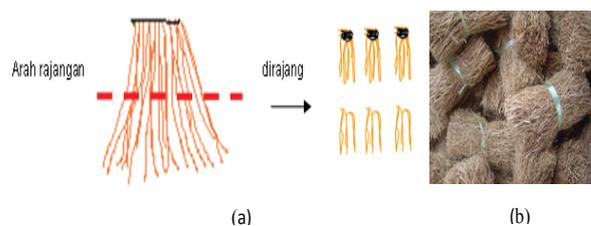
Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen yang berupa cairan dari dua macam campuran atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing komponen tersebut. Campuran cairan yang disuling dapat berupa cairan yang tidak larut (*immiscible*) dan selanjutnya menghasilkan distilat dua fase atau cairan yang saling melarutkan secara sempurna (*miscible*) yang hanya membentuk distilat satu fase. Pada prakteknya prinsip penyulingan campuran cairan dua fase dilakukan untuk memisahkan minyak atsiri dari bahan tanaman dengan cara penguapan dengan bantuan uap air¹².

Dalam industri minyak atsiri dikenal tiga macam metode penyulingan, yaitu : 1) penyulingan dengan air (*water distillation*), 2) penyulingan dengan uap dan air (*water and steam distillation*), dan 3) penyulingan dengan uap (*steam distillation*).



Gambar 4. Pemotongan akar dari bonggol tanaman akar wangi (Anonymous,¹⁰)

Figure 4. Cutting of vetiver roots from its root heads (Anonymous,¹⁰)



Gambar 5. Rajangan akar wangi kering ukuran 15-20 cm (Anonymous,¹⁰)

Figure 5. Chops of vetiver roots (10-15 cm long) (Anonymous,¹⁰)

Pada penyulingan dengan air, bahan yang akan disuling kontak langsung dengan air mendidih. Pada penyulingan dengan menggunakan uap dan air, bahan diletakkan pada rak-rak atau saringan berlubang, sehingga bahan tidak mengalami kontak langsung dengan air yang digunakan untuk menghasilkan uap. Tekanan yang dihasilkan dalam ketel suling untuk kedua cara ini biasanya sekitar 1 atm. Penyulingan dengan menggunakan uap, pada dasarnya hampir sama dengan penyulingan menggunakan uap dan air. Perbedaannya adalah uap panas yang digunakan berasal dari ketel uap yang terpisah dari ketel suling. Tekanan uap dalam ketel suling dapat dimodifikasi sesuai dengan kondisi bahan.

Pemilihan metode penyulingan sangat menentukan keberhasilan dan efisiensi proses penyulingan. Penyulingan dengan uap langsung memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan penyulingan air dan penyulingan air-uap, tetapi membutuhkan peralatan yang lebih kompleks dan mahal. Ketaren¹² merekomendasikan penyulingan uap untuk bahan yang mengandung minyak bertitik didih tinggi yang lebih stabil terhadap panas termasuk minyak akar wangi.

Peralatan penyulingan minyak akar wangi di Kabupaten Garut sebagian besar menggunakan sistem penyulingan dengan uap dan air (kukus). Di Kecamatan Bayongbong ada satu unit alat penyuling yang menggunakan sistem penyulingan uap. Bahan konstruksi alat penyuling yang digunakan di Kabupaten Garut sudah cukup baik karena hampir seluruhnya menggunakan *stainless steel*²⁸. Kapasitas alat penyuling yang dimiliki produsen minyak akar wangi di Kabupaten Garut berkisar antara 1,2-1,5 ton akar. Dengan kapasitas tersebut dapat dihasilkan minyak akar wangi antara 5-7 kg per penyulingan (rendemen 0,4-0,5%), sehingga dalam satu hari dapat dihasilkan 10-14 kg minyak karena umumnya penyulingan dilakukan selama 12 jam²⁹.

