



Jeanny Sugiharto. F 26.1568. Penyulingan Akar Wangi Tanpa Dikeringkan Dan Akar wangi Yang Dikeringkan Dengan Penyulingan Tipe Uap Dan Air. Di bawah bimbingan Ir. John Kumendong, MS.

## RINGKASAN

Akar wangi (Vetiveria zizanioides Stapf) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri dari keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*). Dari akar ini melalui proses penyulingan dapat dihasilkan minyak yang dikenal sebagai minyak akar wangi (*vetiver oil*). Minyak akar wangi secara luas digunakan untuk pembuatan parfum, bahan kosmetik, pewangi sabun dan obat-obatan pembasmi / pencegah serangga.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan akar wangi yang telah dikeringkan dengan penyulingan tipe uap dan air serta mengevaluasi laju penyulingan, rendemen, mutu minyak akar wangi, efisiensi ketel penyuling dan efisiensi kondensor yang digunakan dalam penyulingan akar wangi tipe uap dan air.

Penyulingan dalam penelitian ini menggunakan metoda uap dan air, yang dilakukan pada akar wangi tanpa dikeringkan dan akar wangi yang dikeringkan. Akar wangi tanpa dikeringkan mempunyai kadar air rata-rata 90.28% basis kering dan panas jenis rata-rata 3 020 J/kg.K. Dan untuk akar wangi yang dikeringkan mempunyai kadar air sekitar 10.35% - 12.28%

basis kering dan panas jenis rata-rata sebesar 2 424 J/kg.K. Pengeringan akar wangi dilakukan dengan proses penjemuran dan dengan menggunakan alat pengering tipe bak skala laboratorium . Pada pengeringan akar wangi yang menggunakan alat pengering, dilakukan dengan menggunakan dua level suhu yaitu 40 °C dan 70 °C.

Laju penyulingan rata-rata yang dihasilkan selama 12 jam penyulingan pada akar wangi tanpa dikeringkan adalah  $4.79 \times 10^{-3}$  ml/menit, akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran adalah  $7.15 \times 10^{-3}$  ml/menit. Sedangkan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dikeringkan dengan suhu 70°C masing-masing diperoleh laju penyulingan sebesar rata-rata  $7.64 \times 10^{-3}$  ml/menit dan  $7.57 \times 10^{-3}$  ml/menit .

Rendemen minyak dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu 40°C dan yang dikeringkan dengan suhu 70° masing-masing adalah 0.51 [=] ml/g bobot kering, 0.68 [=] ml/g bobot kering , 1.00 [=] ml/g bobot kering, dan 0.94 [=] ml/g bobot kering.

Kadar minyak total dari akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C, dan yang dikeringkan dengan suhu 70 °C berturut-turut sebesar 1.84%, 2.27%, 2.42%, dan 2.01% [=] ml/g bobot kering.

Secara keseluruhan mutu minyak akar wangi hasil percobaan ini berada dalam selang mutu SII-0027-1979, kecuali bilangan asamnya yang relatif tinggi pada minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa pengeringan dan yang dikeringkan dengan penjemuran.

Efisiensi rata-rata dari ketel penyuling pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  berturut-turut adalah 22.00%, 21.75%, 21.80%, dan 21.60%.

Dan efisiensi kondensor rata-rata yang digunakan dalam penyulingan akar wangi berkisar antara 96.50% - 97.06%.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**PENYULINGAN AKAR WANGI TANPA DIKERINGKAN DAN AKAR WANGI  
YANG DIKERINGKAN DENGAN PENYULINGAN  
TIPE UAP DAN AIR**

**SKRIPSI**

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

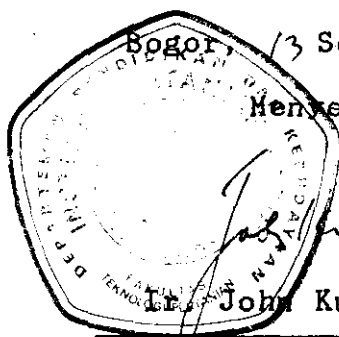
Oleh :

**JEANNY SUGIHARTO**

**F 26.1568**

Bogor, 13 September 1993

Menyetujui,



**Ir. John Kumendong, MS**

**Dosen Pembimbing**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih, sehingga atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari peran dan bantuan dari beberapa pihak, baik bentuk bimbingan, bantuan moral maupun materiil. Melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak John Kumendong sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Atjeng M. Syarief dan Ibu Putiati Mahdar atas kesediaannya turut menguji skripsi ini dan atas masukan-masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan skripsi ini.
3. Papa, Mama, Ratna, Ceacilia, Darmadi, dan Kurnadi yang telah memberikan dukungan selama penelitian.
4. Fenny, Linda, Fenny, Jenny, Elly, Elih, Kus, Ishak, Jaya, Alvin, Alya dan Rudy, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

5. Para petugas laboratorium FPE dan Pilot Plant Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi, IPB yang telah yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.
6. Dan semua pihak lainnya yang telah membantu penulis baik selama penelitian maupun selama penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun senantiasa penulis harapkan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua yang memerlukannya.

Bogor, September 1993

Penulis

# DAFTAR ISI

|                                                                    | halaman |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| KATA PENGANTAR.....                                                | i       |
| DAFTAR ISI.....                                                    | iii     |
| DAFTAR TABEL.....                                                  | vi      |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                 | vii     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                               | ix      |
| I. PENDAHULUAN.....                                                | 1       |
| A. LATAR BELAKANG.....                                             | 1       |
| B. TUJUAN PENELITIAN.....                                          | 3       |
| II. TINJAUAN PUSTAKA.....                                          | 4       |
| A. GAMBARAN UMUM TANAMAN AKAR WANGI.....                           | 4       |
| B. MINYAK AKAR WANGI DAN KEGUNAANNYA.....                          | 7       |
| C. RENDEMEN DAN MUTU MINYAK AKAR WANGI.....                        | 8       |
| 1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Rendemen Minyak Akar Wangi..... | 8       |
| 2. Pemisahan Air Dari Minyak Akar Wangi.....                       | 11      |
| 3. Standar Mutu Minyak Akar Wangi.....                             | 12      |
| D. PENYULINGAN MINYAK ATSIRI                                       |         |
| 1. Mekanisme Penyulingan.....                                      | 13      |
| 2. Metoda Penyulingan.....                                         | 16      |
| E. PENGERINGAN AKAR WANGI.....                                     | 21      |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| III. METODOLOGI PENELITIAN.....                                 | 24 |
| A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.....                             | 24 |
| B. BAHAN.....                                                   | 24 |
| C. ALAT.....                                                    | 24 |
| 1. Alat Pengering.....                                          | 24 |
| 2. Alat Penyuling.....                                          | 26 |
| 3. Alat Pengukur.....                                           | 31 |
| 4. Alat Pemotong.....                                           | 37 |
| D. PERLAKUAN.....                                               | 37 |
| 1. Kondisi Bahan.....                                           | 37 |
| 2. Lama Penyulingan.....                                        | 37 |
| E. PARAMETER YANG DIAMATI.....                                  | 38 |
| 1. Penurunan Kadar Air Akar Wangi.....                          | 38 |
| 2. Minyak Akar Wangi Tersuling.....                             | 38 |
| 3. Rendemen Minyak Akar Wangi Yang Dihasilkan.....              | 38 |
| 4. Mutu Minyak Akar Wangi Yang Dihasilkan....                   | 38 |
| F. PROSEDUR PENELITIAN.....                                     | 42 |
| 1. Persiapan Bahan.....                                         | 42 |
| 2. Pengaturan Pemanas.....                                      | 44 |
| 3. Prosedur Percobaan Secara Lengkap.....                       | 45 |
| 4. Penentuan Kadar Air Awal Akar Wangi Sebelum Dikeringkan..... | 45 |
| 5. Panas Jenis Akar Wangi.....                                  | 46 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                             | 48  |
| A. PENGERINGAN AKAR WANGI.....                                            | 48  |
| 1. Penjemuran Akar Wangi.....                                             | 48  |
| 2. Pengeringan Akar Wangi Dengan Suhu 40 °C..                             | 50  |
| 3. Pengeringan Akar Wangi Dengan Suhu 70 °C..                             | 52  |
| B. PANAS JENIS AKAR WANGI.....                                            | 54  |
| C. PENYULINGAN MINYAK AKAR WANGI.....                                     | 55  |
| 1. Kondisi Percobaan Dan Performansi Alat Penyuling Tipe Uap Dan Air..... | 55  |
| 2. Laju Penyulingan Minyak Akar Wangi.....                                | 57  |
| 3. Rendemen Minyak Akar Wangi.....                                        | 66  |
| 5. Mutu Minyak Akar Wangi.....                                            | 69  |
| D. EFISIENSI KETEL PENYULING DAN KONDENSOR.....                           | 75  |
| 1. Efisiensi Ketel Penyuling.....                                         | 75  |
| 2. Efisiensi Kondensor.....                                               | 78  |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN.....                                              | 81  |
| A. KESIMPULAN.....                                                        | 81  |
| B. SARAN.....                                                             | 83  |
| LAMPIRAN.....                                                             | 84  |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                       | 116 |



## DAFTAR TABEL

|       |                                                                                                                                                                                                         | halaman |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel | 1. Hasil pemeriksaan minyak akar wangi sulingan Garut di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Pertanian Bogor.....                                                                                   | 10      |
| Tabel | 2. Syarat mutu minyak akar wangi berdasarkan SII-0027-1979.....                                                                                                                                         | 12      |
| Tabel | 3. Syarat mutu minyak akar wangi berdasarkan standar perdagangan (1981).....                                                                                                                            | 13      |
| Tabel | 4. Hasil pengukuran kapasitas panas kalorimeter, panas jenis akar wangi tanpa dikeringkan, dan panas jenis akar wangi yang sudah dikeringkan .....                                                      | 54      |
| Tabel | 5. Data kondisi percobaan dan performansi alat penyuling tipe uap dan air.....                                                                                                                          | 56      |
| Tabel | 6. Volume rata-rata minyak tersuling (ml) dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan suhu 70 °C, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dijemur.....                   | 58      |
| Tabel | 7. Laju penyulingan (ml/menit) dari akar wangi tanpa dikeringkan , yang dikeringkan dengan suhu 70 °C, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dijemur....                                          | 59      |
| Tabel | 8. Hasil minyak murni, rendemen minyak, kadar minyak total dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dijemur, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C, dan yang dikeringkan dengan suhu 70 °C..... | 69      |
| Tabel | 9. Hasil analisa minyak akar wangi.....                                                                                                                                                                 | 70      |
| Tabel | 10. Hasil perhitungan efisiensi ketel penyuling.....                                                                                                                                                    | 76      |
| Tabel | 11. Hasil perhitungan efisiensi kondensor.....                                                                                                                                                          | 79      |



|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 21. Gambar foto akar wangi yang sudah siap disuling....                                                  | 44 |
| Gambar 22. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama proses penjemuran.....                                  | 48 |
| Gambar 23. Grafik perubahan laju pengeringan selama proses penjemuran akar wangi.....                           | 49 |
| Gambar 24. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada proses penjemuran akar wangi.....             | 49 |
| Gambar 25. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama pengeringan dengan suhu 40 °C.....                      | 50 |
| Gambar 26. Grafik perubahan laju pengeringan selama pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C.....               | 51 |
| Gambar 27. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada pengeringan dengan suhu 40 °C.....            | 51 |
| Gambar 28. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama pengeringan dengan suhu 70 °C.....                      | 52 |
| Gambar 29. Grafik perubahan laju pengeringan selama pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C.....               | 53 |
| Gambar 30. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C..... | 53 |
| Gambar 31. Grafik volume minyak tersuling pada penyulingan akar wangi tipe uap dan air.....                     | 60 |
| Gambar 32. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan.....                         | 61 |
| Gambar 33. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran.....        | 62 |
| Gambar 34. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C.....        | 63 |
| Gambar 35. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 70 °C.....        | 70 |
| Gambar 36. Gambar foto minyak akar wangi.....                                                                   | 75 |

DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                                                                                                                                      | halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Lampiran 1. Tangki penyuling tipe uap dan air.....                                                                                                                                                                   | 84      |
| Lampiran 2. Massa jenis dan panas jenis air.....                                                                                                                                                                     | 85      |
| Lampiran 3. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi pada penjemuran.....                                                                                                                                         | 86      |
| Lampiran 4. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C.....                                                                                                                                       | 87      |
| Lampiran 5. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C.....                                                                                                                                       | 88      |
| Lampiran 6. Data hasil dan contoh perhitungan kapasitas panas kalorimeter.....                                                                                                                                       | 89      |
| Lampiran 7. Data hasil pengukuran panas jenis akar wangi.....                                                                                                                                                        | 92      |
| Lampiran 8. Data pengukuran debit aliran air kondensor (liter/jam) pada penyulingan akar wangi.....                                                                                                                  | 95      |
| Lampiran 9. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi tanpa dikering.....                      | 96      |
| Lampiran 10. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 70 °C..... | 98      |
| Lampiran 11. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C..... | 100     |



## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Akar wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri dari keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*). Di Indonesia tanaman ini telah dikenal sejak sebelum Perang Dunia II, bahkan pada tahun 1918 telah tercatat sebagai komoditas ekspor walaupun masih dalam bentuk akar (Heyne, 1987). Dari akar ini melalui proses penyulingan dapat dihasilkan minyak yang dikenal sebagai minyak akar wangi (*vetiver oil*).

Minyak akar wangi Indonesia dalam dunia perdagangan dikenal dengan nama *Java Vetiver Oil*. Minyak akar wangi mempunyai aroma yang lembut dan halus karena di dalam terkandung ester dari asam vetivenat, selain itu hal inipun disebabkan oleh adanya senyawa vetiveron serta vetivenol yang saat ini belum dapat dibuat secara sintetis. Minyak akar wangi secara luas digunakan untuk pembuatan parfum, bahan kosmetik, pewangi sabun dan obat-obatan pembasmi / pencegah serangga (Anonim, 1989). Di dalam pembuatan parfum, minyak ini digunakan sebagai pengikat (*fixative*) minyak atsiri lain yang lebih cepat menguap (Harris , 1990).

Salah satu cara untuk mendapatkan minyak atsiri adalah dengan metoda penyulingan, yang dapat menggunakan sistem penyulingan air, uap dan air atau uap langsung.

Untuk penyulingan minyak akar wangi sebaiknya dilakukan dengan sistem penyulingan uap pada tekanan 4 - 5 atm (Guenther, 1972) atau dengan sistem penyulingan uap dan air (Rusli, 1985). Sistem penyulingan dengan uap dan air mempunyai beberapa keuntungan, yaitu penetrasi uap berlangsung secara merata ke dalam jaringan bahan, suhu dapat dipertahankan sampai 100 °C, lama penyulingan relatif lebih singkat, rendemen minyak lebih besar dan mutunya lebih baik jika dibandingkan dengan minyak hasil sistem penyulingan dengan air. Keuntungan lain pada penyulingan tipe uap dan air adalah bahan yang disuling tidak dapat menjadi gosong (Ketaren, 1985) serta kerusakan minyak lebih kecil dibandingkan dengan minyak yang diperoleh dari hasil penyulingan uap langsung, terutama uap bertekanan tinggi atau uap kelewat panas /*super-heated steam* (Guenther, 1949).

Menurut Rusli (1985) minyak yang dihasilkan dari akar tanpa dikeringkan lebih dahulu mempunyai mutu dan rendemen yang lebih rendah daripada akar yang telah dikeringkan. Karena menurut Ketaren (1985) proses pengeringan bahan sebelum disuling, menyebabkan penyulingannya mudah dan lebih singkat serta proses pengeringan dapat menguraikan zat yang tidak berbau menjadi berbau wangi.

## B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mempelajari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan akar wangi yang telah dikeringkan dengan penyulingan tipe uap dan air.
2. Mengevaluasi laju penyulingan, rendemen, mutu minyak akar wangi, serta efisiensi ketel penyuling dan efisiensi kondensor yang digunakan dalam penyulingan akar wangi tipe uap dan air.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. GAMBARAN UMUM TANAMAN AKAR WANGI

Menurut Core (1955) dan Lawrence (1955) tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf ) tergolong divisio *Embryophyta*, subdivisio *Angiospermae*, kelas *Monocotyledoneae*, sub kelas *Strobiloideae*, famili *Gramineae* , ordo *Graminales*, genus *Vetiveria* .

Nama lain dari tanaman akar wangi adalah Narawastu, Lara Setu, Akar Babahu, Usar, Usar Jamur, Janur, Padang Babad Sanur, Padang Resi, Padang Cendana, Sereambong, Urek Usa, Serebandang, Babuamendi, Gara Ma Kusu Batai, Khuskhus dan Vetiver (Harris , 1990).

Akar wangi yang terdapat di Pulau Jawa yang tidak berbunga (Badeges, 1982) dan merupakan tanaman rumput tahunan yang tumbuh tegak dengan tinggi 1.5 - 2.5 m dan berkembang biak dengan cepat sehingga akhirnya terbentuk rumpun besar (Heyne, 1987).

Tanaman akar wangi dapat tumbuh baik pada daerah tropika dan subtropika. Tanah yang baik untuk pertumbuhannya adalah tanah gembur / berpasir seperti tanah yang mengandung abu vulkanik dengan drainase yang baik serta kaya unsur hara sehingga akar dapat tumbuh dengan baik dan mudah dicabut pada waktu panen (Guenther, 1972).

Tanaman ini dapat tumbuh dengan kisaran curah hujan yang cukup luas, yaitu 200 - 6 000 mm tiap tahun (Green-

field, 1988). Bahan tanaman yang baru ditanam masih tetap bertahan hidup jika selama 2 bulan tidak turun hujan, sehingga menurut Greenfield (1988) tanaman ini disebut sebagai tanaman yang mempunyai tingkat toleransi yang ekstrim terhadap kekeringan (*extremely drought tolerant*). Dapat tumbuh dari dataran rendah sampai dataran tinggi di atas 1 000 m di atas permukaan laut (dpl). Tanaman ini akan menghasilkan minyak yang baik jika ditanam pada tanah di atas 700 m dpl (Anonim, 1989). Suhu yang dikehendaki berkisar antara  $17^{\circ}\text{C}$  -  $27^{\circ}\text{C}$ . Tanaman ini tidak baik ditanam pada tempat teduh, karena menyebabkan pengaruh yang kurang baik pada pertumbuhan sistem perakarannya. Penanaman dilakukan pada musim hujan dan satu hektar tanah dapat menghasilkan sekitar 1 000 kg akar kering udara, tergantung dari keadaan tanah dan kondisi penanaman (Badeges, 1982).

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 kadar minyak atsiri dalam akar menurun (Guenther, 1972). Rusli (1985) menyarankan agar panen dilakukan pada umur 18 bulan setelah tanam. Namun karena masalah sosial ekonomi, petani tidak jarang memanen pada umur 8 - 12 bulan setelah tanam (Anonim, 1989).

Ciri-ciri akar pada berbagai tingkat umur panen adalah panen pada umur kurang dari 10 bulan ciri akarnya lunak, coklat, keputih-putihan dan rapuh. Panen pada umur 10 - 12 bulan akarnya besar-besar, warna coklat tapi rapuh. Dan panen pada umur 14 - 18 bulan akarnya keras, besar kenyal dan berwarna coklat (Anonim, 1987). Akar jenis yang terakhir inilah yang baik. Minyak yang diperoleh dari akar tua warnanya lebih gelap daripada yang berasal dari akar muda.

Gambar foto tanaman akar wangi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar foto tanaman Akar Wangi

## B. MINYAK AKAR WANGI DAN KEGUNAANNYA

Akar wangi adalah salah satu tanaman penghasil minyak atsiri. Minyak atsiri atau sering disebut *essential oil* adalah minyak, yang dihasilkan dari tanaman, yang bersifat mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, berbau wangi dan tidak larut dalam air.

Kegunaan minyak atsiri untuk tanaman ada tiga macam, yaitu membantu proses penyerbukan, mencegah kerusakan tanaman dan sebagai cadangan makanan. Minyak atsiri merupakan salah satu hasil sisa metabolisme tanaman yang terbentuk menjadi berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak tersebut disintesa dalam sel glandular pada jaringan tanaman, atau ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin.

Menurut Guenther (1972) minyak akar wangi merupakan salah satu ramuan (bahan baku) parfum paling mahal dan paling penting, yang banyak digunakan dalam parfum kosmetik dan sebagai pewangi sabun. Minyak ini penting artinya karena berbau tipe oriental yang lebih berat. Minyak ini dalam parfum menghasilkan bau keras yang menyenangkan dan tahan lama sekaligus berfungsi fiksatif alamiah. Tetapi jika pemakaiannya berlebihan mengakibatkan kesan bau woody. Minyak akar wangi baik untuk bahan campuran minyak atsiri lain terutama dengan minyak cendana, nilam dan mawar.

Minyak akar wangi komersial disuling dari tanaman yang dibudidayakan, terutama dihasilkan di Pulau Jawa, Pulau Reunion dan Haiti. Biasanya minyak akar wangi tipe Jawa mempunyai harga lebih rendah digunakan terutama dalam sabun, sedangkan minyak Reunion yang lebih mahal dipakai dalam parfum yang mahal (Guenther, 1972).

### **C. RENDEMEN DAN MUTU MINYAK AKAR WANGI**

#### **1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Rendemen dan Mutu Minyak Akar Wangi**

Pengolahan akar wangi terdiri dari beberapa tahap yaitu penanganan akar wangi segar, proses penyulingan, pendinginan, pemisahan dan pengemasan.

Menurut Rusli (1985), rendemen minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan yang dikeringkan dengan lama penyulingan sekitar 18 jam, masing-masing adalah 0.4 - 0.5 % dan 1.6 - 2.1 %. Minyak yang dihasilkan dari akar tanpa dikeringkan mempunyai mutu dan rendemen yang lebih rendah dari akar yang dikeringkan.

Jika akar wangi disimpan sebelum disuling, maka harus disimpan dalam udara kering yang bersuhu rendah dan udara tidak disirkulasi. Sirkulasi dan kelembaban udara tinggi selama penyimpanan mengakibatkan proses resinifikasi, penguapan dan oksidasi (Ketaren, 1985).

Sebaiknya akar wangi disuling dalam bentuk rajangan. Pada bahan yang dirajang, minyak atsirinya akan lebih banyak keluar karena dinding sel telah rusak dan diperluas permukaannya. Kelenjar minyak akan terbuka sebanyak mungkin sehingga bisa dicapai oleh uap air. Selama proses perajangan akan terjadi penguapan komponen minyak yang bertitik didih rendah dan jika dibiarkan beberapa menit, akan terjadi penguapan komponen minyak sekitar 0.5 % (Ketaren, 1985). Karena itu jika diinginkan rendemen dan mutu minyak yang baik maka hasil rajangan harus segera dimasukkan ke dalam ketel penyuling.

Menurut Guenther (1972), penyulingan minyak akar wangi membutuhkan waktu selama 12 - 36 jam tergantung pada tekanan dan jumlah uap yang digunakan. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Harjono (1972) mengenai pengaruh lama penyulingan dan kepadatan akar wangi terhadap rendemen dan mutu minyak yang dihasilkan. Ternyata penyulingan akar wangi selama 20 jam memberikan rendemen yang tinggi dari penyulingan 16 jam. Tetapi perpanjangan waktu penyulingan lebih dari 20 jam tidak memberikan hasil yang berarti ditinjau dari segi rendemen. Hasil ini kemungkinan disebabkan karena kandungan minyak akar wangi sudah berkurang sekali dan yang masih tertinggal didalamnya adalah fraksi-fraksi berat yang hanya akan menguap pada penyulingan yang cukup lama atau pada suhu

yang lebih tinggi. Pemadatan akar wangi di dalam ketel penyuling berpengaruh terhadap rendemen minyak. Rendemen minyak tertinggi adalah 2.02 % dengan kepadatan 0.07 kg/l dan waktu penyulingan 20 jam, sedangkan rendemen minyak terendah 1.43 % dengan kepadatan 0.1 kg/l dan waktu penyulingan 10 jam.

Namun dari hasil pemeriksaan minyak akar wangi sulingan di Garut di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Pertanian Bogor, penyingkatan waktu penyulingan tidak banyak berpengaruh terhadap mutu minyak akar wangi karena mutu minyak tersebut masih memenuhi syarat Standar Industri. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan minyak akar wangi sulingan Garut di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Pertanian Bogor

| Karakteristik                    | Lama penyulingan                   |                                    |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                  | 12 jam                             | 15 jam                             | 18 jam                             |
| Berat jenis pada 25°C            | 0.9852                             | 0.9921                             | 0.9938                             |
| Indeks bias pada 25°C            | 1.5178                             | 1.5191                             | 1.5189                             |
| Bilangan ester                   | 12.5                               | 10.2                               | 9.6                                |
| Bilangan ester setelah asetilasi | 124.4                              | 125.0                              | 117.4                              |
| Kelarutan dalam alkohol 90%      | 1:1 jernih<br>seterusnya<br>jernih | 1:1 jernih<br>seterusnya<br>jernih | 1:1 jernih<br>seterusnya<br>jernih |

Badeges (1982)

## 2. Pemisahan Air Dari Minyak Akar Wangi

Minyak akar wangi yang sudah selesai disuling dialirkan pada kondensor (pendingin). Kondensor merupakan salah satu perlengkapan penyulingan yang berfungsi mengubah seluruh uap air dan uap minyak menjadi fase cair (Guenther, 1949). Air pendingin yang digunakan sebaiknya air yang tidak sadah (*soft water*), bertujuan untuk mencegah pembentukan kerak di dalam dinding kondensor. Menurut Ketaren (1985) kerak tersebut dapat mengurangi daya pertukaran panas (*heat exchanger*).

Hasil kondensasi ditampung dengan alat pemisah minyak, berfungsi untuk memisahkan minyak akar wangi dari air suling. Menurut Badeges (1982), minyak akar wangi yang masih mengandung emulsi dapat dipisahkan sampai minyak tersebut terpisah sendiri. Apabila kadar air di dalam minyak akar wangi cukup kecil, penambahan kristal Natrium Sulfat dapat menyerap air yang terdapat dalam minyak tersebut, tetapi cara ini tidak dapat diterapkan bila kadar air terlalu besar.

Untuk mempercepat pemisahan air dan minyak dilakukan dengan menambah larutan garam dapur 5 % (Anonim, 1990). Kemudian campuran diaduk dan didiamkan sehingga minyak menjadi jernih dan dapat dikeluarkan dari tangki. Lapisan minyak bagian bawah berwarna seperti kabut dan harus disaring sampai berwarna jernih. Jika minyak tetap keruh,

maka ke dalam kertas saring dapat dimasukkan *kieselguhr* (Guenther, 1949).

### 3. Standar Mutu Minyak Akar Wangi

Untuk keseragaman mutu minyak akar wangi, pemerintah Indonesia menetapkan syarat mutu minyak akar wangi berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII-0027-1979) dan Standar Perdagangan (1981) yang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Syarat mutu minyak akar wangi berdasarkan SII-0027-1979

| Karakteristik                                                            | Syarat mutu                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Warna                                                                    | kuning muda-coklat tua jernih                                |
| Bobot jenis pada 25 °C                                                   | 0.978 - 1.038                                                |
| Indeks bias pada 25 °C                                                   | 1.515 - 1.530                                                |
| Bilangan ester                                                           | 5 - 25                                                       |
| Bil.ester setelah asetilasi                                              | 100 - 150                                                    |
| Kandungan vetiverol (%)                                                  | 39 - 59                                                      |
| Kelarutan dalam etanol 95%                                               | 1:1 jernih, 1:2.5 opalensi seterusnya opalensi sampai jernih |
| Minyak lemak                                                             | tidak nyata                                                  |
| Alkohol tambahan, minyak pelikan dan bahan asing lain yang dapat menguap | tidak nyata                                                  |

Tabel 3. Syarat mutu minyak akar wangi berdasarkan Standar Perdagangan (1981)

| Karakteristik               | Syarat Mutu                |
|-----------------------------|----------------------------|
| Bobot jenis pada 25 °C      | 0.978 - 1.038              |
| Indeks bias pada 25 °C      | 1.513 - 1.528              |
| Kelarutan dalam etanol 95%  | 1:1 jernih adan seterusnya |
| Bilangan ester              | 5 - 25                     |
| Bil.ester setelah asetilasi | 100 - 150                  |
| Zat asing                   | negatif                    |
| Lemak                       | negatif                    |
| alkohol tambahan            | negatif                    |
| minyak pelikan              | negatif                    |

#### D. PENYULINGAN MINYAK ATSIRI

##### 1. Mekanisme Penyulingan

Penyulingan didefinisikan sebagai proses pemisahan komponen-komponen dari campuran dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing komponen tersebut (Miall di dalam Guenther, 1949). Selama penyulingan komponen minyak yang mempunyai titik didih lebih rendah akan terekstrak lebih dahulu, kemudian diikuti oleh komponen yang mempunyai titik didih lebih tinggi (Guenther, 1949). Titik didih cairan tergantung pada tekanan uapnya. Penurunan tekanan uap cairan menyebabkan penurunan titik didih.

Secara umum ada dua macam sistem penyulingan campuran yaitu : penyulingan dari campuran yang saling tidak larut yang selanjutnya membentuk dua fase dan sistem penyulingan dari campuran cairan yang saling melarut secara sempurna sehingga membentuk satu fase. Pada campuran dua fase, penyulingan dilakukan untuk memurnikan dan memisahkan minyak atsiri dengan cara penguapan dan penguapan tersebut juga dimaksud untuk mengekstraksi minyak atsiri dari tanaman penghasil minyak atsiri dengan bantuan uap air. Pada campuran cairan yang membentuk satu fase , penyulingan dilakukan untuk memurnikan dan memisahkan fraksi-fraksi minyak atsiri tanpa menggunakan uap panas (Guenther, 1949).

Menurut Badger dan Banchero (1985) istilah penyulingan (destilasi) kadang-kadang juga digunakan untuk proses menguapkan konstituen tunggal dari suatu larutan, contohnya dalam pembuatan air suling. Tetapi secara umum istilah penyulingan sebaiknya digunakan hanya untuk suatu operasi di mana penguapan dari suatu campuran cairan menghasilkan suatu fase uap yang mengandung lebih dari satu konstituen.

Dasar yang diperlukan untuk pemisahan komponen dengan penyulingan adalah komposisi uap yang berbeda dengan komposisi cairan dalam keadaan kesetimbangan. Jika komposisi uap sama seperti komposisi cairan, proses penyulingan tidak berguna untuk pemisahan campuran (Badger dan

Banchero, 1985).

Menurut Weissberger (1951) pada proses penyulingan, tekanan uap dari satu jenis molekul atau lebih timbul akibat benturan antar molekul dan benturan molekul dengan dinding ketel. Tekanan parsial dari masing-masing komponen dalam uap campuran pada campuran dua fasa, dihubungkan oleh Hukum Dalton. Dalton menyatakan bahwa jumlah dari tekanan parsial dalam suatu campuran gas atau uap, sama dengan tekanan total, secara matematik dirumuskan seperti pada persamaan (1).

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (1)$$

di mana :

$p_1$ ,  $p_2$ , dan  $p_3$  adalah tekanan parsial dari komponen 1, 2, dan 3 dalam suatu campuran yang saling tidak melarut.

Dan dari hukum dasar gas dinyatakan bahwa tekanan uap campuran adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{total}} = \frac{n R T}{V} \quad (2)$$

di mana :

$p$  = tekanan uap campuran

$n$  = jumlah mol total gas dalam campuran

$T$  = suhu campuran uap

$R$  = konstanta umum gas

$V$  = volume total campuran gas

Maka faktor yang mempengaruhi jumlah minyak yang menguap bersama uap air adalah besarnya tekanan uap yang digunakan, berat molekul masing-masing molekul dalam minyak dan kecepatan keluarnya minyak dari bahan (Guenther, 1949).

Minyak hasil penyulingan dengan destilat akan terpisah di dalam labu *florentine* akibat perbedaan berat jenis. Jadi proses destilasi dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air (Guenther, 1949).

## 2. Metoda Penyulingan

Berdasarkan kontak antara bahan yang didestilasi dengan air atau uap panas, menurut Guenther (1949) destilasi minyak atsiri dapat dibedakan menjadi tiga metoda penyulingan, yaitu :

### a. Penyulingan dengan air

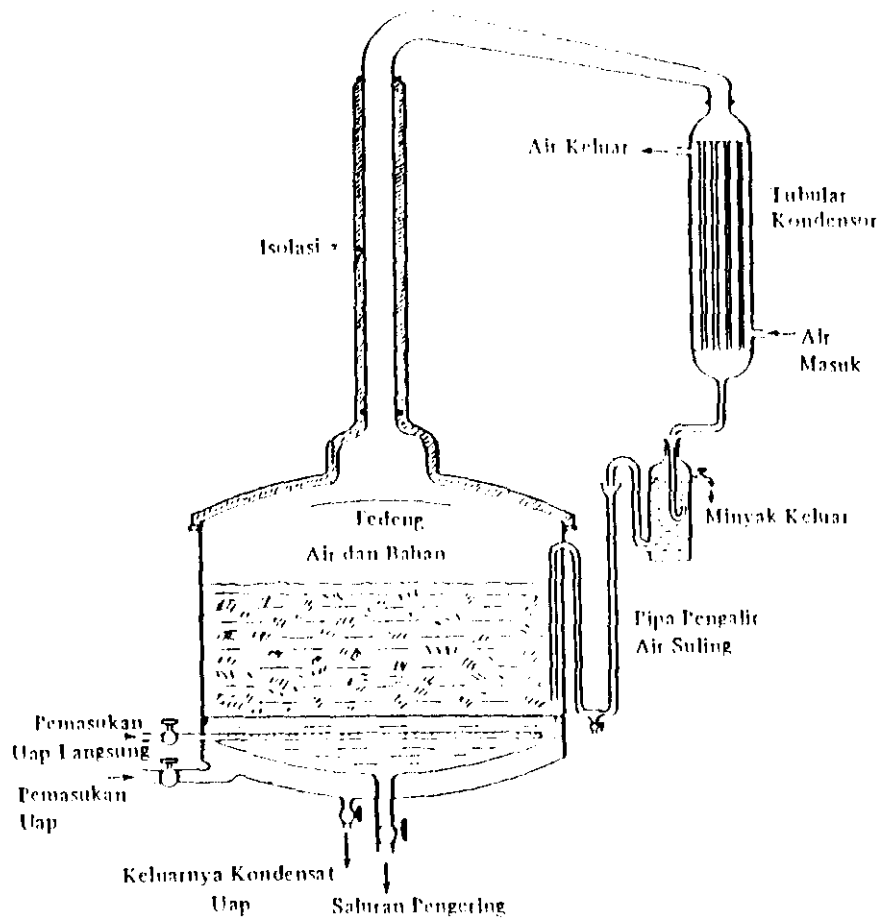
Pada sistem penyulingan dengan air, bahan yang akan disuling langsung kontak dengan air mendidih.

Metoda penyulingan dengan air baik digunakan untuk menyuling bahan yang berbentuk tepung dan bunga-bunga yang mudah membentuk gumpalan jika kena panas.

Air dapat dididihkan dengan menggunakan api langsung atau uap dalam mantel atau dalam spiral tertutup. Skema alat penyuling dengan air dapat dilihat pada Gambar 2. Penyulingan dengan air memerlukan

ketel suling yang lebih besar, ruangan yang lebih luas dan jumlah bahan bakar yang lebih banyak. Pada penyulingan dengan air diameter ketel lebih besar dari tinggi ketel, agar terhindar dari tekanan akibat berat bahan. Selain itu pada penyulingan dengan air komponen minyak yang bertitik didih tinggi dan bersifat larut dalam air tidak dapat menguap secara sempurna.

Kecepatan penguapan minyak dalam proses penyulingan air tidak dipengaruhi oleh sifat mudah menguapnya komponen-komponen minyak (perbedaan titik didih) melainkan lebih banyak dipengaruhi oleh derajat kelarutannya dalam air (Guenther, 1949).



Gambar 2. Skema alat penyulingan dengan metoda air (Guenther, 1949)

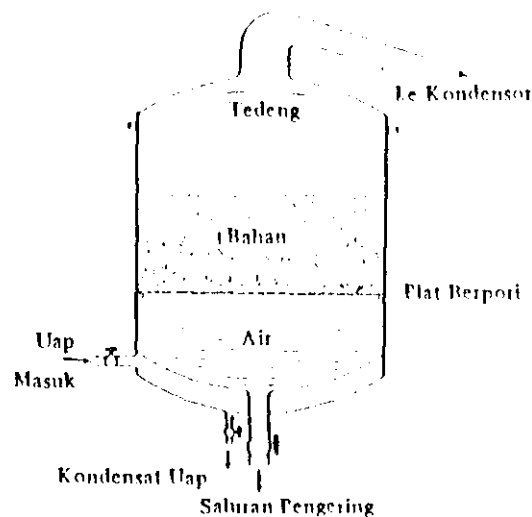
#### b. Penyulingan dengan air dan uap

Pada metoda penyulingan ini, bahan diletakkan di atas piring yang berupa saringan yang terletak beberapa centimeter di atas permukaan air dalam ketel penyuling.

Pada tipe penyulingan ini, perhatian ditujukan terhadap uap yang kontak dengan bahan dan uap lain yang terbentuk, dan air dalam ketel penyulingan.

Timbulnya gosong atau bahan yang mengering dapat dicegah karena suhu tidak melebihi suhu uap jenuh ( $100^{\circ}\text{C}$ ) pada tekanan 1 atm, sehingga kerusakan minyak lebih kecil, dibandingkan dengan minyak yang diperoleh dari hasil penyulingan uap langsung.

Di samping itu pada penyulingan tipe ini persiapan bahan sangat penting, misalnya pengisian bahan ke dalam ketel harus diatur, agar uap dapat berpenetrasi secara merata dalam bahan dan ukuran bahan yang seragam dan optimum. Jika ukuran bahan terlalu halus, maka akan menggumpal sehingga menghambat penetrasi uap. Skema alat penyuling tipe ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema alat penyuling dengan metoda air dan uap (Guenther, 1949)

### c. Penyulingan dengan uap

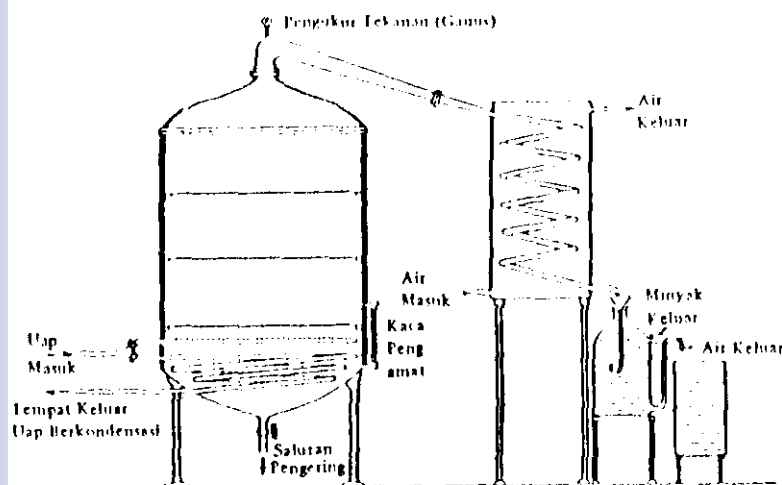
Pada metoda ini, air sebagai sumber uap panas terdapat dalam ketel uap (*boiler*) yang letaknya terpisah dari ketel suling. Uap yang dihasilkan adalah uap jenuh (*saturated steam*) pada tekanan lebih dari 1 atmosfer ( atm ).

Penyulingan dengan uap sebaiknya dimulai dari tekanan uap rendah (sekitar 1 atm), kemudian secara bertahap dinaikkan kurang lebih 3 atm. Jika permulaan penyulingan dilakukan pada tekanan tinggi, maka komponen kimia dalam minyak akan mengalami dekomposisi. Apabila minyak dalam bahan diperkirakan sudah habis tersuling, maka tekanan uap perlu diperbesar lagi yang bertujuan untuk menyuling komponen kimia minyak yang bertitik didih tinggi .

Uap yang dihasilkan adalah uap jenuh atau uap lewat panas pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa uap yang melingkar dan berpori yang terletak di bawah bahan dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan. Pada penyulingan uap, diameter ketel suling lebih kecil dari tinggi ketel suling. Hal ini bertujuan agar uap lebih lama kontak dengan bahan, sehingga akan mempercepat proses penyulingan. Skema alat penyulingan dengan metoda uap dapat dilihat pada Gambar 4.

Sistem penyulingan ini baik digunakan untuk mengekstrak minyak dari biji-bijian, akar dan batang yang umumnya mengandung komponen minyak yang bertitik didih tinggi.

Tekanan uap dalam ketel suling dapat diatur sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Proses difusi akan berlangsung dengan baik jika uap agak basah. Penyulingan dengan uap lewat panas atau bertekanan tinggi akan mengeringkan bahan sehingga penguapan akan terhambat.



Gambar 4. Skema alat penyuling dengan metoda uap (Guenther, 1949)

## E. PENGERINGAN AKAR WANGI

Menurut Brooker (1974) dan Hall (1957) proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat

laju kerusakan bahan pertanian akibat aktivitas biologis dan kimia sebelum bahan diolah atau dimanfaatkan.

Beberapa manfaat pengeringan hasil pertanian antara lain masa simpan menjadi lebih lama dengan kerusakan dan penurunan mutu yang sekecil-kecilnya, harga lebih tinggi setelah beberapa bulan masa panen, mutu hasil lebih baik dan nilai ekonominya lebih tinggi (Henderson dan Perry, 1976).

Dalam penelitian penyulingan akar wangi dengan metoda uap dan air, pengeringan merupakan salah satu perlakuan pendahuluan sebelum akar wangi disuling. Karena menurut Ketaren (1985) pengeringan dapat mempercepat proses ekstraksi dan memperbaiki mutu minyak, akan tetapi selama pengeringan kemungkinan sebagian minyak akan hilang karena penguapan dan oksidasi oksigen udara.

Minyak atsiri dari tanaman aromatik dilindungi atau dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantong-kantong minyak atau glandular. Jika bahan dibiarkan atau dikeringkan, sebagian minyak atsiri akan menguap melalui jaringan tanaman ke permukaan bahan. Proses ini terjadi karena adanya peristiwa hidrodifusi dengan air sebagai media. Peristiwa hidrodifusi ini adalah Bergerak-nya suatu senyawa dengan air melalui selaput tipis dalam jaringan tanaman. Selama pengeringan/pelayuan, membran sel akan pecah sehingga dapat membentuk cairan sel bebas

keluar masuk sel ke sel sehingga dapat membentuk campuran zat baru (Guenther, 1949).

Menurut Guenther (1949) kehilangan minyak selama pengeringan/pelayuan lebih besar daripada kehilangan minyak selama penyimpanan bahan. Suhu pengeringan yang tinggi dapat menurunkan rendemen minyak, tetapi pengeringan/pelayuan yang lambat dan lembab menyebabkan bahan berjamur dan akan mudah rusak karena busuk (Somaatmadja, 1975).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April sampai bulan Juni 1993, bertempat di Laboratorium Rekayasa Proses Pangan dan Pilot Plant, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

#### B. BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akar wangi segar yang berasal dari kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat di Cikampek. Pada saat diambil tanaman telah berumur 29 bulan. Umur tersebut sudah dikategorikan sebagai umur panen.

#### C. ALAT

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : 1) alat pengering, 2) alat penyuling, 3) alat pengukur, dan 4) alat pemotong.

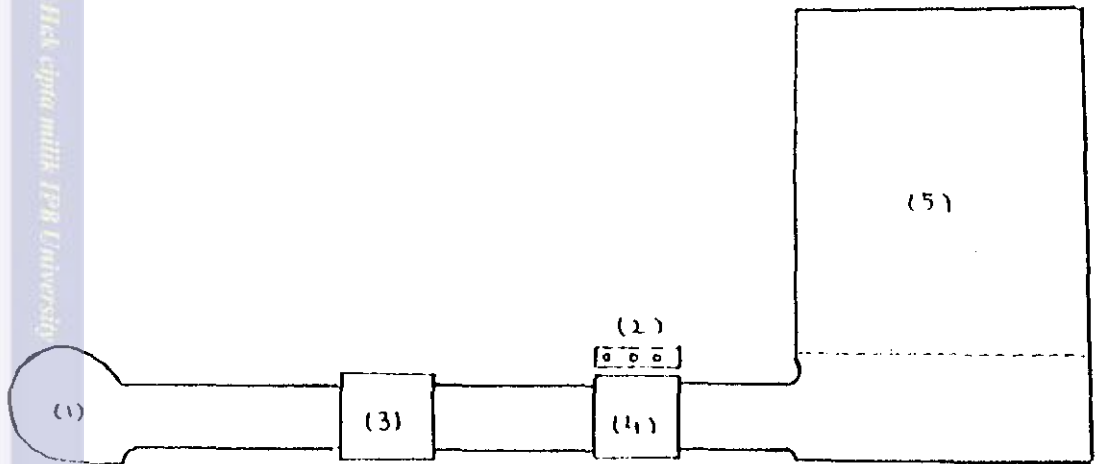
##### 1. Alat Pengering

Alat pengering yang digunakan adalah alat pengering tipe bak skala laboratorium dengan sumber panas dari energi listrik PLN.

Komponen dari alat ini meliputi (1) kipas tipe sentrifugal, (2) pengontrol suhu otomatis, (3) sumber panas (listrik PLN), (4) penyearah aliran udara, (5) bak pengering dengan sensor suhu, seperti yang disajikan

pada Gambar 5.

Gambar 6 memperlihatkan gambar foto alat pengering pada saat mengeringkan akar wangi.



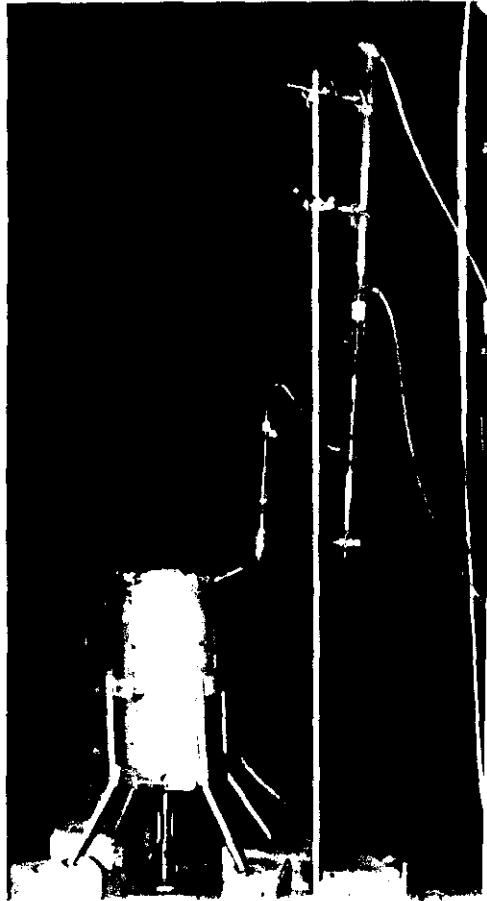
Gambar 5. Skema alat pengering



Gambar 6. Gambar foto alat pengering saat mengeringkan akar wangi

## 2. Alat Penyuling

Penyulingan dilakukan dengan metoda uap dan air, yaitu berupa unit penyuling yang dilengkapi dengan kondensor dan alat kohobasi. Gambar foto alat penyuling tipe uap dan air disajikan pada Gambar 7 dan skemanya pada Gambar 8.



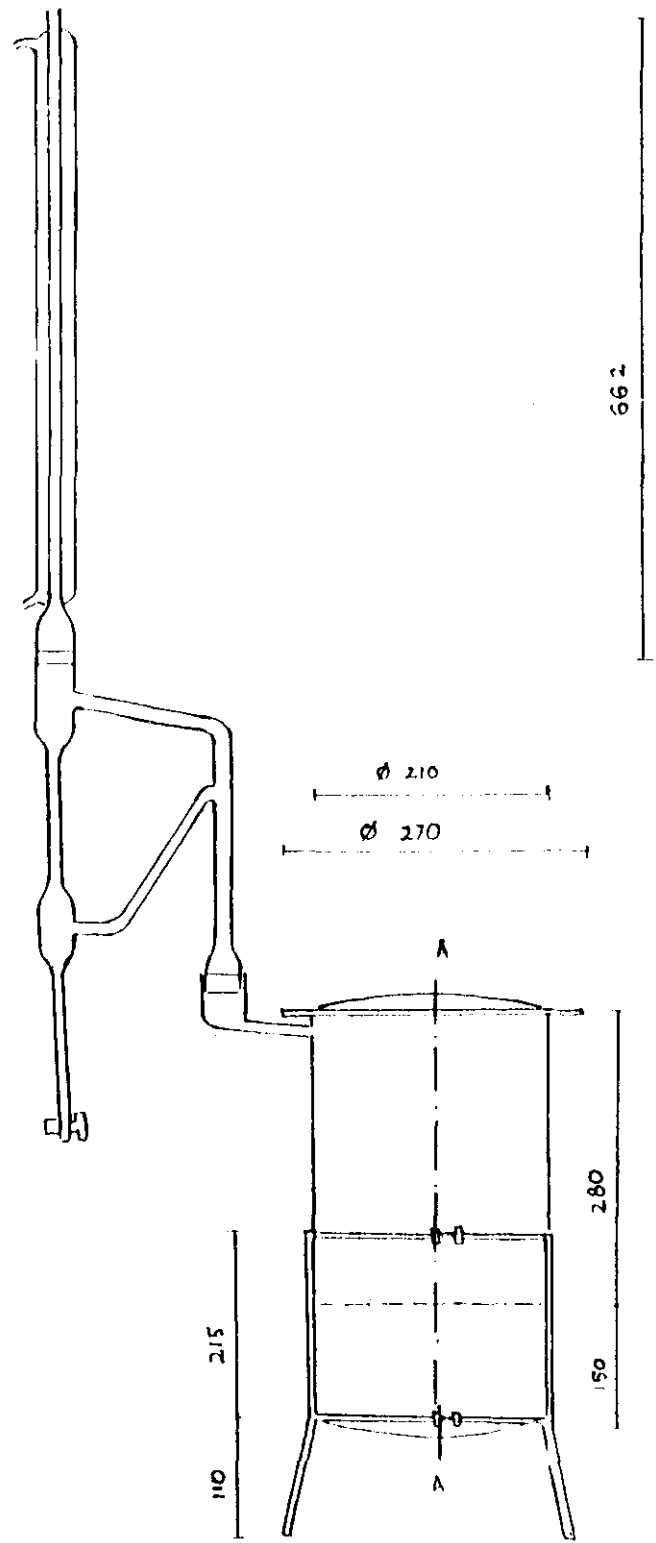
Gambar 7. Gambar foto alat penyuling tipe uap dan air

Uraian: Disajikan gambar alat penyuling tipe uap dan air, tentukanlah bagian-bagian alat tersebut dan jelaskan fungsinya!