Bahan bakar yang digunakan untuk proses produksi hampir seluruhnya menggunakan minyak tanah dengan konsumsi bahan bakar antara 250–300 liter/satu kali penyulingan (rata-rata 250 liter) atau 21-25 liter minyak tanah/jam²³. Konsumsi energi yang digunakan tersebut sangat tinggi sehingga proses penyulingan akar wangi di Kabupaten Garut sangat boros bahan bakar. Hasil identifikasi yang dilakukan Mulyono *et al.*²³, menemukan penyebab tingginya konsumsi bahan bakar, antara lain disebabkan : a) volume air dalam

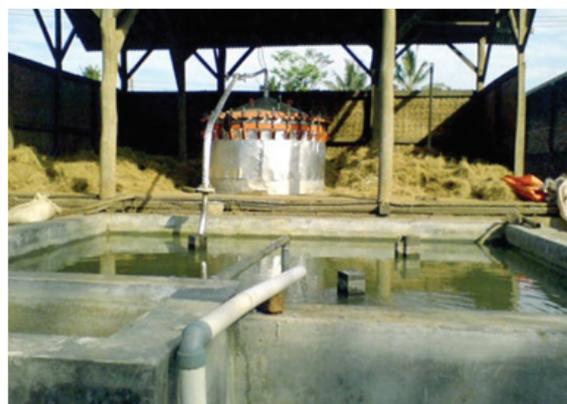
ketel penyuling terlalu tinggi, yaitu 3.308-3.395 liter air, sehingga memerlukan waktu sekitar 3 jam untuk memanaskan air sampai mendidih dan b) bagian ketel penyuling (dinding, tutup, dasar) dan pipa penghubung ketel dengan kondensor tidak dilapisi dengan isolator panas, sehingga sebagian uap di sekitar dinding ketel terkondensasi dan tidak berhasil keluar ke kondensor. Hal tersebut dapat mengakibatkan sebagian komponen minyak terkondensasi dan terpolimerisasi sehingga tidak berhasil keluar dari dalam ketel.

Perbaikan disain peralatan penyuling yang dilakukan oleh Suwarda²⁹ antara lain dengan memberi isolator pada ketel penyuling (dinding, tutup, dasar) dan pipa penghubung ketel-kondensor dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi ketel penyuling. Hal tersebut ditandai dengan tingkat *recovery* minyak dan efisiensi ketel yang tinggi. Kehilangan energi pada ketel suling (dinding, tutup, dasar) dan pipa penghubung ketel-kondensor tidak signifikan terhadap keseluruhan konsumsi bahan bakar.

b. Kondisi Proses Penyulingan

Selain metode penyulingan dan penanganan pascapanen, kondisi proses penyulingan sangat mempengaruhi rendemen dan mutu minyak akar wangi. Kondisi proses penyulingan yang memengaruhi rendemen dan mutu minyak akar wangi yaitu kepadatan bahan, tekanan uap, laju dan lama penyulingan.

Kepadatan bahan di dalam ketel sangat berpengaruh terhadap kemudahan uap berpenetrasi kedalam bahan untuk membawa molekul minyak, sehingga memengaruhi rendemen dan efisiensi penyulingan. Guenther²² menyebutkan bahwa



Gambar 6. Salah satu unit penyulingan minyak akar wangi di Kabupaten Garut

Figure 6. Distillation unit in District of Garut, West Java)

tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata menyebabkan terbentuknya jalur uap (*rat holes*) yang dapat menurunkan rendemen dan mutu minyak.

Menurut Ketaren¹² jumlah minyak yang menguap ditentukan oleh tekanan uap, berat molekul komponen-komponen dalam minyak, dan kecepatan minyak dikeluarkan dari bahan. Agar diperoleh minyak yang bermutu tinggi maka penyulingan hendaknya berlangsung pada tekanan rendah dan dapat juga pada tekanan tinggi tetapi dalam waktu yang singkat²². Proses penyulingan dengan menggunakan tekanan dan suhu rendah mempunyai keuntungan yaitu minyak yang dihasilkan tidak mengalami kerusakan akibat panas. Selain itu, mengurangi penguapan komponen bertitik didih tinggi dan larut di air. Penyulingan dengan tekanan tinggi tidak selalu menghasilkan rendemen dan mutu yang lebih baik. Penggunaan tekanan uap yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan komponen-komponen penyusun minyak. Laju penyulingan menyatakan jumlah air suling yang dihasilkan per satuan waktu. Pengaturan laju penyulingan disesuaikan dengan diameter ketel dan volume antar ruang bahan²². Laju penyulingan yang rendah menyebabkan uap terhenti pada bahan yang padat, sehingga proses ekstraksi minyak tidak berjalan sempurna. Sebaliknya, jika laju penyulingan terlalu cepat maka uap dalam ketel akan keluar melalui bahan dengan membentuk jalur uap serta mengangkut bahan partikel ke dalam kondensor, sehingga menghambat aliran uap di dalam kondensor. Lama penyulingan mempengaruhi kontak uap air dengan bahan. Pada penyulingan yang lebih lama, jumlah minyak yang terbawa oleh uap semakin banyak sehingga rendemen minyak yang diperoleh lebih banyak. Lama penyulingan juga berpengaruh terhadap penguapan fraksi yang bertitik didih tinggi. Semakin lama penyulingan, penguapan fraksi yang bertitik didih tinggi akan makin besar²².