1. Mengidentifikasi bagian-bagian alat penyuling tipe uap dan air.

2. Menjelaskan fungsi masing-masing bagian dari alat penyuling tipe uap dan air.

Gambar 8. Skema alat penyuling tipe uap dan air



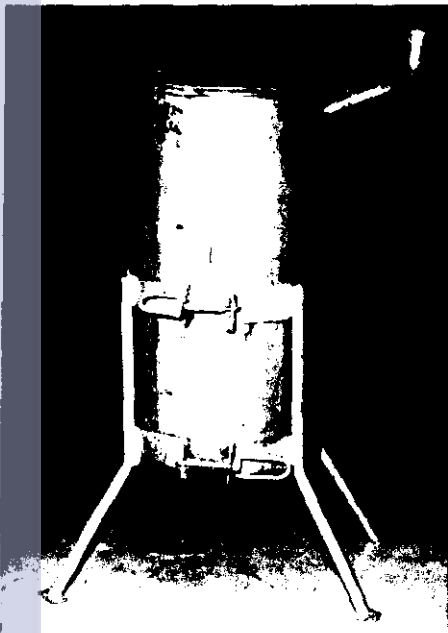
SKALA = 1:1

Gambar 8. Skema alat penyuling tipe uap dan air

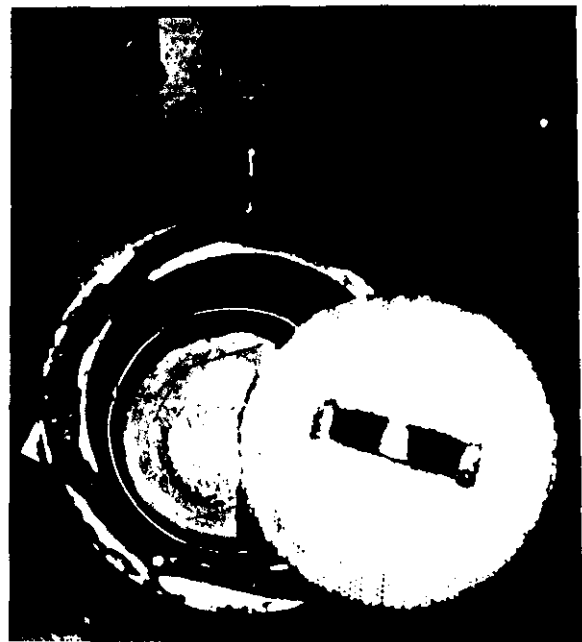
Komponen-komponen alat penyuling diuraikan di bawah ini.

a. Tangki penyuling

Tangki penyuling terbuat dari *stainless steel* setebal 2 mm, diameter dalam 210 mm, tinggi tangki 410 mm, tinggi kedudukan 110 mm. Tutup tangki juga terbuat dari *stainless steel* dengan diameter 270 mm. Untuk menahan tutup digunakan 8 buah mur dan baut. Kebocoran dari tangki melalui penutup dihindarkan dengan dipasangnya lapisan karet. Pada gambar 9 disajikan gambar foto dari tangki penyuling. Dan dimensi serta konstruksinya dapat dilihat pada Lampiran 1.



A. Bagian luar

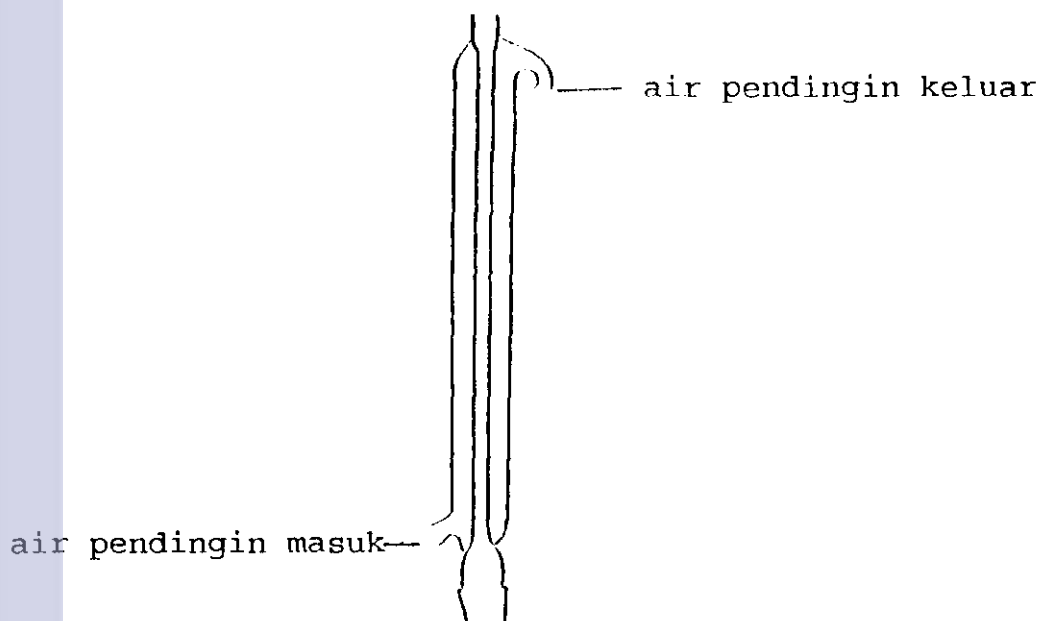


B. Bagian dalam

Gambar 9. Gambar foto tangki penyuling tipe uap dan air

### b. Tabung kondensor

Perlengkapan untuk kondensasi berupa dua buah tabung gelas, tinggi total 662 mm yang dilengkapi dengan selang. Tabung gelas sebelah dalam berfungsi untuk menerima uap dari tangki penyuling yang terlebih dulu melewati bagian alat kohobasi, sekaligus tempat terjadinya kondensasi. Di antara tabung luar dan dalam dialirkan air pendingin, mengalir dari bawah ke atas. Bagian bawah kondensor dihubungkan dengan alat kohobasi. Skema tabung kondensor dapat dilihat pada Gambar 10.

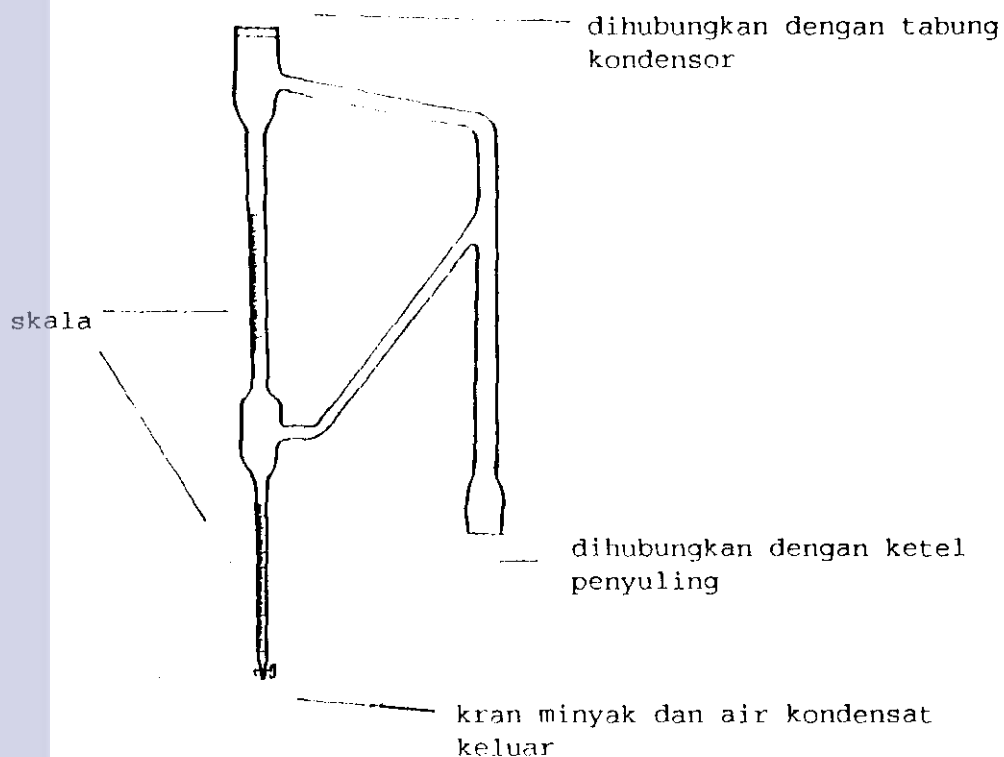


Gambar 10. Skema tabung kondensor

### c. Alat kohobasi

Alat ini berhubungan langsung dengan tangki penyuling. Tinggi alat kohobasi keseluruhan adalah

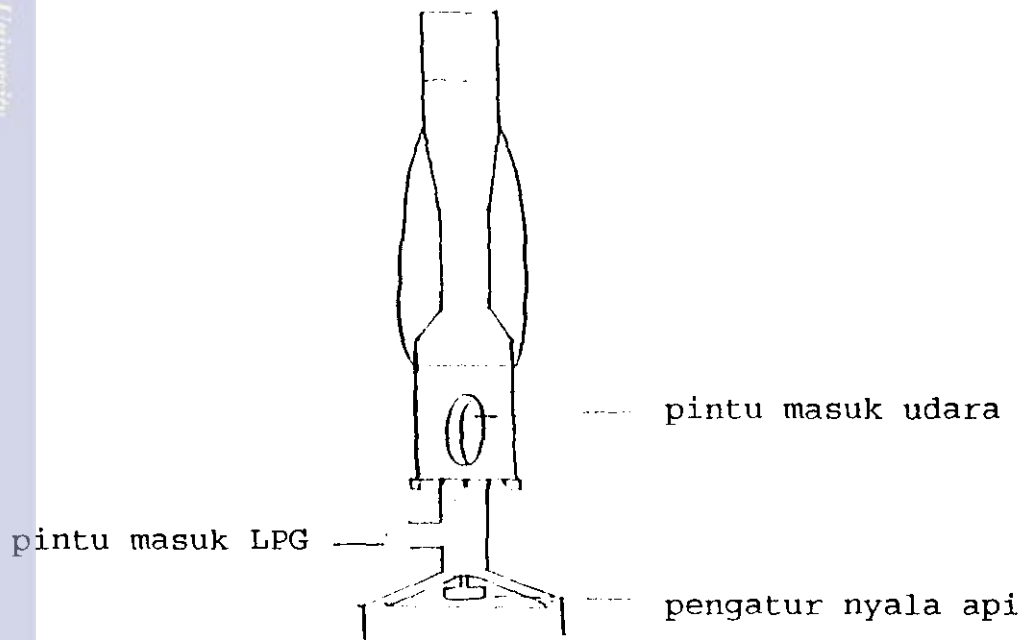
572 mm, dilengkapi dengan skala 0 - 15 cc pada bagian atas dan bawah, serta kran untuk mengeluarkan air kondensat ( bila BJ minyak lebih kecil dari BJ air kondensat ). Minyak atsiri dan air kondensat menetes menuju alat kohobasi, dan lambat laun minyak dan air terpisah berdasarkan berat jenisnya. Dengan adanya perlengkapan kohobasi ini, dapat diusahakan penghematan konsumsi air untuk penyulingan karena air kondensat akan kembali lagi ke dalam tangki. Skema alat kohobasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Skema alat kohobasi

#### d. Pemanas

Pemanas yang digunakan adalah *mecker burner* dengan bahan bakar LPG. Pemanas diletakan di bagian bawah tangki penyuling dan besar kecilnya nyala api dapat diatur dari sejenis sekrup di bagian bawahnya. Skema alat pemanas dapat dilihat pada Gambar 12.



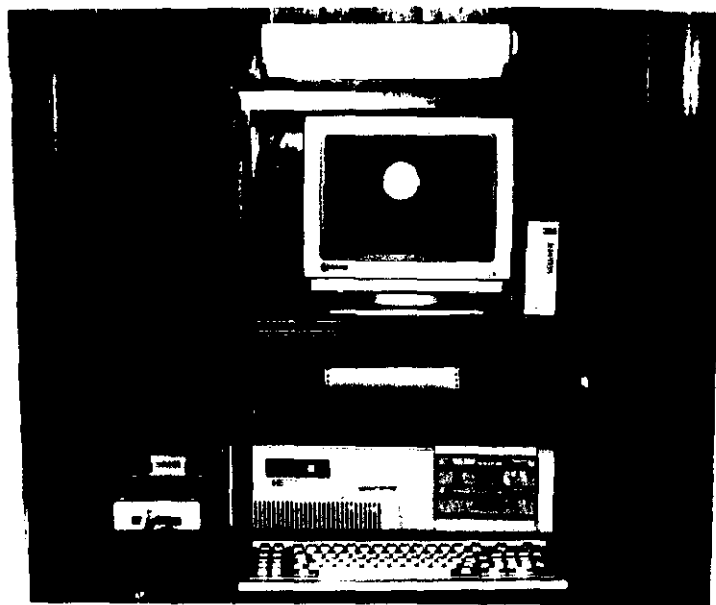
Gambar 12. Skema alat pemanas (*mecker burner*)

### 3. Alat Pengukur

Alat pengukur yang digunakan adalah alat pengukur suhu, alat pengukur kadar air, alat pengukur kadar minyak, kalorimeter, dan neraca massa.

a. Alat pengukur suhu

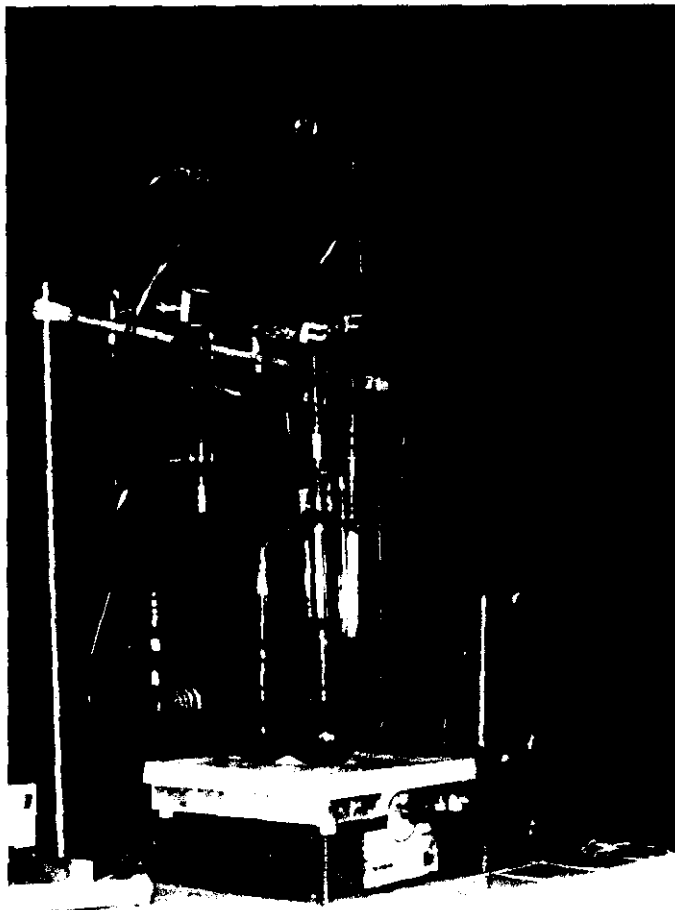
Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan 1) data logger yang terdiri dari 8 sensor termokopel, yang digunakan untuk mengukur suhu air di dalam ketel penyuling, suhu akar wangi di atas saringan dalam ketel penyuling, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel penyuling, dan suhu air kondensat yang keluar dari kondensor, serta 2) termometer batang, yang digunakan untuk mengukur suhu air kondensor yang masuk dan keluar. Gambar foto alat pengukur suhu (data logger) disajikan pada gambar 13.



Gambar 13. Gambar foto alat pengukur suhu (data logger)

b. Alat pengukur kadar air (afhauser)

Prinsip kerja alat ini adalah contoh bahan baku disuling dengan menggunakan pelarut bahan yang mempunyai titik didih lebih besar dari air, dalam hal ini digunakan toluene. Minyak yang terkandung dalam bahan baku akan larut dalam toluene, sedangkan air akan terpisah (Guenther, 1949). Gambar foto alat pengukur kadar air (afhauser) disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Gambar foto alat pengukur kadar air (afhauser)

### c. Alat pengukur kadar minyak

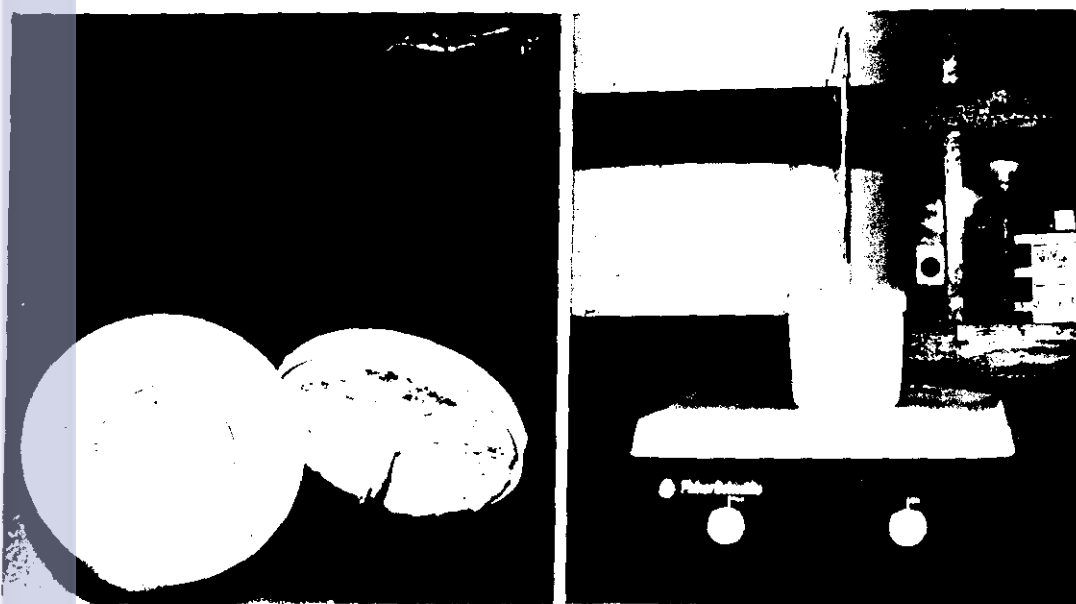
Untuk mengukur kadar minyak digunakan alat penyuling kecil terbuat dari gelas dengan sistem kohobasi. Cara kerja alat ini sama saja dengan alat penyuling biasa hanya saja dalam skala kecil dengan dianggap tidak ada kebocoran (Guenther, 1949). Gambar foto alat pengukur kadar minyak diperlihatkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Gambar foto alat pengukur kadar minyak

#### d. Kalorimeter

Untuk mengukur panas jenis dari akar wangi, digunakan kalorimeter. Sebelum digunakan untuk mengukur panas jenis akar wangi kalorimeter diukur kapasitas panasnya. Data dan perhitungan kapasitas panas kalorimeter dapat dilihat pada lampiran 6. Prinsip kerja alat ini menggunakan prinsip keseimbangan panas, di mana panas yang diberikan bahan sama dengan panas yang diterima sistem kalorimeter (Mohsenin, 1980). Gambar foto kalorimeter disajikan pada Gambar 16.



A. Bagian dalam

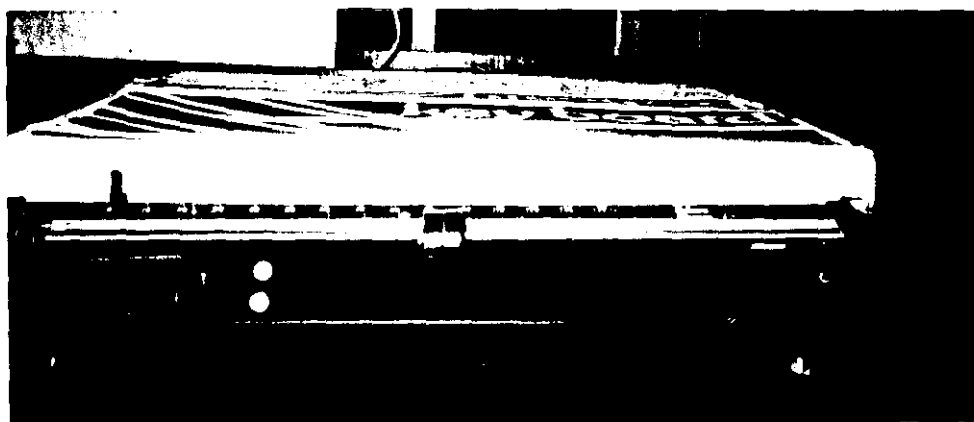
B. Bagian luar

Gambar 16. Gambar foto kalorimeter

#### e. Neraca massa

Neraca massa yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam, yaitu 1) neraca massa dengan

kapasitas 120 kg, yang digunakan untuk mengukur konsumsi gas LPG yang terpakai, gambar foto dari neraca ini disajikan pada Gambar 17 ,dan 2) neraca massa dengan ketelitian 0.01 g , yang digunakan untuk mengukur penurunan massa akar wangi saat dikeringkan, gambar foto dari neraca massa ini disajikan pada Gambar 18.



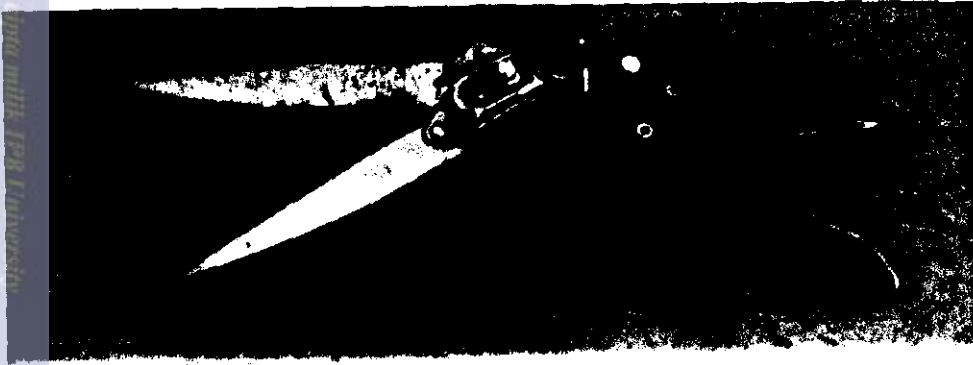
Gambar 17. Gambar foto neraca massa



Gambar 18. Gambar foto neraca massa

### 3. Alat Pemotong

Alat pemotong yang digunakan untuk merajang akar wangi dalam penelitian ini adalah gunting rumput, yang gambar fotonya disajikan pada Gambar 19.



Gambar 19. Gambar foto gunting rumput

### D. PERLAKUAN

Perlakuan dalam penelitian ini adalah :

#### 1. Kondisi Bahan

Perlakuan kondisi bahan terdiri dari empat level yaitu

- akar wangi tanpa dikeringkan,
- akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran,
- akar wangi yang dikeringkan dengan alat pengering pada level suhu  $40^{\circ}\text{C}$ ,
- akar wangi yang dikeringkan dengan alat pengering pada level suhu  $70^{\circ}\text{C}$ .

#### 2. Lama Penyulingan

Lama penyulingan dalam penelitian ini adalah 12 jam.

## **E. PARAMETER YANG DIAMATI**

### Pada Proses Pengeringan

#### **1. Penurunan Kadar Air Akar Wangi**

Selama pengeringan berlangsung penurunan kadar air akar wangi diamati hingga diperoleh kadar air akhir sekitar 10% - 12% basis kering. Pengamatan dilakukan dengan cara menimbang sampel bahan setiap 10 menit.

### Pada Proses Penyulingan

#### **2. Minyak Akar Wangi Tersuling**

#### **3. Rendemen Minyak Akar Wangi**

Perhitungan rendemen minyak akar wangi dalam percobaan ini berdasarkan banyaknya minyak akar wangi yang dihasilkan (ml) dibagi bobot dari akar wangi yang digunakan dalam penyulingan (gram).

#### **4. Mutu Minyak Akar Wangi Yang Dihasilkan**

Pengujian mutu dari minyak akar wangi yang dihasilkan meliputi berat jenis, indeks bias, kelarutan dalam alkohol 95%, bilangan asam, dan bilangan ester .

##### **a. Berat jenis**

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur berat jenis adalah piknometer. Berat jenis merupakan cara untuk mengetahui tingkat kemurnian minyak, biasa diukur pada suhu kamar ( 25 °C ).

Mula-mula piknometer yang telah dibersihkan diisi dengan air suling yang bersuhu  $25^{\circ}\text{C}$  hingga permukaan air mencapai puncak kapiler, kemudian ditimbang dengan teliti. Setelah itu piknometer dikosongkan dan dicuci beberapa kali dengan alkohol, lalu dikeringkan. Kemudian Piknometer tersebut diisi dengan minyak akar wangi, ditimbang dan diukur suhunya (Guenther, 1949) . Perhitungan berat jenis menggunakan persamaan (3)

$$BJ_{\text{pengukuran}} = \frac{\text{massa minyak (gram)}}{\text{massa air (gram)}} \quad (3)$$

$$BJ_{\text{sesungguhnya}} = (t_2 - t_1) \times 0.00071 + BJ_{\text{pengukuran}} \quad (4)$$

di mana :

$t_1$  adalah suhu standar mutu ( $25^{\circ}\text{C}$ ),

$t_2$  adalah suhu pada saat pengukuran dilakukan .

#### b. Indeks bias

Pengukuran indeks bias menggunakan refraktometer Pulfrich dan Abbe. Prinsipnya adalah pembiasan cahaya bila melewati media yang berbeda kerapatannya (Guenther, 1949). Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai indeks bias adalah persamaan (5).

$$I_r = (t_2 - t_1) \times 0.00039 \times I_p \quad (5)$$

di mana :

$t_1$  adalah suhu standar mutu ( $25^{\circ}\text{C}$ ),

$t_2$  adalah suhu pada saat pengukuran,

$I_r$  adalah indeks bias sebenarnya

$I_p$  adalah indeks bias pengukuran

c. Kelarutan dalam alkohol 95%

Menurut Guenther (1949), kelarutan dalam alkohol diukur dengan cara menambahkan alkohol pada 1 ml sampel minyak hingga terbentuk larutan yang jernih. Nilai kelarutan diukur pada suhu 20 °C, dan jumlah alkohol yang dibutuhkan (ml) merupakan nilai kelarutannya. Nilai ini akan berkurang bila minyak makin lama disimpan.

d. Bilangan asam

Bilangan asam didefinisikan sebagai jumlah mg potasium hidroksida yang dibutuhkan untuk menetralkan asam bebas dalam 1 gram minyak. Bila minyak disimpan, terkena cahaya dan udara, maka lama kelamaan akan terjadi oksidasi aldehid dan hidrolisa ester yang akan meningkatkan bilangan asamnya.

Cara pengukuran bilangan asam menurut Guenther (1949) adalah mula-mula 2.5 g minyak akar wangi dimasukkan ke dalam sebuah labu penyabunan 100 ml, ditambahkan 15 ml alkohol 95% dan 3 tetes larutan fenolftalein. Asam bebas dititrasi dengan larutan standar NaOH 0.1 N hingga timbul warna merah (isi labu harus digoyang selama titrasi). Bilangan asam

ditentukan dengan persamaan (6).

$$\text{Bilangan asam} = \frac{5.61 \times \text{jumlah ml NaOH 0.1 yang dipakai}}{\text{massa sampel (gram)}} \quad (6)$$

#### e. Bilangan ester

Bilangan ester diperlukan untuk mengetahui nilai minyak atsiri. Bilangan ester tinggi, umumnya menunjukkan adanya pemalsuan (Guenther, 1949). Didefinisikan sebagai jumlah mg potasium hidroksida yang dibutuhkan untuk menyabunkan ester yang terdapat dalam 1 gram minyak.

Cara pengukuran bilangan ester menurut Guenther (1949) adalah mula-mula dimasukkan 1.5 g minyak akar wangi ke dalam labu penyabunan 100 ml, ditambahkan 5 ml alkohol 95% dan 3 tetes fenolfthalein, lalu asam bebasnya dinetralkan dengan menggunakan larutan NaOH 0.1 N dan ditambahkan 10 ml larutan NaOH 0.5 N beralkohol, kemudian labu dipasang pada kondensor (berdiameter 1 cm dan panjang 1 m) dan panaskan selama 1 jam di atas penangas. Setelah itu dibiarkan sampai dingin pada suhu kamar selama 15 menit. Sisa alkali dititrasi dengan HCl 0.5 N. Untuk menentukan jumlah alkali yang digunakan, perlu dibuat blanko dan perlakuannya sama dengan contoh, tapi tanpa menggunakan minyak akar wangi. Penentuan bilangan ester dilakukan dengan

menggunakan persamaan (7).

$$\text{Bilangan ester} = \frac{(B - C) \times 0.5 \text{ N} \times 56.1}{\text{massa sampel (gram)}} \quad (7)$$

di mana :

B adalah jumlah HCL (ml) yang digunakan pada blanko,

C adalah jumlah HCl (ml) yang digunakan untuk menitrasi sampel.

## 5. Suhu

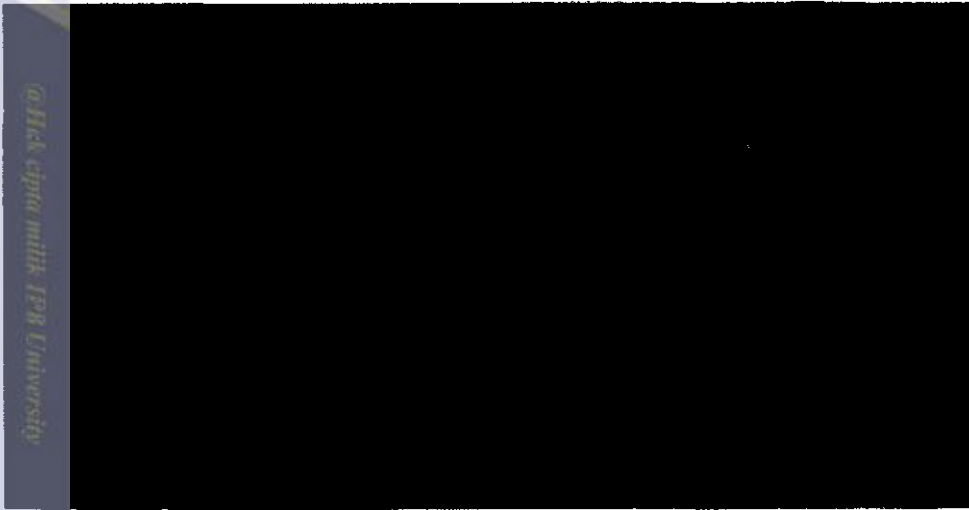
Pengukuran suhu dilakukan pada lingkungan, dinding luar, akar wangi, uap di atas akar wangi dan air kondensat, dengan menggunakan *data logger*. Sedangkan pengukuran suhu air pendingin masuk, dan air pendingin keluar dengan menggunakan termometer batang .

## F. PROSEDUR PENELITIAN

### 1. Persiapan Bahan

Mula-mula akar wangi dicuci dan dibersihkan dari kotoran yang berupa batu, pasir, tanah, tangkai, daun dan kotoran lain yang dapat mengganggu pelaksanaan penyulingan, lalu bahan ditiriskan. Untuk akar wangi yang disuling dalam keadaan kering, dikeringkan sampai kadar air 10% - 12% basis kering. Gambar 20 memperlihatkan gambar foto akar wangi segar, tanpa dikeringkan dan

telah dikeringkan.



Keterangan :

- A. Akar wangi segar
- B. Akar wangi tanpa dikeringkan
- C. Akar wangi yang telah dikeringkan

Gambar 20. Gambar foto akar wangi dalam berbagai keadaan

Sebelum dimasukkan ke dalam alat penyuling, akar wangi dirajang terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penguapan minyak atsiri dan untuk mengurangi sifat kamba dari bahan (Ketaren, 1985).

Akar wangi yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 0.35 kg bobot kering dengan kepadatan akar wangi di dalam ketel penyuling adalah  $70 \text{ kg/cm}^3$ .

Akar wangi selanjutnya diletakkan di atas alas berlubang yang terletak beberapa centimeter di atas air dalam ketel penyuling seperti yang diperlihatkan pada

Gambar 21.

Air yang digunakan untuk tiap kali penyulingan adalah 4 liter. Pengaturan akar wangi dilakukan sedemikian rupa sehingga merata dan lubang pengeluaran uap tidak tertutup.



Gambar 21. Gambar foto akar wangi yang sudah siap disuling

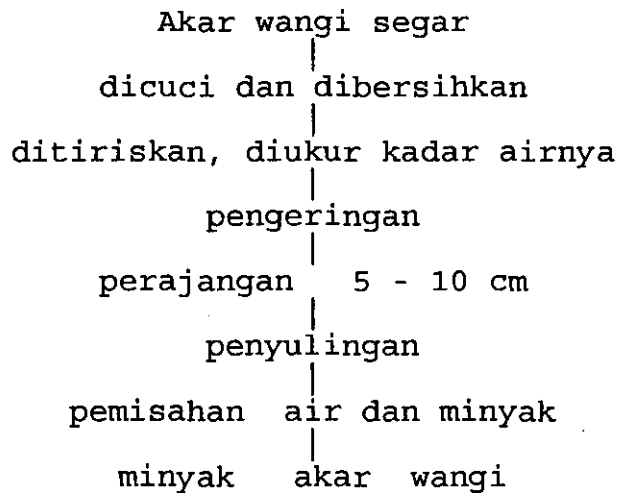
## 2. Pengaturan Pemanas

Bila air, akar wangi dan *data logger* telah siap, alat penyuling ditutup dan dihubungkan dengan alat kohobasi dan tabung kondensor. Selanjutnya api dinyalakan. Besarnya nyala api setiap kali penyulingan adalah sama yaitu nyala api setinggi 15 cm dan mempunyai bunga api.

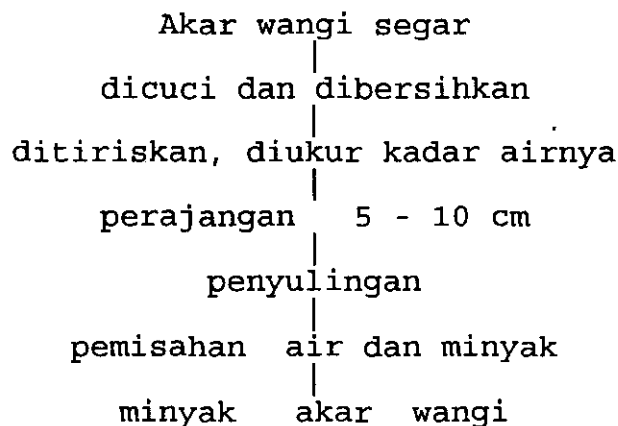
### 3. Prosedur Percobaan Secara Lengkap

Diagram alir berikut ini memperlihatkan prosedur percobaan yang lengkap.

#### a. Prosedur percobaan penyulingan akar wangi yang dikeringkan



#### b. Prosedur percobaan penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan



#### 4. Penentuan Kadar Air Awal Akar Wangi Sebelum dikeringkan

Kadar air akar wangi diukur dengan metoda *Bidwell* dan *Sterling*, caranya : memasukkan 10 g sampel ke dalam labu berukuran 500 ml, kemudian ditambahkan 200 ml toluene, dan dipanaskan perlahan-lahan sampai toluene mendidih dan air yang tersuling dianggap sebagai kadar air akar wangi (Guenther, 1949). Perhitungan kadar air akar wangi menggunakan persamaan (8).

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Volume air ( ml )}}{\text{massa sampel ( g )}} \times 100 \% \quad ( 8 )$$

#### 5. Panas Jenis Akar Wangi

Untuk mengetahui energi panas yang dibutuhkan untuk memanaskan akar wangi dibutuhkan data panas jenis dari akar wangi. Data panas jenis diukur dengan menggunakan kalorimeter dengan menggunakan metoda campuran (*method of mixtures*). Metoda ini menggunakan prinsip keseimbangan panas, di mana panas yang diberikan bahan sama dengan panas yang diterima sistem kalorimeter (Mohsenin, 1980). Metoda ini paling sering digunakan mengingat metoda ini sederhana dan mudah.

Untuk menghitung nilai panas jenis digunakan persamaan (9)

$$C_s = \frac{C_1 W_1 (T_e - T_o) + H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad ( 9 )$$

di mana :

$C_s$  adalah panas jenis bahan yang belum diketahui,  
 $C_1$  dan  $W_1$  masing-masing adalah panas jenis dan massa air dingin,

$T_e$ ,  $T_o$ ,  $T_a$  masing-masing adalah suhu keseimbangan, suhu air awal, suhu bahan awal,

$H_c$  adalah kapasitas panas dari kalorimeter.

Dalam pengukuran panas jenis akar wangi,  $C_1$  dan  $W_1$  adalah panas jenis dan massa dari air panas, sehingga persamaannya menjadi seperti persamaan (10).

$$C_s = \frac{C_1 W_1 (T_o - T_e) - H_c (T_e - T_a)}{W_s (T_e - T_a)} \quad (10)$$

di mana :

$C_s$  dan  $W_s$  masing-masing adalah panas jenis dan massa akar wangi (yang dikeringkan atau tanpa dikeringkan),

$T_e$ ,  $T_o$ ,  $T_a$  masing-masing adalah suhu keseimbangan, suhu air awal, suhu akar wangi/kalorimeter (dari hasil pengukuran suhu, suhu akar wangi dan kalorimeter sama dengan suhu udara sekitarnya).

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

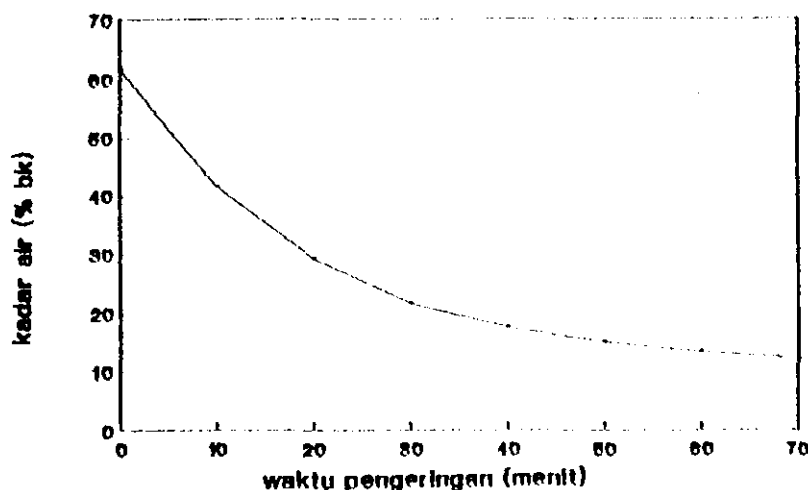
##### A. PENGERINGAN AKAR WANGI

###### 1. Penjemuran Akar Wangi

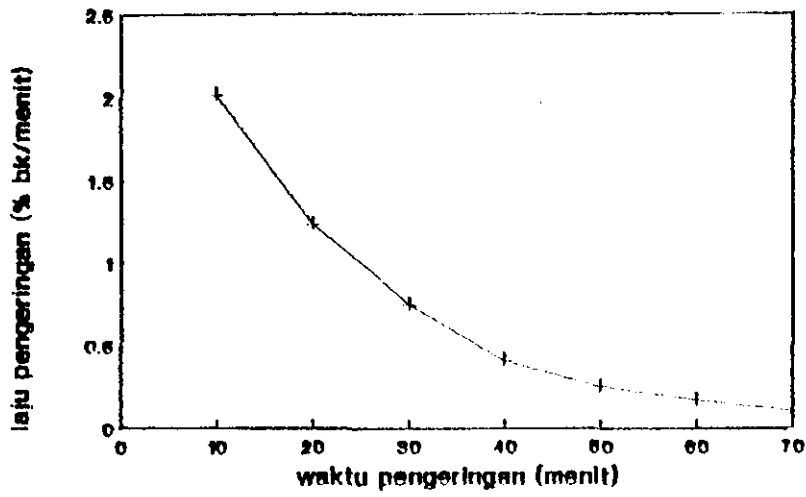
Kelembaban relatif dan suhu udara rata-rata selama proses penjemuran akar wangi masing-masing adalah 67.7% dan 32.3 °C (dengan kisaran suhu 31.5 °C hingga 35.3 °C). Dan data hasil proses ini disajikan pada Lampiran 3.

Grafik perubahan kadar air akar wangi dan laju pengeringan selama proses penjemuran akar wangi masing-masing disajikan pada Gambar 22 dan 23. Sedangkan grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air akar wangi pada proses ini disajikan pada Gambar 24.

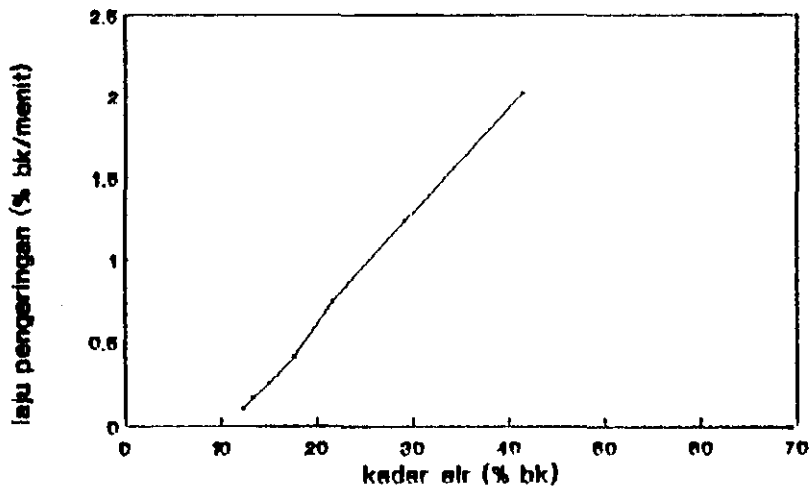
Laju pengeringan rata-rata hasil perlakuan penjemuran akar wangi adalah 0.704 %bk/menit, yang didapat dari selisih kadar air awal dan akhir akar wangi dibagi dengan lama penjemuran.



Gambar 22. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama proses penjemuran



Gambar 23. Grafik perubahan laju pengeringan selama proses penjemuran akar wangi



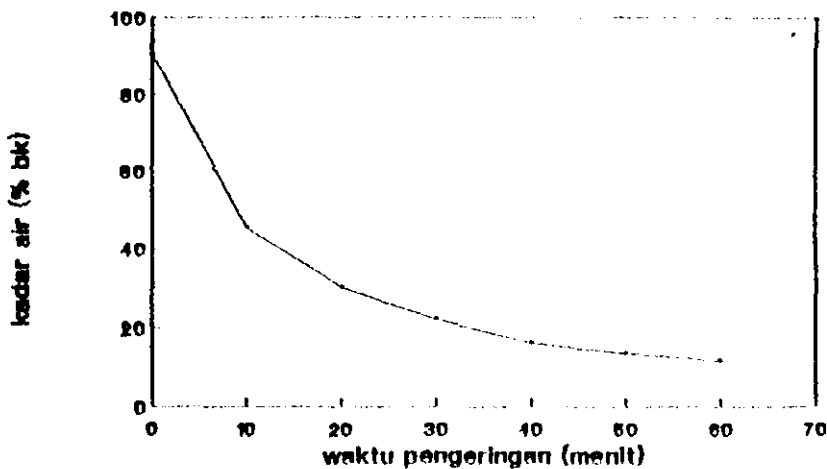
Gambar 24. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada proses penjemuran akar wangi

## 2. Pengeringan Akar Wangi Dengan Suhu 40 °C

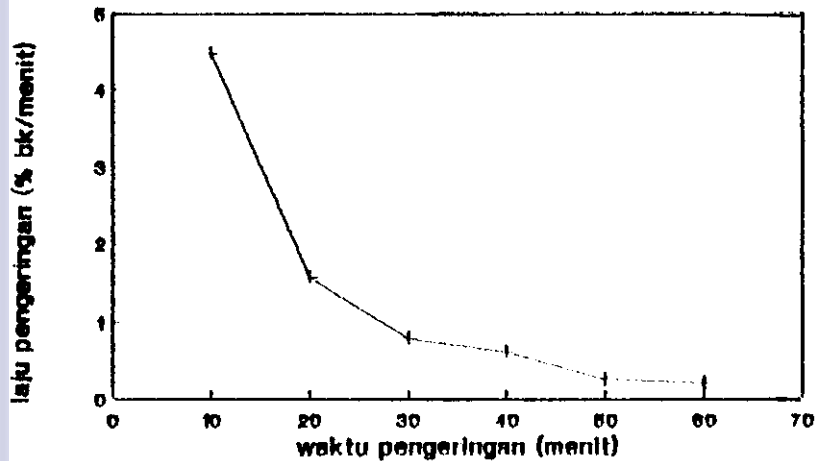
Selama proses pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C berlangsung, kelembaban relatif rata-rata udara lingkungan dan udara pengering masing-masing sebesar 68.75% dan 34.61%. Data hasil pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C disajikan pada Lampiran 4.

Grafik perubahan kadar air akar wangi dan laju pengeringan selama proses pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C masing-masing disajikan pada Gambar 25 dan 26. Sedangkan grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air akar wangi pada proses ini disajikan pada Gambar 27.

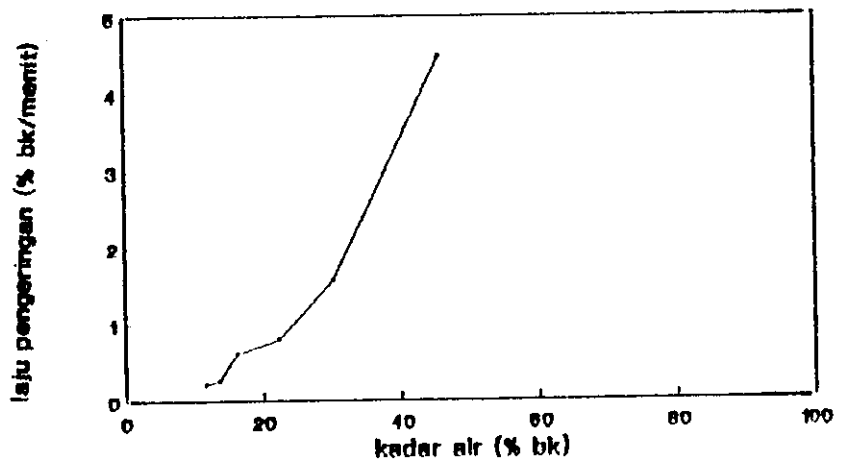
Laju pengeringan rata-rata yang dihasilkan pada pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C adalah 1.315 %bk/menit.



Gambar 25. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C



Gambar 26. Grafik perubahan laju pengeringan selama pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C



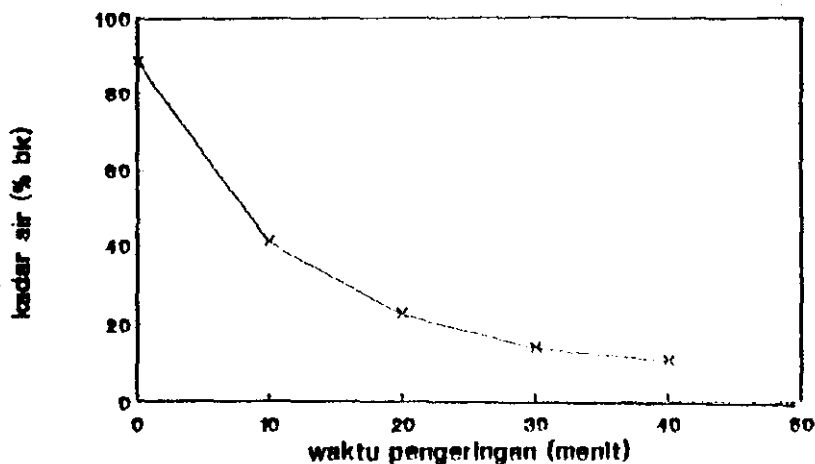
Gambar 27. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C

### 3. Pengeringan Akar Wangi Dengan Suhu 70 °C

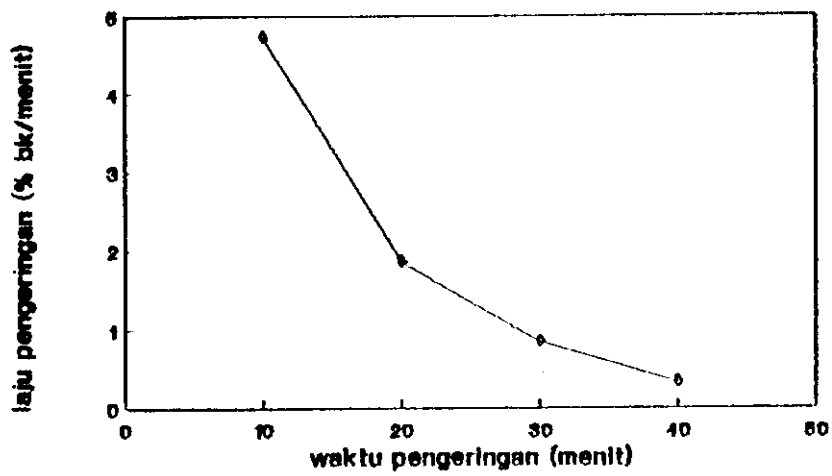
Selama pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C berlangsung kelembaban relatif rata-rata udara lingkungan dan udara pengering masing-masing sebesar 67.7% dan 12.73%. Data hasil pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C disajikan pada Lampiran 5 .

Grafik perubahan kadar air akar wangi dan laju pengeringan selama pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C dapat dilihat pada Gambar 28 dan 29. Sedangkan grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air akar wangi pada proses ini disajikan pada Gambar 30.