Proses penyulingan yang diterapkan oleh para penyuling minyak akar wangi, khususnya di Kabupaten Garut sebagian besar belum memperhatikan cara memproduksi minyak akar wangi yang baik dan benar. Pengisian akar wangi dalam ketel penyuling umumnya terlalu padat. Kepadatan bahan berkisar antara 0,46–0,50 kg/liter. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan terbentuknya jalur uap yang menurunkan rendemen dan mutu minyak akar wangi. Selain itu, dapat pula menimbulkan tekanan balik (*back pressure*)

karena uap sulit lolos melewati bahan. Hal tersebut merupakan salah satu penyebab naiknya tekanan dalam ketel. Hasil penelitian Hardjono *et al.*³⁰ membuktikan bahwa pada kepadatan akar wangi dalam ketel penyuling memengaruhi rendemen minyak yang dihasilkan. Pada kepadatan akar 0,10 kg/l rendemen minyak akar wangi yang dihasilkan lebih rendah yaitu 1,43% dibandingkan dengan kepadatan 0,07 kg/l yang menghasilkan rendemen 2,02%. Menurut Mulyono *et al.*³¹, kepadatan bahan terbaik dalam penyulingan minyak akar wangi yaitu 0,09 kg/l yang dapat menghasilkan rendemen minyak sebesar 2,58 kg/l dibandingkan dengan kepadatan bahan 0,07 dan 0,11 kg/l yang hanya menghasilkan rendemen masing-masing 2,21 dan 2,40%.

Proses penyulingan yang dilakukan oleh sebagian besar produsen minyak akar wangi di Kabupaten Garut menggunakan tekanan uap yang tinggi (4–5 bar dengan suhu diperkirakan 140°C) sejak awal penyulingan. Hal tersebut merupakan salah satu penyebab minyak yang dihasilkan berwarna gelap dan berbau gosong, karena degradasi fraksi terpen yang rentan suhu dan tekanan tinggi dalam waktu lama. Pada awalnya, penyulingan yang dilakukan produsen minyak akar wangi pada tekanan rendah (2–4 bar) dengan waktu penyulingan 24 jam. Namun sejak adanya kenaikan bahan bakar minyak (BBM) terutama minyak tanah, produsen minyak akar wangi memotong waktu operasi penyulingan dengan cara menaikkan tekanan, padahal penyulingan pada tekanan tinggi menurunkan mutu minyak. Menurut Suwarda²⁹, penyulingan minyak akar wangi sebaiknya menggunakan tekanan berkisar 2–3 bar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyulingan menggunakan tekanan 2 dan 3 bar selama 9 jam (dihitung sejak destilat menetes) sangat efektif karena menghasilkan *recovery* minyak yang cukup tinggi yaitu 88,9 dan 90,4%. Menurut Guenther²², semakin tinggi tekanan yang digunakan maka akan meningkatkan jumlah minyak yang dihasilkan, peningkatan tekanan diakibatkan oleh adanya kenaikan suhu. Walaupun cukup efektif dari sisi *recovery* minyak, penggunaan tekanan uap konstan (2-3 bar) sejak awal penyulingan masih kurang efisien ditinjau dari konsumsi energinya (2.469-4.582 MJ/kg minyak akar wangi). Inovasi teknologi penyulingan dengan menggunakan tekanan uap bertahap dapat meningkatkan rendemen, mutu, dan efisiensi penyulingan^{32,29,31}.