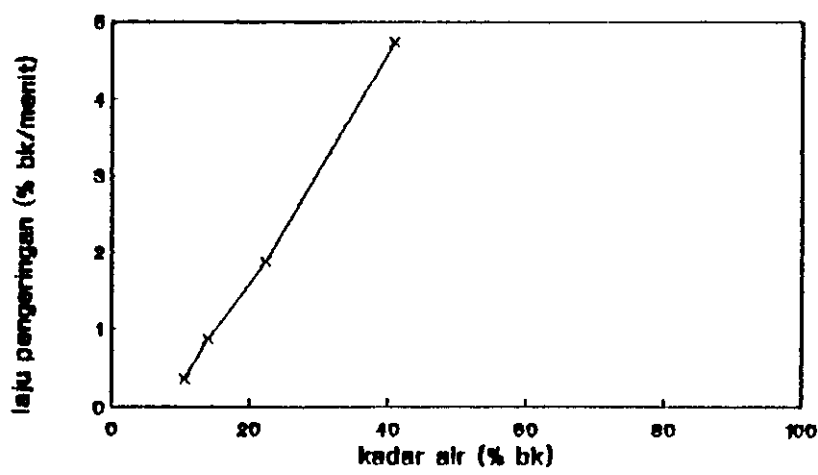
Laju pengeringan rata-rata yang dihasilkan pada pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C adalah 1.943 %bk/menit.



Gambar 28. Grafik perubahan kadar air akar wangi selama pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C



Gambar 29. Grafik perubahan laju pengeringan selama pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C



Gambar 30. Grafik hubungan laju pengeringan dengan kadar air pada pengeringan akar wangi dengan suhu 70 °C

## B. PANAS JENIS AKAR WANGI

Sebelum dilakukan pengukuran panas jenis akar wangi, dilakukan pengukuran kapasitas panas kalorimeter. Data perkembangan suhu air hasil pengukuran kapasitas panas kalorimeter dan contoh perhitungan kapasitas panas kalorimeter disajikan pada Lampiran 6.

Sedangkan data hasil pengukuran panas jenis akar wangi serta contoh perhitungannya disajikan pada Lampiran 7.

Tabel 4 menyajikan hasil perhitungan kapasitas panas kalorimeter dan panas jenis akar wangi.

Tabel 4. Hasil perhitungan kapasitas panas kalorimeter, panas jenis akar wangi tanpa dikeringkan, dan panas jenis akar wangi yang sudah dikeringkan

|           | Kapasitas panas<br>kalorimeter<br>(J/K) | Panas jenis akar wangi<br>tanpa dikeringkan * | Panas Jenis akar wangi<br>yang dikeringkan ** |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ulangan 1 | 46.8265                                 | 3 005                                         | 2 398                                         |
| ulangan 2 | 46.4910                                 | 3 035                                         | 2 451                                         |
| rata-rata | 46.6588                                 | 3 020                                         | 2 424                                         |

Keterangan :

\* kadar air akar wangi adalah 90.28% bk

\*\* kadar air akar wangi adalah 11.50% bk

### C. PENYULINGAN MINYAK AKAR WANGI

#### 1. Kondisi Percobaan dan Performansi Alat Penyuling Tipe Uap dan Air

Data kondisi percobaan penyulingan akar wangi serta performansi alat penyuling tipe uap dan air disajikan pada Tabel 5.

Dan data hasil pengukuran debit aliran kondensor, suhu air kondensat, suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi di atas saringan dalam ketel, suhu uap di atas akar wangi dalam ketel, suhu air masuk kondensor, dan suhu air keluar kondensor selengkapnya pada proses penyulingan akar wangi disajikan dalam Lampiran 8 sampai dengan Lampiran 14.

Pada percobaan penyulingan akar wangi ini, tekanan uap yang dihasilkan sebesar 1 atmosfer (tekanan air raksa dalam kolom setinggi 760 mm), karena uap berhubungan dengan atmosfer (udara luar).

APB University

## 2. Laju Penyulingan Minyak Akar Wangi

Laju penyulingan minyak akar wangi pada percobaan ini dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara penambahan volume rata-rata minyak akar wangi yang tersuling (ml) pada selang waktu tertentu, dengan selang waktu tersebut. Hal ini berbeda pada proses pengeringan. Pada proses pengeringan karakteristik pengeringan dilihat dari hubungan kadar air bahan pada waktu tertentu dengan lamanya waktu pengeringan. Sedangkan pada proses penyulingan hal itu tidak dapat dilakukan karena pengukuran kadar minyak pada waktu proses penyulingan berlangsung tidak dapat dilakukan, yang dapat dilakukan adalah mengukur volume minyak yang berhasil disuling pada selang waktu tertentu.

Data pengukuran volume minyak yang tersuling dan hasil perhitungan laju penyulingan akar wangi masing-masing disajikan pada Tabel 6 dan 7.

Grafik perbandingan volume minyak tersuling pada penyulingan minyak akar wangi tipe uap dan air disajikan pada Gambar 31. Dan Grafik laju penyulingan dari proses penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, dikeringkan dengan penjemuran, dikeringkan dengan suhu pengeringan  $40^{\circ}\text{C}$  dan dikeringkan dengan suhu pengeringan  $70^{\circ}\text{C}$  masing-masing disajikan pada Gambar 32, 33, 34, dan 35.

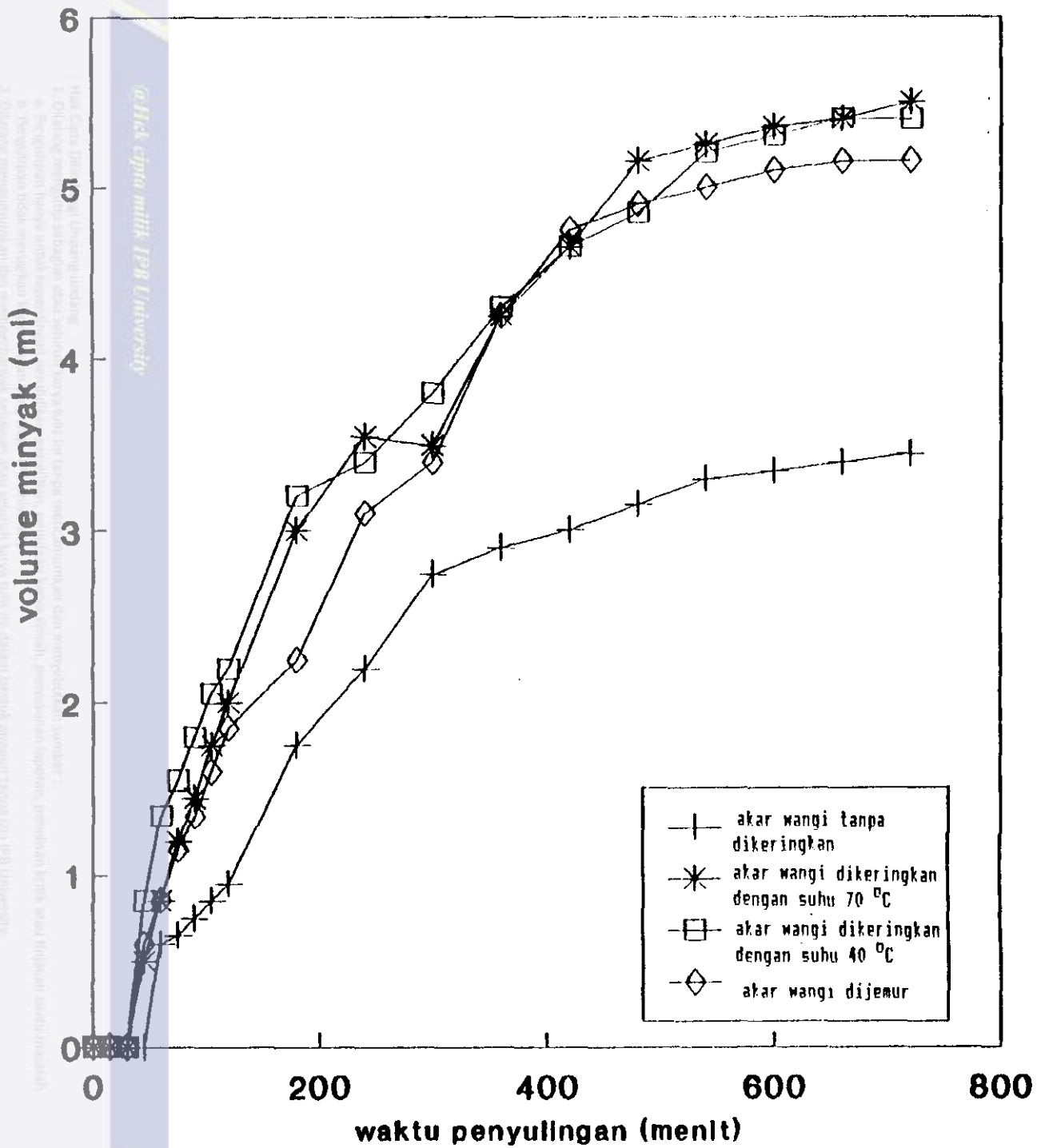
Tabel 6. Volume rata-rata minyak tersuling (ml) dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan suhu 70 °C, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dijemur

| menit ke- | akar wangi tanpa dikeringkan | akar wangi yang dikeringkan dengan |                        |            |
|-----------|------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------|
|           |                              | Suhu pengeringan 70 °C             | Suhu pengeringan 40 °C | Penjemuran |
| 0         | 0.00                         | 0.00                               | 0.00                   | 0.00       |
| 15        | 0.00                         | 0.00                               | 0.00                   | 0.00       |
| 30        | 0.00                         | 0.00                               | 0.00                   | 0.00       |
| 45        | 0.00                         | 0.50                               | 0.85                   | 0.60       |
| 60        | 0.60                         | 0.95                               | 1.35                   | 0.95       |
| 75        | 0.65                         | 1.20                               | 1.55                   | 1.15       |
| 90        | 0.75                         | 1.45                               | 1.80                   | 1.35       |
| 105       | 0.85                         | 1.75                               | 2.05                   | 1.60       |
| 120       | 0.95                         | 2.00                               | 2.20                   | 1.85       |
| 180       | 1.75                         | 3.00                               | 3.20                   | 2.25       |
| 240       | 2.20                         | 3.35                               | 3.40                   | 3.10       |
| 300       | 2.75                         | 3.50                               | 3.80                   | 3.40       |
| 360       | 2.90                         | 4.25                               | 4.30                   | 4.25       |
| 420       | 3.00                         | 4.65                               | 4.65                   | 4.75       |
| 480       | 3.15                         | 5.15                               | 4.85                   | 4.90       |
| 540       | 3.30                         | 5.25                               | 5.20                   | 5.00       |
| 600       | 3.35                         | 5.35                               | 5.30                   | 5.10       |
| 660       | 3.40                         | 5.40                               | 5.40                   | 5.15       |
| 720       | 3.45                         | 5.50                               | 5.45                   | 5.15       |

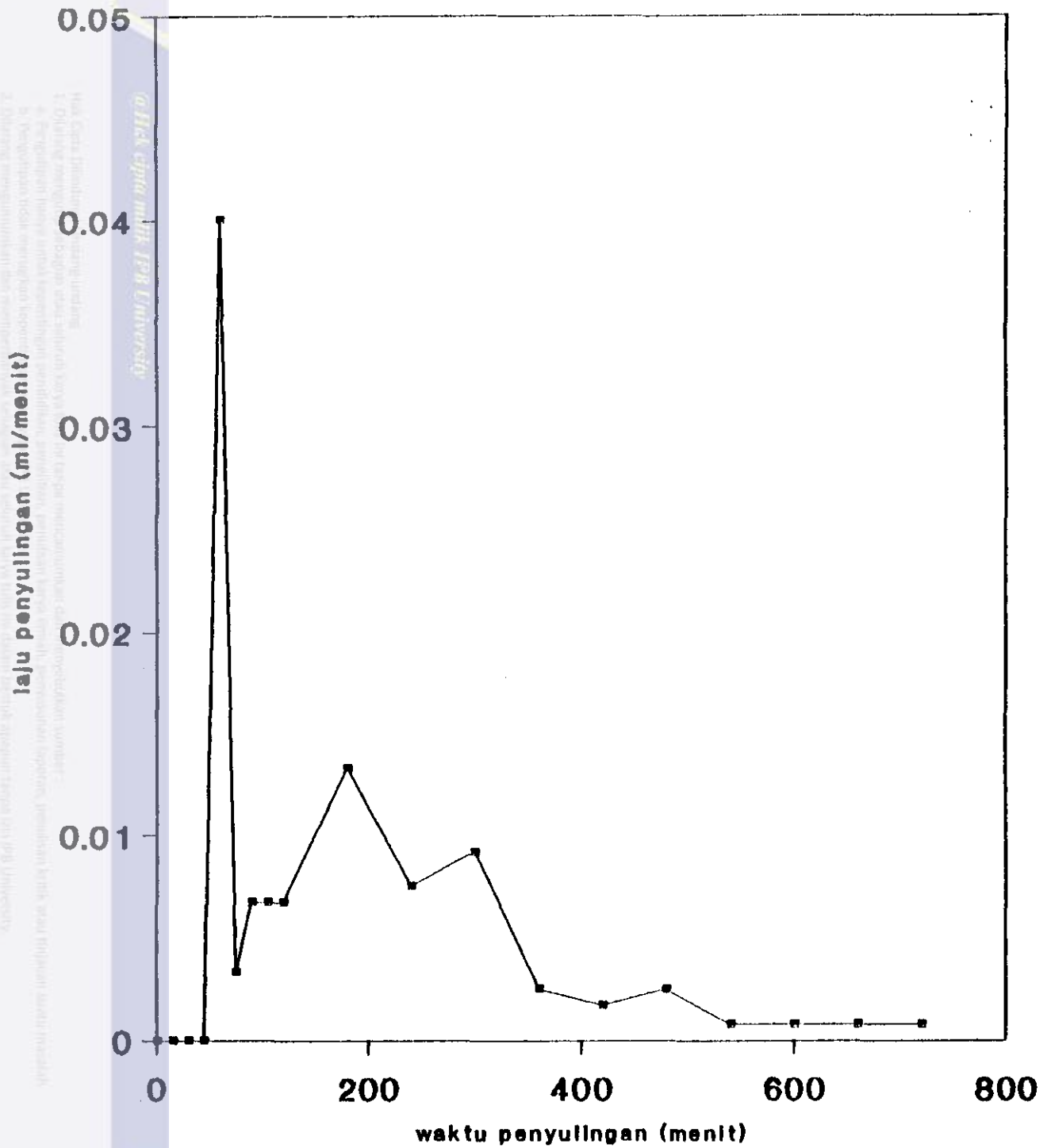


Tabel 7. Laju penyulingan (ml/menit) dari akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan suhu 70 °C, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dijemur

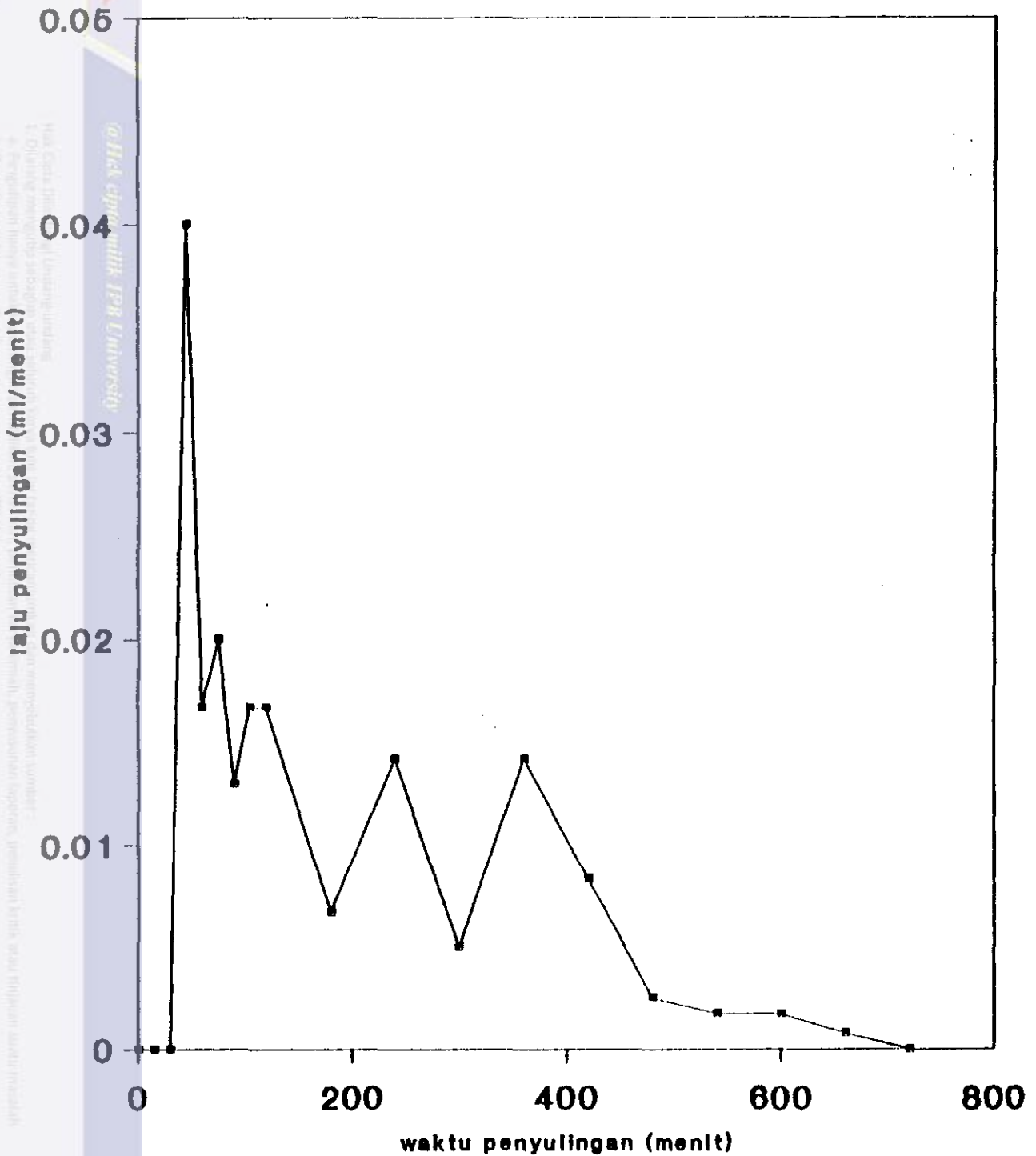
| menit ke- | akar wangi tanpa dikeringkan | akar wangi yang dikeringkan dengan |                        |            |
|-----------|------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------|
|           |                              | Suhu pengeringan 70 °C             | Suhu pengeringan 40 °C | Penjemuran |
| 0         | 0.0000                       | 0.0000                             | 0.0000                 | 0.0000     |
| 15        | 0.0000                       | 0.0000                             | 0.0000                 | 0.0000     |
| 30        | 0.0000                       | 0.0000                             | 0.0000                 | 0.0000     |
| 45        | 0.0000                       | 0.0330                             | 0.0567                 | 0.0400     |
| 60        | 0.0400                       | 0.0300                             | 0.0333                 | 0.0167     |
| 75        | 0.0033                       | 0.0167                             | 0.0133                 | 0.0200     |
| 90        | 0.0067                       | 0.0167                             | 0.0167                 | 0.0130     |
| 105       | 0.0067                       | 0.0200                             | 0.0167                 | 0.0167     |
| 120       | 0.0067                       | 0.0167                             | 0.0100                 | 0.0167     |
| 180       | 0.0133                       | 0.0167                             | 0.0167                 | 0.0067     |
| 240       | 0.0075                       | 0.0075                             | 0.0033                 | 0.0142     |
| 300       | 0.0092                       | 0.0008                             | 0.0067                 | 0.005      |
| 360       | 0.0025                       | 0.0125                             | 0.0083                 | 0.0142     |
| 420       | 0.0017                       | 0.0067                             | 0.0233                 | 0.0083     |
| 480       | 0.0025                       | 0.0083                             | 0.0033                 | 0.0025     |
| 540       | 0.0008                       | 0.0017                             | 0.0058                 | 0.0017     |
| 600       | 0.0008                       | 0.0017                             | 0.0017                 | 0.0017     |
| 660       | 0.0008                       | 0.0008                             | 0.0017                 | 0.0008     |
| 720       | 0.0008                       | 0.0017                             | 0.0008                 | 0.0000     |



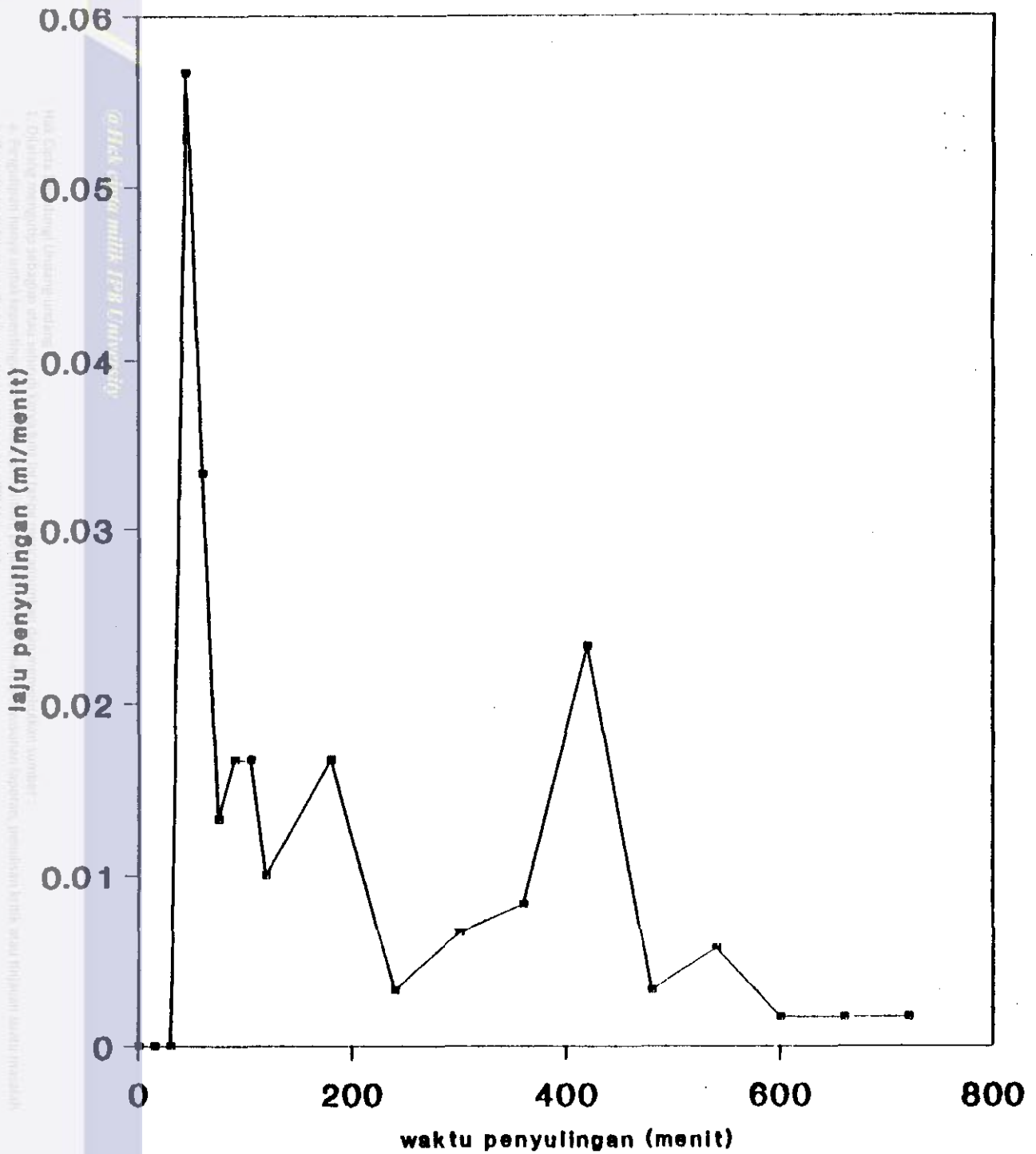
Gambar 31. Grafik volume minyak tersuling



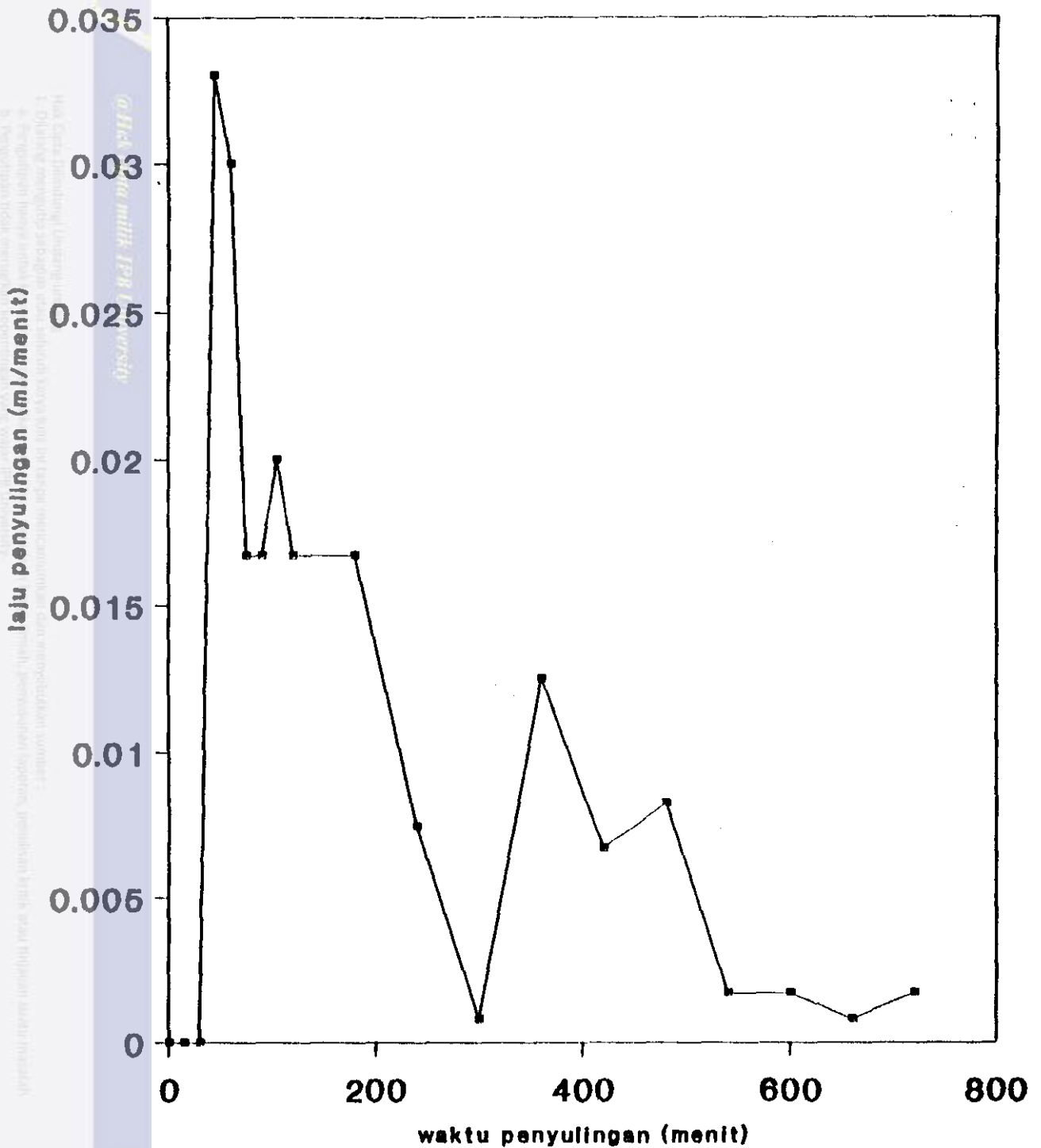
Gambar 32. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan



Gambar 33. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran



Gambar 34. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$



Gambar 35. Grafik hubungan laju dan waktu penyulingan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan Gambar 32, 33, 34, dan 35, laju penyulingan tertinggi terdapat pada tahap awal penyulingan, karena pada tahap awal penyulingan minyak di sekitar permukaan akar wangi (terutama minyak akar wangi yang dibebaskan akibat perajangan akar wangi) masih banyak tersedia. Dan juga pada tahap awal penyulingan, minyak yang mempunyai titik didih rendah akan tersuling lebih dahulu.

Selanjutnya laju penyulingan akan menurun secara tajam, karena laju difusi minyak dari bagian dalam makin sulit dan juga karena jumlah minyak yang tersedia di dalam bahan makin kecil atau karena minyak yang bertitik didih rendah habis maka minyak yang bertitik didih tinggi mulai tersuling dengan laju penyulingan yang rendah. Hal ini menurut Badeges (1982) dikarenakan minyak yang bertitik didih tinggi (komponen terpenting yang menentukan aroma minyak akar wangi) mempunyai kekentalan yang tinggi dan hanya dapat diperoleh dengan penyulingan yang lama.

Laju penyulingan rata-rata selama 12 jam pada penyulingan akar wangi, dihitung dengan cara membagi volume rata-rata minyak yang dihasilkan selama 12 jam dengan lama penyulingan (12 jam). Maka laju penyulingan rata-rata selama 12 jam pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$ , dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan dikeringkan dengan penjemuran

masing-masing adalah  $4.79 \times 10^{-3}$ ,  $7.64 \times 10^{-3}$ ,  $7.57 \times 10^{-3}$  dan  $7.15 \times 10^{-3}$  ml/menit. Ternyata laju penyulingan rata-rata selama 12 pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan mempunyai nilai yang paling rendah bila dibandingkan dengan laju penyulingan rata-rata selama 12 jam pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan. Di samping itu waktu mulai minyak tersuling pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan (menit ke-60) lebih lama dari pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan (menit ke-45). Hal ini diduga disebabkan oleh rusaknya sel-sel tanaman pada akar wangi yang dikeringkan akibat penguapan air dari sel-sel tersebut pada saat akar wangi dikeringkan. Dengan rusaknya sel-sel tersebut kontak antara uap air dengan minyak pada proses penyulingan lebih mudah, sehingga hal itu dapat meningkatkan minyak yang tersuling dan laju penyulingan. Dan menurut Von Rechenberg di dalam Guenther (1949), penyulingan pada bahan olah (bahan yang mengandung minyak atsiri) yang berkadar air tinggi terjadi secara tidak sempurna, minyak hanya dapat terekstraksi dengan waktu penyulingan yang lebih lama.

### 3. Rendemen Minyak Akar Wangi

Minyak dari hasil penyulingan akar wangi, masih bercampur dengan sedikit air. Untuk memisahkan minyak akar wangi dengan air digunakan  $Mg SO_4$  sekitar 3 gram,

kemudian baru disaring dengan menggunakan kertas saring (untuk memisahkan  $\text{MgSO}_4$  yang sudah mengikat air dengan minyak akar wangi).

Tabel 8 memperlihatkan bobot akar wangi yang disuling, hasil minyak akar wangi setelah proses pemisahan, rendemen minyak dan total minyak yang terkandung dari penyulingan akar wangi pada berbagai kondisi.

Bacon di dalam DR. A.W.K. de Jong (1987), membuat percobaan penyulingan akar wangi yang tanpa dikeringkan dan yang dikeringkan dengan metoda penyulingan uap, dari 31 kg akar wangi tanpa dikeringkan yang disuling pada percobaannya menghasilkan 140 g minyak (rendemennya 0.45%), sedangkan dari 30 kg akar wangi yang telah dikeringkan menghasilkan 327 g minyak akar wangi (rendemennya 1.09%). Dari hasil penelitian Badeges (1982) penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dengan metoda uap selama 12 jam dihasilkan rendemen minyak sebanyak 0.25 % dari berat akar basah. Dan dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Pertanian dengan waktu penyulingan 18 jam dihasilkan 0.68 % dari berat basah. Sedangkan pada percobaan ini, yaitu pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dengan menggunakan metoda penyulingan uap dan air selama 12 jam, didapat rendemen minyak sebanyak 0.27 % [=]ml/g bobot basah. Hal ini dikarenakan

rendemen minyak dari akar wangi sangat dipengaruhi oleh umur akar, jenis akar, cara perawatan tanaman, cara penyulingan dan lama penyulingan (Guenther, 1972).

Menurut Badeges (1982) akar wangi yang berkualitas baik dan mengandung banyak minyak adalah akar wangi yang berwarna coklat kemerahan, sedangkan akar yang berwarna keputih-putihan umumnya mengandung sedikit minyak. Tetapi walaupun demikian menurut Guenther (1972) akar wangi Jawa yang bermutu baik dan telah dikeringkan menghasilkan rendemen minyak sekitar 1.5 sampai 2 %, dan jarang yang mencapai rendemen 3 %, dan pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan menghasilkan rendemen yang lebih kecil.

Dari hasil pengukuran kadar minyak yang disajikan pada Tabel 8, kadar minyak dari akar wangi tanpa dikeringkan sangat berbeda jauh dari akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C, begitu pula kadar minyak dari akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran terjadi perbedaan dengan kadar minyak akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C. Hal ini mungkin disebabkan pada pengukuran kadar minyak, sampel akar wangi tersebut tidak langsung diukur kadar minyaknya, tetapi mengalami penyimpanan yang cukup lama dan tidak disimpan di dalam refrigerator (lemari pendingin). Karena sirkulasi dan kelembaban udara yang tinggi pada ruang penyimpanan menyebabkan proses resinifikasi, penguapan dan oksidasi

during storage (Ketaren, 1985), so that the above can reduce the oil content.

Tabel 8. Hasil minyak murni, rendemen minyak, kadar minyak total dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dijemur, yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan yang dikeringkan dengan suhu 70 °C

| Perlakuan              | Bobot sampel (g)     |        | Minyak murni |      | Rendemen minyak       |        |                      |        | Kadar minyak total <sup>5)</sup> |
|------------------------|----------------------|--------|--------------|------|-----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------------------|
|                        | basah                | kering | (gram)       | (ml) | berdasar bobot kering |        | berdasar bobot basah |        |                                  |
|                        |                      |        |              |      | ml/g bk               | g/g bk | ml/g bb              | g/g bb |                                  |
| tanpa dikeringkan      | 666.78 <sup>1)</sup> | 350.42 | 1.7922       | 1.8  | 0.51                  | 0.51   | 0.27                 | 0.27   | 1.84                             |
| penjemuran             | 393.50 <sup>2)</sup> | 350.40 | 2.4234       | 2.4  | 0.68                  | 0.69   | 0.61                 | 0.62   | 2.27                             |
| pengeringan suhu 40 °C | 391.19 <sup>3)</sup> | 350.50 | 3.4577       | 3.5  | 1.00                  | 0.99   | 1.00                 | 0.88   | 2.42                             |
| pengeringan suhu 70 °C | 386.59 <sup>4)</sup> | 349.80 | 3.3265       | 3.3  | 0.94                  | 0.95   | 0.85                 | 0.86   | 2.01                             |

#### Keterangan

- 1) kadar air akar wangi sebesar 90.28% bk
- 2) kadar air akar wangi sebesar 12.30% bk
- 3) kadar air akar wangi sebesar 11.61% bk
- 4) kadar air akar wangi sebesar 10.52% bk
- 5) dihitung berdasarkan banyaknya minyak terkandung terhadap bobot kering akar wangi

#### 4. Mutu Minyak Akar Wangi

Analisa kualitas minyak akar wangi yang dihasilkan meliputi berat jenis, indeks bias, kelarutan dalam alkohol 95%, bilangan asam dan bilangan ester. Tabel 9 menunjukkan hasil analisa, dengan pengambilan sampel disesuaikan dengan ketersediaan minyak akar wangi untuk keperluan

analisa tersebut. Kemudian hasil analisa mutu minyak tersebut dibandingkan dengan mutu minyak akar wangi berdasarkan SII-0027-1979 yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 9. Hasil analisa mutu minyak akar wangi

| jenis analisa               | akar wangi tanpa dikeringkan | akar wangi yang dikering dengan |                        |                        |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                             |                              | penjemuran                      | suhu pengeringan 40 °C | suhu pengeringan 70 °C |
| Berat jenis (25°C)          | -                            | -                               | 1.007                  | 1.008                  |
| Indeks bias (25°C)          | 1.522                        | 1.522                           | 1.523                  | 1.523                  |
| Bilangan asam               | 45.61                        | 37.74                           | 35.08                  | 32.63                  |
| Bilangan ester              | 7.77                         | 8.67                            | 8.71                   | 9.70                   |
| Kelarutan dalam alkohol 95% | 1:1 (jernih)                 | 1:1 (jernih)                    | 1:1 (jernih)           | 1:1 (jernih)           |

Berat jenis minyak dari hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran tidak dapat dianalisa karena volume minyak yang dihasilkan tidak cukup untuk standar analisa. Banyaknya minyak yang diperlukan untuk pengukuran berat jenis secara standar analisa minimal 5 ml dengan menggunakan piknometer 5 ml, sedangkan hasil minyak dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran masing-masing hanya 3.2 dan 4.8 ml. Sehingga analisa

berat jenis minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran dilakukan berdasarkan definisi berat jenis. Menurut Guenther (1949) berat jenis minyak atsiri pada suhu  $15^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C}$  didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak pada suhu  $15^{\circ}\text{C}$  dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak pada  $15^{\circ}\text{C}$  dan nilai koreksi berat jenis akar wangi untuk perubahan suhu setiap  $1^{\circ}\text{C}$  adalah 0.00071. Jadi berat jenis minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  berdasarkan definisi berat jenis yang pengukurannya menggunakan gelas ukur dengan alumunium foil sebagai penutupnya, masing-masing adalah 0.982, 0.983, 0.985 dan 0.985. Ternyata pada pengukuran berat jenis minyak berdasarkan standar analisa dan berdasarkan definisi berat jenis berbeda sedikit. Perbedaan itu diduga akibat terbatasnya kemampuan mata di dalam pembacaan volume minyak atau volume air pada gelas ukur. Dari berat jenis minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu pengeringan  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $70^{\circ}\text{C}$  berdasarkan definisi berat jenis, tidak jauh berbeda dan masih berada dalam selang mutu SII-0027-1979.

Menurut Guenther (1972), berat jenis minyak yang dihasilkan dari penyulingan akar wangi tergantung umur, jenis akar wangi yang disuling dan lama penyulingan. Makin tinggi umur akar wangi dan makin lama penyulingan, makin tinggi berat jenis minyak yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dipergunakan akar wangi yang mempunyai jenis dan umur yang sama, serta lamanya penyulingan sama, maka berat jenis minyak yang diperoleh mempunyai kemungkinan seragam.

Indeks bias minyak dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan yang dikeringkan ( penjemuran, suhu pengeringan  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $70^{\circ}\text{C}$  ) seperti yang terlihat pada Tabel 9 berada dalam selang mutu SII-0027-1979 yaitu 1.515 - 1.530. Indeks bias dari minyak hasil percobaan ini hampir seragam, hal ini sesuai dengan pendapat Rusli dan Hasanah (1976) bahwa indeks bias mempunyai korelasi positif dengan berat jenis, sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis juga berperan dalam indeks bias. Karena dalam percobaan ini menggunakan akar wangi dengan umur dan jenis yang seragam serta lamanya penyulingan sama, maka indeks bias minyaknya pun mempunyai kemungkinan seragam.

Dari Tabel 9, bilangan asam dari minyak akar wangi relatif tinggi. Umumnya bilangan asam minyak atsiri relatif rendah karena kandungan asam-asam bebasnya rendah, tetapi di dalam minyak akar wangi secara alami sudah

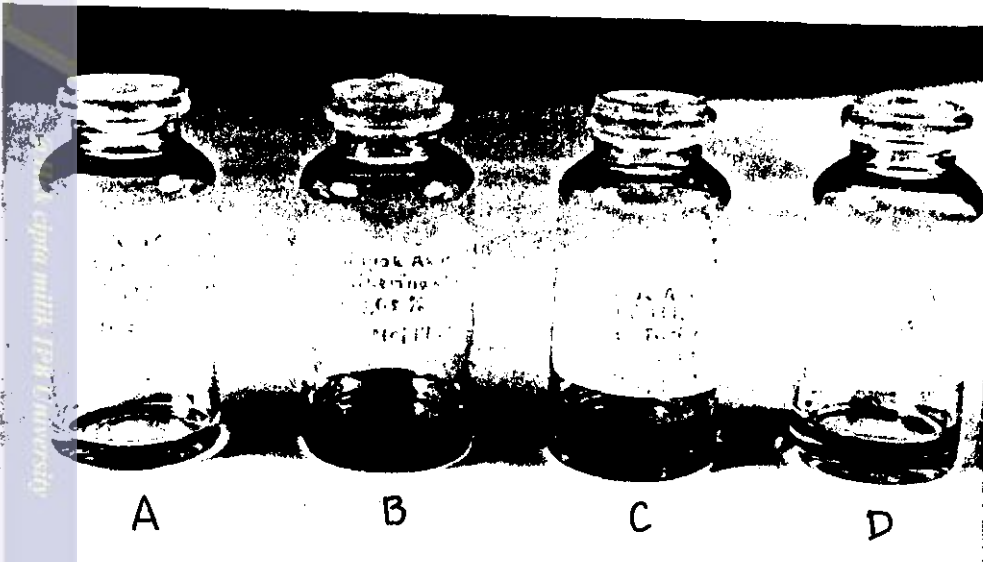
mengandung asam lemak seperti asam palmitat dan asam benzoat (Simonsen dan Barton, 1952) . Selain itu tingginya bilangan asam dapat disebabkan terjadinya hidrolisa ester-ester menjadi asam bebas dan alkohol atau karena oksidasi alkohol dan aldehid menjadi asam-asam bebas (Thorpe, 1951). Menurut Koolhaas dan Rowaan di dalam Guenther (1972) bilangan asam untuk minyak akar wangi dari Pulau Jawa berkisar antara 8 - 35. Bilangan asam tertinggi pada percobaan ini terdapat pada minyak hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yaitu 45.61. Hal ini diduga karena terjadinya hidrolisa pada akar wangi tanpa dikeringkan sebelum ekstraksi maupun sewaktu ekstraksi. Pengeringan dapat mengurangi terjadinya hidrolisa ester, karena sebagian besar air dikeluarkan selama pengeringan.

Bilangan ester dari minyak akar wangi hasil penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan yang dikeringkan (penjemuran, suhu pengeringan 40 °C dan 70 °C) masih termasuk dalam selang mutu SII-0027-1979 yaitu antara 5 sampai 25. Menurut Ketaren (1985) bilangan ester sangat penting dalam menentukan nilai minyak atsiri, sebab ester merupakan komponen yang berperan dalam menentukan aroma yang khas dari minyak atsiri. Bilangan ester mempunyai hubungan yang berlawanan dengan bilangan asam, di mana semakin tinggi bilangan asam maka bilangan ester semakin

rendah dan mutu minyak menjadi rendah (Rusli et al., 1976).

Kelarutan dalam alkohol 95% dari minyak akar wangi yang dihasilkan pada percobaan ini sesuai dengan mutu SII-0027-1979. Menurut Guenther (1949) komponen kimia yang terkandung di dalam minyak atsiri, menentukan kelarutan minyak tersebut dalam etanol, biasanya minyak atsiri dengan kandungan *oxygenated hidrocarbon* tinggi lebih mudah larut dalam etanol dibandingkan dengan minyak atsiri dengan kandungan senyawa terpen tinggi. Di samping itu faktor-faktor pemalsuan dengan bahan-bahan yang tidak larut dalam alkohol, umur akar wangi yang disuling (umur akar wangi yang tinggi dapat menurunkan daya kelarutan minyaknya di dalam alkohol) dan kondisi penyimpanan (adanya cahaya, udara dan air menimbulkan pengaruh yang tidak baik pada kelarutan) minyak akar wangi juga mempengaruhi kelarutan minyak dalam alkohol (Guenther, 1972).

Gambar foto minyak akar wangi hasil penyulingan disajikan pada Gambar 36.



A : minyak dari akar wangi tanpa dikeringkan

B: minyak dari akar wangi yang dikering dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$

C : minyak dari akar wangi yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$

D: minyak dari akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran

Gambar 3 6 Gambar foto minyak akar wangi

## D. EFISIENSI KETEL PENYULING DAN KONDENSOR

### 1. Efisiensi Ketel Penyuling

Berdasarkan data kondisi percobaan penyulingan akar wangi dan performansi alat penyuling pada Tabel 5, efisiensi ketel penyuling pada percobaan ini dapat dihitung dengan asumsi debit air yang menguap sama dengan debit uap yang terkondensasi menjadi air. Contoh dan hasil perhitungan efisiensi tersebut dapat dilihat pada lampiran 16 bagian A.

Hasil perhitungan efisiensi ketel penyuling dari proses penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, dikeringkan dengan penjemuran, dikeringkan dengan suhu 40 °C dan dikeringkan dengan suhu 70 °C disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil perhitungan efisiensi ketel penyuling

| uraian                      | akar wangi tanpa dikeringkan | akar wangi yang dikering dengan |                        |                        |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                             |                              | penjemuran                      | suhu pengeringan 40 °C | suhu pengeringan 70 °C |
| Q <sub>in ketel</sub> (kJ)  | 54 315                       | 55 401                          | 55 401                 | 55 401                 |
| Q <sub>out 1</sub> (kJ)     | 11 867                       | 11 981                          | 11 995.5               | 11 941.5               |
| Ef <sub>out 1</sub> * (%)   | 21.85                        | 21.63                           | 21.65                  | 21.55                  |
| Q <sub>out 2</sub> (kJ)     | 75.88                        | 60.92                           | 59.90                  | 58.95                  |
| Ef <sub>out 2</sub> ** (%)  | 0.14                         | 0.11                            | 0.11                   | 0.11                   |
| Ef <sub>ketel</sub> *** (%) | 22.00                        | 21.75                           | 21.80                  | 21.60                  |

Keterangan :

$$* \quad Ef_{out 1} = (Q_{out 1} / Q_{in ketel}) \times 100 \%$$

$$** \quad Ef_{out 2} = (Q_{out 2} / Q_{in ketel}) \times 100 \%$$

$$*** \quad Ef_{ketel} = \frac{Q_{out 1} + Q_{out 2}}{Q_{in ketel}} \times 100 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi ketel penyuling (Ef<sub>ketel</sub>) pada Tabel 10, efisiensi ketel penyuling dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang

dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  tidak berbeda jauh. Hal ini dikarenakan kalor yang digunakan untuk memanaskan akar wangi sangat kecil ( $Q_{\text{out } 2}$ ), yaitu hanya 0.11 - 0.14 % dari kalor yang dihasilkan bahan bakar ( $Q_{\text{in ketel}}$ ). Sedangkan kalor yang digunakan untuk memanaskan air dan menguapkannya pada setiap proses penyulingan akar wangi ( $Q_{\text{out } 1}$ ) hampir sama yaitu sekitar 21 % dari kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar ( $Q_{\text{in ketel}}$ ). Jika akar wangi yang disuling dalam jumlah yang lebih banyak, mungkin akan terjadi perbedaan efisiensi ketel penyuling yang besar pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan dan yang dikeringkan. Hal ini dikarenakan panas jenis dari akar wangi tanpa dikeringkan lebih besar dari akar wangi yang dikeringkan, sehingga kalor yang digunakan untuk memanaskan akar wangi ( $Q_{\text{out } 2}$ ) pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan lebih besar dari pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan.

Efisiensi ketel suling rata-rata dari penyulingan akar wangi tipe uap dan air lebih kecil (21.78 %), jika dibandingkan dengan efisiensi ketel penyuling pada penyulingan lada (94.93 %) dan penyulingan sereh wangi (95.08 %) dengan metoda penyulingan dengan uap, yang dilakukan oleh Ato Sunarto (1992). Hal ini dikarenakan

perbedaan alat penyuling yang digunakan dan juga karena perbedaan bahan komoditi yang disuling.

Kehilangan kalor melalui dinding dan tutup ketel penyuling hanya sekitar 3.7 % dari kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar ( $Q_{in}$  ketel), sehingga pemberian isolator pada dinding dan tutup ketel hanya sedikit berpengaruh untuk meningkatkan efisiensi ketel penyuling. Contoh perhitungan kehilangan kalor melalui dinding dan tutup ketel penyuling disajikan pada Lampiran 17.

## 2. Efisiensi Kondensor

Dengan menggunakan data kondisi percobaan penyulingan akar wangi dan performansi alat penyuling tipe uap dan air pada Tabel 5, efisiensi kondensor pada percobaan ini dapat dihitung, dengan asumsi 1) debit air yang menguap sama dengan debit uap yang terkondensasi menjadi air dan 2) suhu uap yang masuk ke dalam kondensor sama dengan 100 °C. Contoh perhitungan efisiensi tersebut dapat dilihat pada lampiran 16 bagian B.

Hasil perhitungan efisiensi kondensor dari proses penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, dikeringkan dengan penjemuran, dikeringkan dengan suhu 40 °C dan dikeringkan dengan suhu 70 °C disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil perhitungan efisiensi kondensor

| uraian                   | akar wangi tanpa dikeringkan | akar wangi yang dikering dengan |                        |                        |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                          |                              | penjemuran                      | suhu pengeringan 40 °C | suhu pengeringan 70 °C |
| $Q_{in}$ kondensor (kJ)  | 9 856.31                     | 9 959.94                        | 10 002.59              | 9 915.18               |
| $Q_{out}$ kondensor (kJ) | 9 564.50                     | 9 642.62                        | 9 652.79               | 9 567.83               |
| $Ef_{kondensor}^*$ (%)   | 97.06                        | 96.82                           | 96.51                  | 96.50                  |

Keterangan :

$$* Ef_{kondensor} = (Q_{out} \text{ kondensor} / Q_{in} \text{ kondensor}) \times 100 \%$$

Dari Tabel 11 didapat bahwa efisiensi kondensor pada proses penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, proses penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran, proses penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C dan proses penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 70 °C, tidak jauh berbeda. hal ini dikarenakan perbedaan debit air yang terkondensasi atau debit air kondensat dan kondisi percobaan pada setiap proses tersebut tidak berbeda jauh (data debit air kondensat kondisi percobaan disajikan pada Tabel 5).