Pada penyulingan dengan uap, kecepatan penyulingan dapat diatur dengan mengatur

tekanan uap. Penggunaan tekanan uap yang tinggi menyebabkan bahan di dalam ketel semakin kering. Minyak hanya akan menguap setelah terjadi difusi dan akan berhenti atau menurun aktivitasnya jika bahan tersebut menjadi kering. Hasil penelitian Moestafa *et al.*³³ menunjukkan laju penyulingan memberi pengaruh nyata terhadap rendemen dan kadar vetiverol pada penyulingan minyak akar wangi. Rendemen minyak sebesar 2,47% pada laju penyulingan 0,6 kg uap/jam dengan kadar vetiverol 63,91% lebih tinggi dibandingkan pada laju penyulingan 0,5 kg uap/jam yang menghasilkan minyak 2,17% dan kadar vetiverol 61,79%. Rusli dan Anggraeni³⁴ juga memperoleh rendemen minyak akar wangi lebih tinggi pada penyulingan yang lebih lama (12 jam) yaitu 2,07% dibandingkan dengan penyulingan 8 jam yang hanya menghasilkan rendemen 1,78%. Namun, perpanjangan waktu penyulingan untuk meningkatkan rendemen berdampak pada besarnya biaya bahan bakar yang digunakan.

INOVASI TEKNOLOGI PENYULINGAN MINYAK AKAR WANGI

Inovasi teknologi penyulingan akar wangi dengan pemberian tekanan uap secara bertahap selama proses penyulingan bertujuan untuk memperbaiki performa penyulingan minyak akar wangi baik yang terkait dengan rendemen, mutu maupun efisiensi proses (energi dan biaya). Teknologi penyulingan minyak akar wangi dengan pemberian tekanan uap bertahap dikembangkan oleh Tutuarima³², Suwarda²⁹ dan Mulyono *et al.*³¹.

Tutuarima³² melakukan penyulingan akar wangi menggunakan peningkatan tekanan uap sebanyak 3 tahap, dengan asumsi minyak akar wangi memiliki komponen dengan titik didih tinggi, sedang, dan rendah. Tekanan uap yang digunakan yaitu 2,0; 2,5; dan 3,0 bar masing-masing selama 2; 3; dan 4 jam sehingga total waktu penyulingan selama 9 jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *recovery* minyak pada penggunaan tekanan uap bertahap sebesar 92,58%. Nilai *recovery* ini lebih tinggi dibandingkan penyulingan dengan tekanan uap konstan 2 dan 3 bar yaitu masing-masing 88,9 dan 90,4%. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan tekanan secara bertahap mampu mendorong minyak keluar lebih banyak jika

dibandingkan pada penggunaan tekanan konstan. Proses penyulingan dengan tekanan uap bertahap juga dilakukan Mulyono *et al.*³¹ menggunakan 5 tahap tekanan uap yaitu 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; dan 3,0 bar. Penyulingan akar wangi dimulai pada tekanan uap 1,0 bar selama 2 jam, dinaikkan menjadi 1,5 bar selama 2 jam, 2,0 bar selama 2 jam, 2,5 bar selama 1 jam dan terakhir pada 3,0 bar selama 1 jam. Total waktu penyulingan yang digunakan adalah 8 jam. Rendemen minyak yang diperoleh sebesar 2,58% pada kepadatan bahan 0,09 kg/l, 2,21% pada kepadatan bahan 0,07 kg/l dan 2,40% pada kepadatan 0,11 kg/l.

Penggunaan tekanan uap bertahap tidak saja menguntungkan dari segi rendemen minyak akar wangi yang dihasilkan tetapi juga dapat menurunkan konsumsi energi (bahan bakar) yang digunakan. Hasil penelitian Suwarda²⁹, menunjukkan konsumsi energi untuk proses penyulingan akar wangi dengan tekanan uap bertahap sebesar 2.455 MJ/kg minyak akar wangi. Konsumsi energi tersebut lebih rendah dibandingkan dengan konsumsi energi pada penyulingan di tingkat produsen minyak akar wangi (rata-rata 2.677 MJ/kg minyak akar wangi). Dengan demikian, konsumsi energi pada penyulingan dengan tekanan uap bertahap dapat menghemat energi rata-rata sebesar 8,30%.