Efisiensi kondensor ( $Ef_{kondensor}$ ) rata-rata dari penyulingan akar wangi lebih besar (96.72 %), jika dibandingkan dengan pada penyulingan lada (77.92 %) dan penyulingan sereh wangi (80.53 %) yang dilakukan oleh Ato Sunarto (1992). Hal ini dikarenakan perbedaan tipe kondensor dan bahan yang digunakan untuk kondensor. Dan juga

dikarenakan perbedaan kondisi saat percobaan itu dilakukan, seperti kesadahan air yang digunakan sebagai pendingin pada kondensor, serta suhu udara lingkungan.

*© Hak cipta milik IPB University*

**IPB University**

Hak Cipta Pendidikan, Undang-undang  
 1. Undang-undang tentang hak cipta, yaitu hak yang melekat pada diri pencipta atau pengeksploitasi dari suatu karya intelektual.  
 a. Hak cipta adalah hak eksklusif bagi pencipta atau pengeksploitasi untuk mengumumkan dan melakukan pengendalian eksklusif terhadap karya intelektual yang mereka ciptakan.  
 b. Hak cipta tidak dapat dipisahkan dari karya intelektual yang diciptakan.  
 2. Undang-undang tentang hak cipta, yaitu hak yang melekat pada diri pencipta atau pengeksploitasi dari suatu karya intelektual.



## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

1. Laju penyulingan rata-rata yang dihasilkan selama 12 jam penyulingan pada akar wangi tanpa dikeringkan adalah  $4.79 \times 10^{-3}$  ml/menit, akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran adalah  $7.15 \times 10^{-3}$  ml/menit. Sedangkan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}\text{C}$  masing-masing diperoleh laju penyulingan sebesar rata-rata  $7.64 \times 10^{-3}$  ml/menit dan  $7.57 \times 10^{-3}$  ml/menit .
2. Rendemen minyak dari penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, yang dikeringkan dengan penjemuran, yang dikeringkan dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dan yang dikeringkan dengan suhu  $70^{\circ}$  masing-masing adalah 0.51 [=] ml/g bobot kering, 0.68 [=] ml/g bobot kering, 1.00 [=] ml/g bobot kering, dan 0.94 [=] ml/g bobot kering.
3. Analisa mutu minyak akar wangi hasil percobaan ini yang meliputi berat jenis, indeks bias, kelarutan dalam alkohol 95%, dan bilangan ester, berada dalam selang mutu SII-0027-1979. Tetapi analisa mutu bilangan asam dari minyak akar wangi yang dihasilkan dari percobaan ini relatif tinggi.
4. Efisiensi rata-rata dari ketel penyuling pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, kering jemur,

dikeringkan dengan suhu pengeringan 40 °C dan dikeringkan dengan suhu pengering 70 °C berturut-turut adalah 22.00%, 21.75%, 21.80%, dan 21.60%. Sedangkan efisiensi kondensor rata-rata berkisar antara 96.50% - 97.06%.

5. Dari hasil penelitian ini, pengeringan akar wangi dengan suhu 40 °C adalah perlakuan yang paling baik berdasarkan laju penyulingan, rendemen, dan mutu minyak akar wangi serta efisiensi yang dihasilkan.

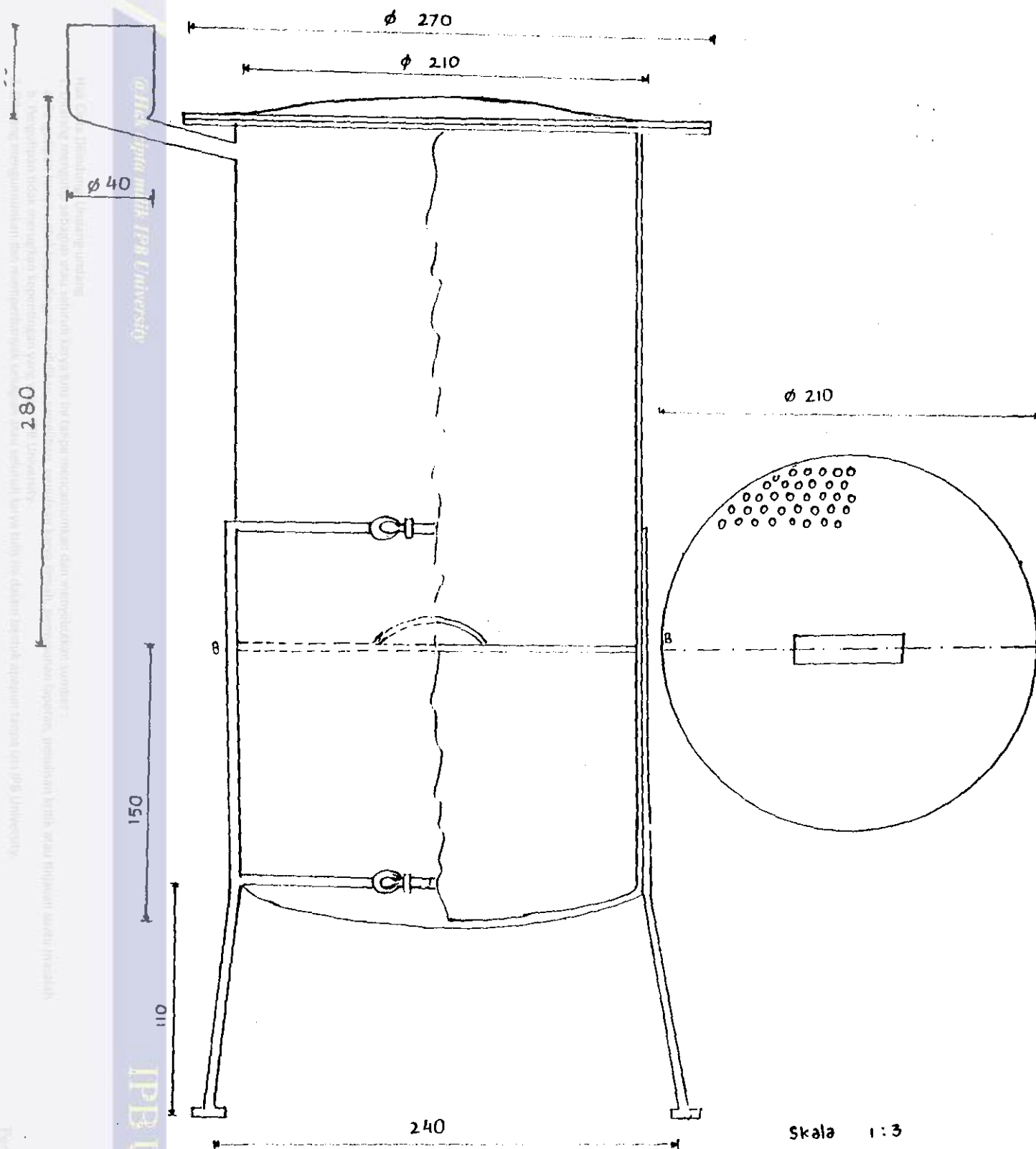
## **B. SARAN**

1. Penyulingan akar wangi sebaiknya dilakukan pada akar wangi yang dikeringkan dengan suhu pengering 40 °C (kadar air 11.61% basis kering).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penyulingan dari akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran dan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu pengering 40 °C.
3. Agar diperoleh hasil minyak tersuling lebih banyak pada penyulingan akar wangi, sehingga minyak akar wangi yang dihasilkan cukup untuk analisa mutu minyak yang lengkap (dengan penyulingan dua kali ulangan), diperlukan alat penyuling dengan kapasitas bahan yang lebih besar, yaitu sebesar 14 liter dengan perbandingan garis tengah dan tinggi ketel 1 : 1.5.

LAMPIRAN

- Visi Kerja Pendidikan Unswagati
1. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang berkualitas, berprestasi, dan berkeadilan
  2. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang berkualitas, berprestasi, dan berkeadilan
  3. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang berkualitas, berprestasi, dan berkeadilan

Lampiran 1. Tangki penyuling tipe uap dan air



Lampiran 2. Massa jenis dan panas jenis air ( Welty, 1974 )

| Suhu<br>( K ) | Massa jenis<br>( kg / m <sup>3</sup> ) | Panas jenis<br>( kJ / kg.K ) |
|---------------|----------------------------------------|------------------------------|
| 273           | 1000                                   | 4.229                        |
| 289           | 998                                    | 4.187                        |
| 300           | 996                                    | 4.183                        |
| 311           | 995                                    | 4.183                        |
| 339           | 982                                    | 4.187                        |
| 367           | 963                                    | 4.229                        |
| 394           | 943                                    | 4.271                        |

### Lampiran 3. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi pada penjemuran

#### A. Data penurunan kadar air pada penjemuran akar wangi

| waktu<br>(menit) | Massa sampel<br>(gram) |       | Kadar air % bb |       |       | Kadar air % bk |       |       |
|------------------|------------------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                  | ul. 2 | ul. 1          | ul. 2 | rata  | ul. 1          | ul. 2 | rata  |
| 0                | 32.07                  | 34.22 | 38.13          | 38.13 | 38.13 | 61.62          | 61.62 | 61.62 |
| 10               | 28.14                  | 29.90 | 29.48          | 29.16 | 29.32 | 41.80          | 41.16 | 41.48 |
| 20               | 25.76                  | 27.21 | 22.97          | 22.18 | 22.58 | 29.82          | 28.50 | 29.16 |
| 30               | 24.20                  | 25.70 | 18.00          | 17.61 | 17.81 | 21.95          | 21.37 | 21.66 |
| 40               | 23.18                  | 25.05 | 14.39          | 15.47 | 14.93 | 16.81          | 18.30 | 17.57 |
| 50               | 22.69                  | 24.49 | 12.55          | 13.54 | 13.05 | 14.35          | 15.66 | 15.01 |
| 60               | 22.44                  | 24.05 | 11.57          | 11.96 | 11.77 | 13.08          | 13.58 | 13.33 |
| 70               | 22.28                  | 23.78 | 10.94          | 10.96 | 10.95 | 12.28          | 12.31 | 12.30 |

#### B. Laju pengeringan akar wangi pada proses penjemuran

| waktu<br>(menit) | Laju pengeringan<br>(% bk / menit) |       |       |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                              | ul. 2 | rata  |
| 10               | 1.982                              | 2.046 | 2.014 |
| 20               | 1.198                              | 1.266 | 1.232 |
| 30               | 0.787                              | 0.713 | 0.750 |
| 40               | 0.514                              | 0.307 | 0.411 |
| 50               | 0.246                              | 0.264 | 0.255 |
| 60               | 0.127                              | 0.208 | 0.168 |
| 70               | 0.080                              | 0.127 | 0.104 |

Lampiran 4. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi dengan suhu 40°C

A. Data penurunan kadar air akar wangi pada pengeringan dengan suhu 40°C

| waktu<br>(menit) | Massa sampel<br>(gram) |       | Kadar air % bb |       |       | Kadar air % bk |       |       |
|------------------|------------------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                  | ul. 2 | ul. 1          | ul. 2 | rata  | ul. 1          | ul. 2 | rata  |
| 0                | 19.87                  | 22.77 | 47.50          | 47.50 | 47.50 | 90.48          | 90.48 | 90.48 |
| 10               | 15.04                  | 17.61 | 30.64          | 32.12 | 31.38 | 44.18          | 47.32 | 45.75 |
| 20               | 13.39                  | 15.77 | 22.09          | 24.20 | 23.15 | 28.35          | 31.93 | 30.14 |
| 30               | 12.67                  | 14.71 | 17.67          | 18.73 | 18.20 | 21.46          | 23.05 | 22.25 |
| 40               | 12.14                  | 13.87 | 14.07          | 13.81 | 13.94 | 16.37          | 16.02 | 16.20 |
| 50               | 11.82                  | 13.62 | 11.74          | 12.23 | 11.99 | 13.30          | 13.93 | 13.62 |
| 60               | 11.59                  | 13.40 | 9.99           | 10.81 | 10.40 | 11.10          | 12.12 | 11.61 |

B. Laju pengeringan akar wangi pada pengeringan dengan suhu 40°C

| waktu<br>(menit) | Laju pengeringan<br>(% bk / menit) |       |       |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                              | ul. 2 | rata  |
| 10               | 4.630                              | 4.316 | 4.473 |
| 20               | 1.582                              | 1.539 | 1.561 |
| 30               | 0.689                              | 0.888 | 0.789 |
| 40               | 0.509                              | 0.703 | 0.606 |
| 50               | 0.307                              | 0.209 | 0.258 |
| 60               | 0.220                              | 0.181 | 0.201 |

Lampiran 5. Data hasil percobaan pengeringan akar wangi dengan suhu 70°C

A. Data penurunan kadar air akar wangi pada pengeringan dengan suhu 70°C

| waktu<br>(menit) | Massa sampel<br>(gram) |       | Kadar air % bb |       |       | Kadar air % bk |       |       |
|------------------|------------------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                  | ul. 2 | ul. 1          | ul. 2 | rata  | ul. 1          | ul. 2 | rata  |
| 0                | 36.30                  | 26.80 | 46.88          | 46.88 | 46.88 | 88.23          | 88.23 | 88.23 |
| 10               | 27.17                  | 20.06 | 29.02          | 29.03 | 29.02 | 40.88          | 40.90 | 40.89 |
| 20               | 23.81                  | 17.26 | 19.00          | 17.51 | 18.26 | 23.46          | 21.22 | 22.34 |
| 30               | 22.76                  | 16.14 | 12.58          | 11.79 | 12.19 | 14.39          | 13.37 | 13.88 |
| 40               | 21.28                  | 15.76 | 9.38           | 9.66  | 9.52  | 10.35          | 10.69 | 10.52 |

B. Laju pengeringan akar wangi pada pengeringan dengan suhu 70 °C

| waktu<br>(menit) | Laju pengeringan<br>(% bk / menit) |       |       |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|
|                  | ul. 1                              | ul. 2 | rata  |
| 10               | 4.735                              | 4.733 | 4.734 |
| 20               | 1.742                              | 1.968 | 1.855 |
| 30               | 0.907                              | 0.785 | 0.846 |
| 40               | 0.404                              | 0.268 | 0.336 |

Lampiran 6 . Data hasil dan contoh perhitungan kapasitas panas kalorimeter.

A. Data perkembangan suhu air pada pengukuran kapasitas panas kalorimeter

| waktu<br>(detik) | Suhu (°C) |           |
|------------------|-----------|-----------|
|                  | ulangan 1 | ulangan 2 |
| 0                | 20.5      | 22.0      |
| 60               | 21.0      | 23.0      |
| 120              | 21.0      | 23.0      |
| 180              | 21.0      | 23.0      |
| 240              | 21.0      | 23.0      |
| 300              | 29.0*     | 30.0*     |
| 360              | 29.5      | 30.0      |
| 420              | 29.5      | 30.5      |
| 480              | 29.5      | 31.0      |
| 540              | 30.0      | 31.0      |
| 600              | 30.0      | 31.0      |
| 660              | 30.0      | 31.0      |
| 720              | 30.0      | 31.0      |
| 780              | 30.0      | 31.0      |

Keterangan

\* adalah saat dicampur dengan air panas

## Lampiran 6. (lanjutan)

### B. Perhitungan kapasitas panas kalorimeter

#### Ulangan I

Data :

Massa air panas ( $W_1$ ) = 32.39 g

Suhu awal air panas ( $T_1$ ) = 323 K

Massa air dingin ( $W_2$ ) = 56.99 g

Suhu awal air dingin ( $T_2$ ) = 293.5 K

Suhu keseimbangan ( $T_e$ ) = 303 K

$C_p$  air suhu 323 K ( $C_1$ ) = 4.1847 J/g.K

$C_p$  air suhu 293.5 K ( $C_2$ ) = 4.1854 J/g.K

$$\begin{aligned}
 H_C &= \frac{C_1 W_1 (T_1 - T_e) - C_2 W_2 (T_e - T_2)}{(T_e - T_2)} \\
 &= \frac{(4.1847 \times 32.39 \times 20) - (56.99 \times 4.1854 \times 9.5)}{9.5} \\
 &= 46.8265 \text{ J/K}
 \end{aligned}$$

#### Ulangan II

Data :

Massa air panas ( $W_1$ ) = 32.48 g

Suhu awal air panas ( $T_1$ ) = 324 K

Massa air dingin ( $W_2$ ) = 61.07 g

Suhu awal air dingin ( $T_2$ ) = 295 K

Suhu keseimbangan ( $T_e$ ) = 304 K

## Lampiran 6. (lanjutan)

$$C_p \text{ air suhu } 324 \text{ K} \quad (C_1) = 4.1849 \text{ J/g.K}$$

$$C_p \text{ air suhu } 295 \text{ K} \quad (C_2) = 4.1848 \text{ J/g.K}$$

$$\begin{aligned}
 H_C &= \frac{C_1 W_1 (T_1 - T_e) - C_2 W_2 (T_e - T_2)}{(T_e - T_2)} \\
 &= \frac{(4.1849 \times 32.48 \times 20) - (61.07 \times 4.1848 \times 9)}{9} \\
 &= 46.4910 \text{ J/K}
 \end{aligned}$$

maka  $H_C$  rata-rata adalah 46.6588 J/K.

Lampiran 7. Data hasil pengukuran panas jenis akar wangi

A. Data perkembangan suhu air pada saat pengukuran panas jenis akar wangi

| waktu<br>(detik) | Pengukuran panas jenis<br>akar wangi tanpa<br>dikeringkan |                             | Pengukuran panas jenis<br>akar wangi yang<br>dikeringkan |                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                  | ul.1 ( $^{\circ}\text{C}$ )                               | ul.2 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | ul.1 ( $^{\circ}\text{C}$ )                              | ul.2 ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
| 0                | 51.5                                                      | 53.0                        | 56.0                                                     | 65.5                        |
| 60               | 51.5                                                      | 52.5                        | 55.5                                                     | 65.0                        |
| 120              | 51.0                                                      | 52.0                        | 55.0                                                     | 64.5                        |
| 180              | 51.0                                                      | 52.0                        | 55.0                                                     | 64.5                        |
| 240              | 51.0                                                      | 52.0                        | 55.0                                                     | 64.5                        |
| 300              | 51.0*                                                     | 52.0*                       | 55.0*                                                    | 64.5*                       |
| 360              | 50.0                                                      | 51.5                        | 53.0                                                     | 63.0                        |
| 420              | 50.0                                                      | 51.5                        | 52.0                                                     | 62.5                        |
| 480              | 49.5                                                      | 51.0                        | 52.0                                                     | 62.0                        |
| 540              | 49.0                                                      | 50.5                        | 51.5                                                     | 61.0                        |
| 600              | 49.0                                                      | 50.0                        | 51.5                                                     | 61.0                        |
| 660              | 48.5                                                      | 49.5                        | 51.5                                                     | 60.5                        |
| 720              | 48.0                                                      | 49.0                        | 51.5                                                     | 59.5                        |
| 780              | 48.0                                                      | 49.0                        | 51.5                                                     | 59.5                        |
| 840              | 48.0                                                      | 49.0                        | 51.5                                                     | 59.5                        |
| 900              | 48.0                                                      | 49.0                        | 51.5                                                     | 59.5                        |

Keterangan

\* adalah saat akar wangi dimasukkan ke dalam kalorimeter

## Lampiran 7. (lanjutan)

### B. Contoh perhitungan panas jenis akar wangi

#### Ulangan I ( panas jenis akar wangi tanpa dikeringkan)

Data :

Massa air panas ( $W_1$ ) = 71.64 g

Suhu awal air panas ( $T_1$ ) = 324.5 K

Massa akar wangi ( $W_2$ ) = 2.38 g

Suhu awal akar wangi ( $T_2$ ) = 301.5 K

Suhu keseimbangan ( $T_e$ ) = 321 K

$C_p$  air suhu 324.5 K ( $C_1$ ) = 4.1849 J/g.K

$H_c$  = 46.6588 J/K

$$\begin{aligned}
 C_2 &= \frac{C_1 W_1 (T_1 - T_e) - H_c (T_e - T_2)}{W_2 (T_e - T_2)} \\
 &= \frac{(4.1849 \times 71.64 \times 35) - (46.6588 \times 19.5)}{2.38 \times 19.5} \\
 &= 3.00528 \text{ J/g.K} = 3 \text{ 005 J/kg.K}
 \end{aligned}$$

## Lampiran 7. (lanjutan)

Data dan hasil pengukuran panas jenis akar wangi disajikan sebagai berikut :

|                | Akar wangi tanpa dikeringkan |           | Akar wangi yang dikeringkan |           |
|----------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|                | Ulangan 1                    | Ulangan 2 | Ulangan 1                   | Ulangan 2 |
| $W_1$ (g)      | 71.64                        | 60.29     | 61.28                       | 56.41     |
| $W_2$ (g)      | 2.38                         | 1.68      | 1.47                        | 1.26      |
| $T_1$ (K)      | 324.5                        | 326.0     | 329.0                       | 338.5     |
| $T_2$ (K)      | 301.5                        | 302.5     | 302.0                       | 304.0     |
| $T_e$ (K)      | 321.0                        | 322.0     | 324.5                       | 332.5     |
| $C_2$ (J/kg.K) | 3 005                        | 3 035     | 2 398                       | 2 451     |
| $C_2$ (J/kg.K) | 3 020                        |           | 2 424                       |           |

Lampiran 8. Data pengukuran debit aliran air kondensor (liter/jam) pada penyulingan akar wangi

| waktu<br>(menit) | Akar wangi tanpa |        | Akar wangi yang dikeringkan dengan |        |                        |        |            |        |
|------------------|------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------|--------|------------|--------|
|                  | dikeringkan      |        | suhu pengeringan 70 °C             |        | suhu pengeringan 40 °C |        | penjemuran |        |
|                  | ul. 1            | ul. 2  | ul. 1                              | ul. 2  | ul. 1                  | ul. 2  | ul. 1      | ul. 2  |
| 0                | 100.25           | 100.34 | 100.14                             | 100.99 | 100.86                 | 100.94 | 100.37     | 100.45 |
| 60               | 101.62           | 101.60 | 100.46                             | 101.26 | 101.93                 | 101.21 | 101.01     | 100.81 |
| 120              | 101.37           | 101.53 | 100.90                             | 101.73 | 102.05                 | 101.31 | 101.30     | 101.46 |
| 180              | 101.66           | 101.68 | 100.79                             | 102.20 | 101.96                 | 101.17 | 101.06     | 101.20 |
| 240              | 101.40           | 101.70 | 100.83                             | 102.34 | 102.10                 | 101.44 | 101.42     | 101.23 |
| 300              | 101.42           | 101.92 | 101.25                             | 102.29 | 102.26                 | 101.39 | 101.36     | 101.54 |
| 360              | 101.54           | 101.57 | 101.10                             | 102.09 | 101.91                 | 101.32 | 101.51     | 100.93 |
| 420              | 101.35           | 101.41 | 101.34                             | 101.86 | 101.89                 | 101.48 | 101.48     | 101.26 |
| 480              | 101.73           | 101.90 | 101.25                             | 102.11 | 102.30                 | 101.67 | 101.73     | 101.49 |
| 540              | 101.60           | 101.72 | 100.90                             | 102.30 | 101.97                 | 101.60 | 101.76     | 101.26 |
| 600              | 101.20           | 101.16 | 101.36                             | 102.25 | 102.23                 | 101.43 | 101.31     | 101.04 |
| 660              | 101.53           | 101.50 | 101.11                             | 101.93 | 101.70                 | 101.17 | 101.33     | 100.99 |
| 720              | 100.70           | 101.83 | 100.70                             | 101.46 | 101.64                 | 101.06 | 101.23     | 100.75 |