Dari segi mutu minyak, penggunaan tekanan uap bertahap dapat meningkatkan mutu minyak akar wangi. Karakteristik minyak akar wangi yang diperoleh dari penggunaan tekanan uap bertahap lebih baik dari minyak akar wangi hasil penyulingan rakyat di Kabupaten Garut (Tabel 2). Secara umum, mutu minyak akar wangi memenuhi standar mutu SNI No. 06-2386-2006 (Tabel 2). Menurut Guenther²², untuk memperoleh minyak yang bermutu tinggi maka penyulingan hendaknya berlangsung pada tekanan rendah. Penyulingan yang menggunakan tekanan dan suhu rendah mempunyai keuntungan yaitu minyak yang dihasilkan tidak mengalami kerusakan akibat panas sehingga warnanya tampak lebih muda (Gambar 7) dengan aroma khas wangi dan tidak berbau gosong. Pada penyulingan dengan tekanan uap bertahap, secara umum tekanan uap yang digunakan adalah tekanan uap rendah (2-2,5 bar), sedangkan penggunaan tekanan uap yang lebih tinggi (3 bar) hanya dilakukan pada bagian akhir dari proses penyulingan.

Tabel 2. Mutu minyak akar wangi hasil penyulingan dengan tekanan uap bertahap

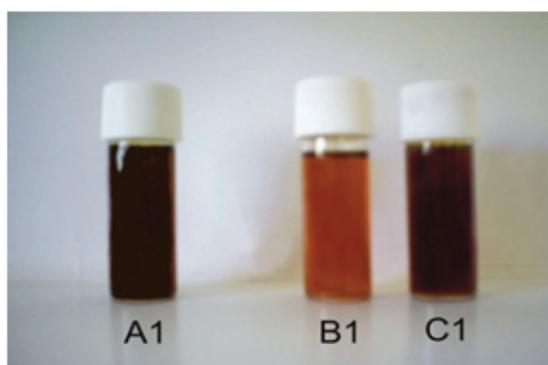
Table 2. Quality of vetiver oil produced using gradual steam pressure method

Karakteristik/ Characteristics	Tekanan uap bertahap/gradual steam pressure*)	Tekanan uap bertahap/ gradual steam pressure**)	Penyulingan Rakyat/ small processor distillation***)	SNI/Indonesia Nat. Standard No. 06-2386-2006
• Warna/color	Kuning coklat kemerahan/reddish brown yellow	Kuning muda coklat kemerahan/reddish pale yellow	Coklat tua gelap/dark brown	Kuning muda coklat kemerahan/reddish brown pale yellow
• Bau/odor	–	–	–	–
• Bobot jenis/density (20/20°C)	0,997 – 1,001	0,980 – 1,003	0,9882 – 0,9870	0,980 – 1,003
• Indeks bias/refractive index (20°C)	1,5228–1,5267	1,5233 – 1,5266	1,5178 – 1,5221	1,520 – 1,530
• Kelarutan dlm etanol 80%/solubility in ethanol 80%	1 : 1	1 : 1, jernih/clear	1 : 1	1 : 1, jernih dan seterusnya jernih/ continuously clear
• Bilangan asam/acid number	< 10	3 – 9	26,82 – 51,17	10 – 35
• Bilangan ester/ester number	4,86 – 20,69	4 – 20	3,17 – 17,82	5 – 26
• Bilangan ester setelah asetilasi/acetylated ester number	–	–	–	100 – 150
• Kadar vetiverol total/ total vetiverol content (%)	46,01 – 70,28	44,45 – 71,40	–	Min. 50
• Kadar vetiverol (GC)/ vetiverol content (GC),%	13,45 – 22,84	–	4,44 – 6,31	–

Sumber : *) Tutuarima (2009) – Tekanan uap : 2,0; 2,5; 3,0 bar selama 9 jam

***) Suwarda (2009) – Tekanan uap : 2,0; 2,5; 3,0 bar selama 9 jam

***) Penyulingan rakyat di Kabupaten Garut



Gambar 7. Warna minyak akar wangi : (A1) Pengolahan rakyat; (B1) Tekanan uap bertahap fraksi ringan; (C1) Tekanan uap bertahap fraksi berat

Figure 7. Color of vetiver oil : (A1) small scale processor; (B1) light fraction from gradual steam pressure method; (C1) heavy fraction from gradual steam pressure method

PENUTUP

Minyak akar wangi Indonesia bermutu rendah, akibatnya dalam perdagangan dunia mendapat harga yang rendah dan kalah bersaing dengan negara produsen lain terutama Haiti dan Reunion. Penyulingan minyak atsiri di tingkat pengrajin tidak efisien karena konsumsi bahan bakar (energi) dan biaya produksi yang tinggi. Peningkatan rendemen dan mutu minyak akar wangi dapat dilakukan melalui perbaikan cara panen dan penanganan pascapanen serta metode dan kondisi proses penyulingan. Penyulingan dengan tekanan uap bertahap merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk memperbaiki mutu minyak dan meningkatkan efisiensi produksi minyak akar wangi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Guenther E. The Essential Oil Vol. IV. Robert W. Kringler. Article Publishing Co., Inc. Huntington, New York. 1972.
2. Emmyzar Y. Ferry dan Daswir. Prospek Pengembangan Tanaman Akar Wangi. Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat; 2006. Vol. XVIII (1) : 1-11.
3. Lavania UC. Other uses, and utilization of vetiver : Vetiver oil [Internet]. 2004 [Di unduh 2 Nopember 2006]. Tersedia di: http://www.vetiver.com/ICV3/Proceeding/IND_vetoil.pdf.
4. Akhila A, M. Rani. Chemical Constituents and Essential Oil Biogenesis in *Vetiveria Zizanioides* di dalam Maffei, Massimo. 2002. *Vetiveria: The Genus Vetiveria*. Taylor and Francis Inc., New York. 2002
5. Kamal C, R. Ashok. Modified vetiver oil: economic biopesticide [Internet]. 2006 [Di unduh 25 Desember 2007] Tersedia di: http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SE_QNO_115=170715.
6. Emmyzar S Roechan, A.M. Kurniawansyah dan Pulung. Produktivitas dan kadar minyak tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf) di tanah tercemar logam berat cadmium. *Jurnal ilmiah Pertanian Gakuryoku*; 2000. VI (2) : 129-179.
7. Chomchalow N. The utilization of vetiver as medicinal and aromatic plants with special reference to Thailand. Technical Bulletin No. 2001/1. Office of the Royal Development Projects Board. Bangkok, Thailand. 2001.
8. Anonymous. The United States market for natural ingredients used in dietary supplements and cosmetics. Market Brief 2003. International Trade Centre UNCTAD/WTO, Geneva. 2003.
9. Anonymous. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia. Jilid I. BPS – Jakarta. Indonesia; 2005. hal 205.
10. Anonymous. Akar Wangi. Makalah disampaikan oleh PT Jasula Wangi pada Konferensi Nasional Minyak Atsiri. Solo: 18-20 September 2006.
11. Heyne, K. Tumbuhan Berguna Indonesia. Jilid I. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan, Jakarta. 1987.
12. Ketaren, S. Pengantar Teknologi Minyak Atsiri. Balai Pustaka, Jakarta. 1985.
13. Lavania UC, S. Basu, and S. Lavania. Towards Bio-Efficient And Non-Invasive Vetiver: Lessons From Genomic Manipulation And Chromosomal Characterization [Internet]. 2008 [Di unduh 23 Agustus 2009]. Tersedia di: <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/EB02.pdf>
14. Tasma IM., Pandji L, dan Evi Taurini. Perkembangan Penelitian Akar Wangi. Edisi Khusus Littro. Vol. VI, No. 1. Balai Besar Tanaman Rempah dan Obat, Bogor; 1990.
15. Cazaussus. GC-MS and GC-MS-MS Analysis of a Complex Essential Oil. *Journal Chromatographia*; 1988. Vol. 25 No.10, October. 5 p.
16. Demole EP, G.W. Holzner, and M.U. Youssefi. Malodor formation in alcoholic perfumes containing vetiveryl acetate and vetiver oil. *Perfum. Flav.*; 1995. 20: 35-40.
17. Moestafa A, dan J. Moermanto. Meningkatkan Mutu Minyak Akar Wangi. *Warta IHP*, 1988; Vol. 5, No.1. Balai Pengembangan Khemurgi dan Aneka Industri. Balai Besar Industri Hasil Pertanian, Bogor.
18. Champagnat. A Study on the Composition of Commercial *Vetiveria zizanioides* Oils from Different Geographical Origins. *Journal of Essential Oil Research: JEOR*. July/August. 2006.
19. Martinez, J., Paulo T. V. R., Chantal, M., Alain L., Pierre B., Dominique P., and M. Angela A. M. Valorization of Brazilian Vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash ex Small) oil. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 53: 6578-6584.
20. Adhika, B., 2004. Fraksionasi Minyak Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf.) dengan Teknik Packed Column Vacuum Distillation. Skripsi. FATETA-IPB, Bogor.
21. Standar Nasional Indonesia. Minyak Akar Wangi [Internet]. 2006 [Di unduh 10 Februari 2008] Tersedia di: http://www.bsn.or.id/files/sni/SNI%2001-2386-2006%20akar%20wangi_.pdf.
22. Guenther, E. Minyak Atsiri Jilid IVA. Terjemahan. Semangat Ketaren. UI-Press. Jakarta. 1990.
23. Mulyono E, Risfaheri, Hernani, T. Hidayat, S.I. Kailaku, W. Broto, M.S. Rusli, Ketaren dan H. Susanto. Perbaikan Mutu dan Efisiensi Penyulingan Minyak Akar Wangi. Bogor: Laporan hasil penelitian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. 2007.

24. Anonymous. Profil Komoditi Minyak Akar Wangi (Vetiver Oil). Badan Pengembangan Ekspor Nasional, Departemen Perdagangan, Jakarta; 1987. 16 hal.
25. Fajar, M.A.B., 2008. Pengaruh Kepadatan Akar Pada Penyulingan dengan Kenaikan Tekanan Uap Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Akar Wangi yang Dihasilkan. Skripsi. FATETA-IPB, Bogor.
26. Rusli S, N. Nurdjanah, Soediarso, D. Sitepu, Ardi dan D. T. Sitorus. Penelitian dan Pengembangan Minyak Atsiri Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor; 1985.
27. Thorpe. Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry 4th edition. Longmans, London; 1947.
28. Dewan Atsiri Indonesia. Database Minyak Atsiri Indonesia [Internet]. 2008 [Di unduh 25 April 2008] Tersedia di: <http://atsiriindonesia.com/public/index.php?menu=3&show=4>.
29. Suwarda, R., 2009. Analisis Energi Proses Penyulingan Minyak Akar Wangi dengan Peningkatan Tekanan dan Laju Alir Uap Air secara Bertahap. Tesis. Fakultas Pascasarjana. IPB, Bogor
30. Hardjono, S. Rusli, dan Deswert. Cara-Cara Penyulingan Mempengaruhi Rendemen dan Kualitas Akar Wangi. Pemberitaan LPTI; 1973. (15-16) : 39-47. Balai Besar Tanaman Rempah dan Obat, Bogor.
31. Mulyono E, Risfaheri, dan T. Hidayat. Pengaruh Kepadatan Bahan pada Penyulingan dengan Kenaikan Uap Bertahap Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Akar Wangi. Prosiding Konferensi Nasional Minyak Atsiri. Bandung, 20-21 Oktober. Bandung: Dewan Atsiri Indonesia. 2010.
32. Tutuarima T., 2009. Rekayasa Proses Penyulingan Minyak Akar Wangi dengan Peningkatan Tekanan dan Laju Alir Uap Bertahap. Tesis. Fakultas Pascasarjana. IPB, Bogor.
33. Moestafa A, P. Waspodo dan S. Pengaruh Lama dan Kecepatan Penyulingan Terhadap kadar Minyak dan Vetiverol Akar Wangi. Warta IHP. 1991; 8 (2) : 11 – 15.
34. Rusli S. dan Anggraeni. Pengaruh Tekanan Uap dan Lama Penyulingan Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Akar Wangi. Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Vol. X (1) ; 1999. Hal 25 – 32