Lampiran 9. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu akar wangi<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu dinding luar<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu udara lingkungan<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       |
|------------------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                     | ul. 2 | ul. 1                                                 | ul. 2 | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                           | ul. 2 |
| 0                | 29.8                                              | 29.8  | 28.3                                      | 28.3  | 28.3                                                  | 28.3  | 28.0                                              | 28.0  | 30.1                                            | 30.8  |
| 15               | 82.4                                              | 83.2  | 43.7                                      | 43.6  | 32.4                                                  | 32.0  | 36.2                                              | 36.8  | 30.1                                            | 30.5  |
| 30               | 100.6                                             | 100.5 | 99.5                                      | 99.8  | 56.4                                                  | 55.7  | 49.5                                              | 50.1  | 31.1                                            | 31.4  |
| 45               | 100.4                                             | 100.2 | 99.9                                      | 100.0 | 98.3                                                  | 98.3  | 58.8                                              | 58.4  | 31.2                                            | 31.6  |
| 60               | 100.6                                             | 100.4 | 100.4                                     | 100.2 | 99.5                                                  | 99.4  | 60.2                                              | 59.8  | 31.2                                            | 31.7  |
| 75               | 100.2                                             | 100.2 | 100.1                                     | 99.9  | 98.1                                                  | 98.5  | 59.5                                              | 59.6  | 31.2                                            | 31.5  |
| 90               | 100.2                                             | 100.1 | 99.8                                      | 98.6  | 98.0                                                  | 98.6  | 59.2                                              | 59.6  | 31.5                                            | 31.7  |
| 105              | 99.1                                              | 98.7  | 98.9                                      | 98.4  | 98.8                                                  | 98.4  | 61.1                                              | 60.5  | 32.0                                            | 31.9  |
| 120              | 100.1                                             | 99.6  | 99.8                                      | 99.2  | 99.7                                                  | 99.1  | 61.6                                              | 60.9  | 32.1                                            | 32.0  |
| 150              | 100.3                                             | 100.1 | 100.0                                     | 100.0 | 99.8                                                  | 99.9  | 61.7                                              | 61.9  | 32.1                                            | 32.1  |
| 180              | 100.9                                             | 100.0 | 100.1                                     | 100.4 | 99.9                                                  | 99.9  | 61.7                                              | 61.8  | 32.5                                            | 32.1  |
| 210              | 100.5                                             | 100.0 | 100.0                                     | 100.2 | 99.9                                                  | 99.7  | 61.8                                              | 61.4  | 32.0                                            | 32.4  |
| 240              | 100.2                                             | 100.1 | 99.9                                      | 100.0 | 99.7                                                  | 99.6  | 61.5                                              | 61.3  | 32.1                                            | 32.3  |
| 270              | 100.6                                             | 100.4 | 100.1                                     | 100.3 | 99.8                                                  | 99.9  | 62.0                                              | 62.4  | 32.5                                            | 32.7  |
| 300              | 99.3                                              | 100.2 | 100.2                                     | 99.0  | 99.9                                                  | 98.9  | 61.7                                              | 62.3  | 32.2                                            | 32.4  |
| 330              | 100.4                                             | 100.1 | 98.6                                      | 99.8  | 98.1                                                  | 98.6  | 61.8                                              | 62.0  | 32.4                                            | 32.5  |
| 360              | 100.2                                             | 100.2 | 100.3                                     | 99.7  | 99.9                                                  | 99.5  | 61.1                                              | 62.3  | 32.7                                            | 32.5  |
| 390              | 100.2                                             | 100.2 | 100.1                                     | 100.0 | 99.8                                                  | 99.6  | 61.5                                              | 62.3  | 32.8                                            | 33.0  |
| 420              | 100.8                                             | 100.3 | 99.9                                      | 100.5 | 99.6                                                  | 99.9  | 61.8                                              | 62.5  | 33.1                                            | 33.4  |

## Lampiran 9. (lanjutan)

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu akar wangi<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu dinding luar<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu udara lingkungan<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       |
|------------------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                     | ul. 2 | ul. 1                                                 | ul. 2 | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                           | ul. 2 |
| 450              | 100.0                                             | 100.0 | 100.0                                     | 99.6  | 99.6                                                  | 99.4  | 60.8                                              | 61.5  | 32.4                                            | 33.2  |
| 480              | 100.0                                             | 100.0 | 100.0                                     | 99.9  | 99.8                                                  | 99.7  | 61.4                                              | 61.7  | 32.1                                            | 33.4  |
| 510              | 100.4                                             | 100.2 | 100.2                                     | 100.2 | 99.9                                                  | 99.9  | 62.1                                              | 61.9  | 32.3                                            | 33.2  |
| 540              | 100.3                                             | 100.0 | 100.2                                     | 100.0 | 99.9                                                  | 99.7  | 62.0                                              | 62.0  | 32.8                                            | 32.9  |
| 570              | 100.7                                             | 100.1 | 100.4                                     | 100.4 | 99.8                                                  | 99.9  | 62.0                                              | 62.5  | 32.7                                            | 33.3  |
| 600              | 100.5                                             | 100.1 | 100.3                                     | 100.3 | 99.8                                                  | 99.8  | 61.8                                              | 62.4  | 32.8                                            | 33.0  |
| 630              | 100.3                                             | 100.2 | 100.2                                     | 100.0 | 99.6                                                  | 99.5  | 61.4                                              | 61.7  | 32.9                                            | 33.1  |
| 660              | 100.4                                             | 100.5 | 100.0                                     | 100.0 | 99.4                                                  | 99.6  | 61.2                                              | 61.7  | 33.0                                            | 33.2  |
| 690              | 100.6                                             | 100.2 | 100.3                                     | 100.2 | 99.8                                                  | 99.9  | 61.5                                              | 61.9  | 33.1                                            | 33.3  |
| 720              | 100.5                                             | 100.4 | 100.2                                     | 100.3 | 99.9                                                  | 99.9  | 61.7                                              | 62.1  | 33.2                                            | 33.3  |

Lampiran 10. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 70 °C

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel (°C) |       | suhu akar wangi<br>(°C) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi (°C) |       | suhu dinding luar<br>ketel (°C) |       | suhu udara lingkungan<br>(°C) |       |
|------------------|---------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                   | ul. 2 | ul. 1                               | ul. 2 | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                         | ul. 2 |
| 0                | 28.9                            | 29.8  | 27.7                    | 28.0  | 27.7                                | 28.0  | 28.0                            | 28.0  | 29.1                          | 29.5  |
| 15               | 80.5                            | 77.8  | 33.7                    | 33.6  | 33.2                                | 33.0  | 35.2                            | 35.1  | 30.0                          | 29.7  |
| 30               | 92.2                            | 92.7  | 70.6                    | 68.3  | 66.4                                | 64.4  | 51.2                            | 50.1  | 31.1                          | 31.4  |
| 45               | 101.0                           | 100.0 | 99.7                    | 99.2  | 98.7                                | 98.3  | 58.8                            | 58.2  | 31.2                          | 31.6  |
| 60               | 100.7                           | 101.0 | 99.5                    | 98.8  | 98.5                                | 97.4  | 60.5                            | 57.1  | 31.3                          | 31.5  |
| 75               | 101.1                           | 100.5 | 100.0                   | 99.1  | 99.1                                | 98.9  | 59.9                            | 59.6  | 31.2                          | 31.5  |
| 90               | 100.3                           | 100.5 | 100.0                   | 99.5  | 99.2                                | 98.6  | 59.8                            | 59.3  | 32.0                          | 31.9  |
| 105              | 100.1                           | 100.5 | 99.9                    | 100.0 | 98.8                                | 99.4  | 60.1                            | 60.5  | 32.3                          | 32.0  |
| 120              | 99.9                            | 100.3 | 99.9                    | 99.9  | 99.7                                | 99.1  | 61.1                            | 60.9  | 32.1                          | 32.0  |
| 150              | 100.2                           | 100.6 | 99.2                    | 99.3  | 98.8                                | 98.9  | 60.7                            | 60.7  | 32.5                          | 33.1  |
| 180              | 100.2                           | 100.1 | 100.0                   | 100.0 | 99.4                                | 99.6  | 61.7                            | 61.8  | 32.5                          | 32.1  |
| 210              | 99.7                            | 100.9 | 98.9                    | 99.4  | 97.9                                | 98.7  | 61.5                            | 58.0  | 32.0                          | 32.4  |
| 240              | 100.1                           | 100.1 | 99.9                    | 100.0 | 99.7                                | 99.8  | 61.9                            | 61.3  | 32.1                          | 32.5  |
| 270              | 100.0                           | 100.1 | 100.0                   | 100.0 | 99.8                                | 99.9  | 62.0                            | 62.4  | 32.2                          | 32.7  |
| 300              | 100.1                           | 100.0 | 99.6                    | 99.8  | 98.9                                | 98.9  | 61.7                            | 61.3  | 32.2                          | 32.4  |
| 330              | 100.0                           | 99.6  | 100.0                   | 99.9  | 99.1                                | 98.6  | 61.8                            | 61.0  | 32.4                          | 32.7  |
| 360              | 100.0                           | 100.5 | 99.9                    | 99.7  | 98.9                                | 98.5  | 61.1                            | 62.0  | 32.7                          | 32.5  |
| 390              | 100.1                           | 100.1 | 99.6                    | 99.3  | 98.8                                | 98.6  | 61.5                            | 62.3  | 33.1                          | 33.0  |
| 420              | 100.1                           | 101.0 | 100.0                   | 99.5  | 99.6                                | 98.9  | 61.8                            | 62.5  | 33.1                          | 33.4  |

## Lampiran 10. (lanjutan)

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu akar wangi<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu dinding luar<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu udara lingkungan<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       |
|------------------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                     | ul. 2 | ul. 1                                                 | ul. 2 | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                           | ul. 2 |
| 450              | 100.3                                             | 101.0 | 99.6                                      | 99.6  | 98.8                                                  | 98.7  | 62.3                                              | 62.5  | 33.4                                            | 33.2  |
| 480              | 100.1                                             | 100.5 | 100.0                                     | 100.0 | 99.8                                                  | 99.7  | 61.9                                              | 62.2  | 32.9                                            | 33.4  |
| 510              | 100.4                                             | 101.0 | 99.9                                      | 100.0 | 99.8                                                  | 99.9  | 62.1                                              | 62.1  | 32.9                                            | 33.2  |
| 540              | 100.1                                             | 100.1 | 100.0                                     | 99.4  | 99.9                                                  | 99.1  | 62.0                                              | 62.0  | 32.8                                            | 32.9  |
| 570              | 100.6                                             | 101.2 | 100.0                                     | 100.0 | 99.8                                                  | 99.9  | 62.0                                              | 62.5  | 32.7                                            | 33.3  |
| 600              | 100.3                                             | 100.2 | 99.1                                      | 99.3  | 98.8                                                  | 99.0  | 62.4                                              | 62.1  | 32.8                                            | 33.0  |
| 630              | 100.1                                             | 101.3 | 100.0                                     | 99.3  | 99.6                                                  | 99.1  | 62.4                                              | 62.0  | 32.9                                            | 33.1  |
| 660              | 101.0                                             | 100.7 | 100.0                                     | 99.4  | 99.4                                                  | 98.8  | 62.2                                              | 62.3  | 33.0                                            | 33.2  |
| 690              | 101.2                                             | 101.3 | 99.8                                      | 99.6  | 99.5                                                  | 99.4  | 62.4                                              | 62.5  | 33.1                                            | 33.3  |
| 720              | 101.6                                             | 101.3 | 100.0                                     | 100.0 | 99.9                                                  | 99.9  | 62.7                                              | 62.8  | 33.2                                            | 33.3  |

Lampiran 11. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu 40 °C

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel (°C) |       | suhu akar wangi<br>(°C) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi (°C) |       | suhu dinding luar<br>ketel (°C) |       | suhu udara lingkungan<br>(°C) |       |
|------------------|---------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                   | ul. 2 | ul. 1                               | ul. 2 | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                         | ul. 2 |
| 0                | 28.0                            | 30.2  | 28.0                    | 30.1  | 28.3                                | 29.1  | 29.0                            | 29.0  | 29.0                          | 29.0  |
| 15               | 81.7                            | 80.9  | 43.4                    | 43.7  | 38.2                                | 41.2  | 39.9                            | 42.8  | 30.5                          | 30.1  |
| 30               | 99.7                            | 99.1  | 84.6                    | 89.3  | 57.3                                | 57.5  | 59.5                            | 59.4  | 31.1                          | 31.4  |
| 45               | 100.1                           | 100.8 | 99.9                    | 99.4  | 99.1                                | 98.6  | 60.1                            | 59.8  | 31.5                          | 31.9  |
| 60               | 100.0                           | 101.4 | 100.0                   | 100.3 | 99.5                                | 99.9  | 60.3                            | 60.8  | 31.2                          | 31.7  |
| 75               | 99.0                            | 101.1 | 99.1                    | 100.2 | 98.1                                | 99.9  | 59.5                            | 60.5  | 31.6                          | 31.5  |
| 90               | 99.1                            | 100.7 | 99.7                    | 100.1 | 98.0                                | 99.6  | 59.2                            | 60.6  | 32.1                          | 32.0  |
| 105              | 100.2                           | 101.3 | 100.0                   | 99.8  | 99.4                                | 98.7  | 60.1                            | 59.5  | 32.0                          | 31.9  |
| 120              | 100.1                           | 101.1 | 100.1                   | 100.2 | 99.7                                | 99.9  | 61.6                            | 60.9  | 32.1                          | 32.0  |
| 150              | 99.9                            | 101.2 | 99.8                    | 100.0 | 99.1                                | 99.6  | 61.8                            | 60.5  | 32.5                          | 32.3  |
| 180              | 100.1                           | 101.4 | 100.0                   | 100.1 | 99.9                                | 99.9  | 61.7                            | 61.8  | 32.4                          | 32.1  |
| 210              | 99.4                            | 100.5 | 99.6                    | 100.2 | 98.9                                | 99.9  | 60.8                            | 61.4  | 32.0                          | 32.4  |
| 240              | 100.3                           | 101.6 | 100.3                   | 99.6  | 99.7                                | 98.9  | 61.5                            | 60.3  | 32.1                          | 32.3  |
| 270              | 100.1                           | 101.1 | 100.1                   | 100.4 | 99.8                                | 99.9  | 62.0                            | 62.4  | 32.5                          | 32.7  |
| 300              | 100.0                           | 100.1 | 100.0                   | 99.7  | 99.9                                | 98.9  | 62.7                            | 61.3  | 32.2                          | 32.4  |
| 330              | 100.4                           | 101.5 | 100.3                   | 100.2 | 99.7                                | 99.6  | 62.3                            | 62.0  | 32.4                          | 32.8  |
| 360              | 100.1                           | 101.2 | 100.0                   | 100.0 | 99.2                                | 99.5  | 61.8                            | 62.1  | 32.7                          | 32.5  |
| 390              | 100.2                           | 100.3 | 100.1                   | 100.1 | 99.6                                | 99.8  | 62.0                            | 62.3  | 32.8                          | 33.0  |
| 420              | 100.1                           | 101.2 | 100.0                   | 100.3 | 99.6                                | 99.9  | 62.1                            | 62.5  | 33.1                          | 33.4  |

Lampiran 11. (lanjutan)

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel ( °C) |       | suhu akar wangi<br>(°C) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi (°C) |       | suhu dinding luar<br>ketel (°C) |       | suhu udara lingkungan<br>(°C) |       |
|------------------|----------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                            | ul. 2 | ul. 1                   | ul. 2 | ul. 1                               | ul. 2 | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                         | ul. 2 |
| 450              | 99.8                             | 100.6 | 100.0                   | 99.8  | 99.6                                | 99.4  | 62.3                            | 62.7  | 33.4                          | 33.2  |
| 480              | 100.0                            | 101.0 | 100.1                   | 100.1 | 99.8                                | 99.7  | 62.4                            | 62.7  | 32.1                          | 33.4  |
| 510              | 100.4                            | 101.5 | 100.1                   | 99.9  | 99.9                                | 99.0  | 62.6                            | 61.9  | 32.8                          | 33.2  |
| 540              | 100.0                            | 101.2 | 100.1                   | 100.3 | 99.7                                | 99.7  | 62.2                            | 62.0  | 32.7                          | 32.9  |
| 570              | 100.2                            | 101.9 | 100.0                   | 99.9  | 99.6                                | 98.9  | 62.0                            | 61.5  | 33.0                          | 33.3  |
| 600              | 100.4                            | 100.6 | 100.3                   | 100.0 | 99.8                                | 99.8  | 62.8                            | 62.4  | 32.8                          | 33.0  |
| 630              | 100.2                            | 100.9 | 100.1                   | 100.1 | 99.6                                | 99.9  | 62.4                            | 62.7  | 33.2                          | 33.1  |
| 660              | 100.1                            | 101.7 | 100.0                   | 100.0 | 99.4                                | 99.6  | 62.2                            | 62.3  | 33.0                          | 33.2  |
| 690              | 100.1                            | 101.1 | 100.0                   | 100.1 | 99.8                                | 99.6  | 62.5                            | 62.6  | 33.1                          | 33.3  |
| 720              | 100.4                            | 101.4 | 100.3                   | 100.0 | 99.9                                | 99.8  | 62.7                            | 62.7  | 33.2                          | 33.3  |

Lampiran 12. Data pengukuran suhu air di dalam ketel, suhu akar wangi, suhu uap di atas akar wangi, suhu dinding luar ketel, dan suhu lingkungan pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan penjemuran

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu akar wangi<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu dinding luar<br>ketel ( $^{\circ}\text{C}$ ) |       | suhu udara lingkungan<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |       |
|------------------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                     | ul. 2 | ul. 1                                                 | ul. 2 | ul. 1                                             | ul. 2 | ul. 1                                           | ul. 2 |
| 0                | 27.6                                              | 29.0  | 29.7                                      | 29.5  | 27.7                                                  | 29.0  | 28.4                                              | 28.5  | 29.5                                            | 29.1  |
| 15               | 82.4                                              | 83.8  | 47.1                                      | 44.5  | 39.3                                                  | 38.8  | 40.3                                              | 40.5  | 30.0                                            | 29.7  |
| 30               | 100.9                                             | 100.8 | 99.2                                      | 99.5  | 98.3                                                  | 97.8  | 54.2                                              | 55.1  | 31.0                                            | 30.4  |
| 45               | 101.0                                             | 100.3 | 99.9                                      | 99.4  | 98.5                                                  | 98.3  | 58.8                                              | 58.6  | 31.2                                            | 31.6  |
| 60               | 100.2                                             | 100.7 | 99.8                                      | 99.6  | 98.7                                                  | 98.3  | 58.8                                              | 58.6  | 31.3                                            | 31.5  |
| 75               | 101.8                                             | 101.1 | 100.1                                     | 100.0 | 99.2                                                  | 98.9  | 59.9                                              | 59.6  | 31.2                                            | 31.5  |
| 90               | 100.7                                             | 100.2 | 99.8                                      | 99.6  | 98.4                                                  | 98.4  | 58.8                                              | 58.3  | 32.0                                            | 31.9  |
| 105              | 100.8                                             | 100.4 | 99.7                                      | 99.7  | 97.8                                                  | 98.9  | 58.1                                              | 60.5  | 32.5                                            | 32.6  |
| 120              | 100.6                                             | 100.3 | 99.4                                      | 99.3  | 98.1                                                  | 98.3  | 59.8                                              | 59.9  | 32.3                                            | 32.2  |
| 150              | 101.1                                             | 100.9 | 99.7                                      | 99.9  | 98.3                                                  | 98.6  | 60.2                                              | 60.5  | 32.5                                            | 33.1  |
| 180              | 100.9                                             | 101.1 | 99.8                                      | 99.8  | 97.9                                                  | 98.7  | 59.7                                              | 60.8  | 32.5                                            | 32.9  |
| 210              | 100.9                                             | 101.2 | 99.9                                      | 99.9  | 98.3                                                  | 98.8  | 61.5                                              | 61.0  | 32.0                                            | 32.4  |
| 240              | 101.2                                             | 101.1 | 99.9                                      | 100.0 | 99.1                                                  | 98.9  | 61.9                                              | 61.3  | 32.1                                            | 32.5  |
| 270              | 101.3                                             | 101.1 | 99.8                                      | 99.9  | 98.6                                                  | 98.8  | 61.1                                              | 60.9  | 32.6                                            | 32.7  |
| 300              | 101.0                                             | 101.0 | 99.8                                      | 99.7  | 98.5                                                  | 98.8  | 61.7                                              | 61.3  | 32.2                                            | 32.4  |
| 330              | 101.0                                             | 100.9 | 99.3                                      | 99.7  | 98.5                                                  | 98.3  | 61.8                                              | 61.0  | 32.4                                            | 32.7  |
| 360              | 100.7                                             | 100.8 | 99.5                                      | 99.9  | 98.9                                                  | 98.2  | 61.1                                              | 62.0  | 32.7                                            | 32.5  |
| 390              | 101.1                                             | 101.2 | 99.8                                      | 100.1 | 99.2                                                  | 98.4  | 61.5                                              | 62.3  | 33.1                                            | 33.0  |
| 420              | 101.1                                             | 101.3 | 99.7                                      | 99.8  | 99.2                                                  | 98.3  | 61.8                                              | 62.5  | 33.1                                            | 33.4  |

## Lampiran 12. (lanjutan)

| waktu<br>(menit) | suhu air di dalam<br>ketel (°C) |       | suhu akar wangi<br>(°C) |       | suhu uap di atas<br>akar wangi (°C) |       | suhu dinding luar<br>ketel (°C) |       | suhu udara lingkungan<br>(°C) |       |
|------------------|---------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                  | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                   | ul. 2 | ul. 1                               | ul. 2 | ul. 1                           | ul. 2 | ul. 1                         | ul. 2 |
| 450              | 100.8                           | 100.9 | 100.0                   | 99.9  | 99.5                                | 99.1  | 62.3                            | 62.5  | 33.4                          | 33.2  |
| 480              | 101.1                           | 101.3 | 99.6                    | 99.5  | 99.1                                | 99.0  | 62.0                            | 62.2  | 32.9                          | 33.4  |
| 510              | 100.8                           | 100.9 | 99.2                    | 99.1  | 98.4                                | 98.3  | 62.1                            | 61.9  | 32.9                          | 33.2  |
| 540              | 100.4                           | 100.2 | 100.0                   | 99.7  | 98.8                                | 98.6  | 62.3                            | 62.0  | 32.8                          | 32.9  |
| 570              | 101.1                           | 101.1 | 99.5                    | 100.0 | 99.0                                | 98.9  | 62.5                            | 62.5  | 32.7                          | 33.3  |
| 600              | 100.6                           | 100.7 | 99.8                    | 99.7  | 99.1                                | 99.0  | 62.4                            | 62.1  | 32.8                          | 33.0  |
| 630              | 100.7                           | 100.8 | 99.9                    | 99.8  | 99.3                                | 99.2  | 62.5                            | 62.0  | 32.9                          | 33.1  |
| 660              | 101.1                           | 101.0 | 100.1                   | 100.1 | 98.9                                | 99.0  | 62.2                            | 62.3  | 33.0                          | 33.2  |
| 690              | 101.1                           | 103.3 | 99.8                    | 100.0 | 99.0                                | 99.1  | 62.4                            | 62.5  | 33.1                          | 33.3  |
| 720              | 101.3                           | 104.8 | 100.0                   | 100.2 | 99.9                                | 99.9  | 62.7                            | 62.8  | 33.2                          | 33.3  |

Lampiran 13. Data pengukuran suhu air kondensor ( $^{\circ}\text{C}$ ) pada penyulingan akar wangi

A. Data pengukuran suhu air kondensor masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )

| waktu<br>(menit) | Akar wangi tanpa |       | Akar wangi yang dikeringkan dengan    |       |                                       |       |            |       |
|------------------|------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|------------|-------|
|                  | dikeringkan      |       | suhu pengeringan $70^{\circ}\text{C}$ |       | suhu pengeringan $40^{\circ}\text{C}$ |       | penjemuran |       |
|                  | ul. 1            | ul. 2 | ul. 1                                 | ul. 2 | ul. 1                                 | ul. 2 | ul. 1      | ul. 2 |
| 0                | 27.5             | 27.5  | 27.5                                  | 27.5  | 28.5                                  | 27.5  | 28.0       | 27.5  |
| 30               | 28.0             | 27.5  | 28.0                                  | 27.5  | 28.5                                  | 28.0  | 28.0       | 27.5  |
| 60               | 28.5             | 27.5  | 28.5                                  | 27.0  | 29.0                                  | 28.0  | 28.5       | 27.5  |
| 120              | 28.5             | 27.5  | 28.5                                  | 27.5  | 29.0                                  | 28.0  | 29.5       | 28.0  |
| 180              | 28.0             | 27.5  | 28.5                                  | 28.0  | 29.5                                  | 28.5  | 29.5       | 28.0  |
| 240              | 29.0             | 29.0  | 28.5                                  | 28.5  | 30.0                                  | 28.0  | 29.5       | 28.5  |
| 300              | 29.5             | 28.5  | 28.5                                  | 28.0  | 30.5                                  | 28.0  | 29.0       | 28.5  |
| 360              | 29.5             | 28.5  | 28.5                                  | 28.0  | 30.5                                  | 28.5  | 31.0       | 28.0  |
| 420              | 29.5             | 28.5  | 28.5                                  | 28.5  | 30.5                                  | 28.0  | 30.5       | 28.0  |
| 480              | 30.0             | 28.5  | 29.0                                  | 28.5  | 31.0                                  | 28.0  | 31.0       | 28.5  |
| 540              | 29.5             | 29.5  | 29.0                                  | 28.0  | 31.0                                  | 28.0  | 31.0       | 28.5  |
| 600              | 29.5             | 30.0  | 28.5                                  | 28.5  | 30.5                                  | 28.0  | 31.0       | 28.0  |
| 660              | 29.5             | 29.5  | 28.5                                  | 28.5  | 30.5                                  | 28.0  | 31.0       | 28.0  |
| 720              | 30.0             | 29.0  | 29.0                                  | 28.5  | 31.0                                  | 28.0  | 31.0       | 28.5  |

## Lampiran 13. (lanjutan)

B. Data pengukuran suhu air kondensor keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )

| waktu<br>(menit) | Akar wangi tanpa |       | Akar wangi yang dikeringkan dengan    |       |                                       |       |            |       |
|------------------|------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|------------|-------|
|                  | dikeringkan      |       | suhu pengeringan $70^{\circ}\text{C}$ |       | suhu pengeringan $40^{\circ}\text{C}$ |       | penjemuran |       |
|                  | ul. 1            | ul. 2 | ul. 1                                 | ul. 2 | ul. 1                                 | ul. 2 | ul. 1      | ul. 2 |
| 0                | 29.5             | 29.0  | 29.0                                  | 31.0  | 32.0                                  | 31.0  | 32.5       | 30.5  |
| 30               | 29.0             | 29.0  | 32.0                                  | 31.0  | 32.0                                  | 31.5  | 32.5       | 30.5  |
| 60               | 31.0             | 32.5  | 33.0                                  | 31.5  | 33.5                                  | 32.0  | 32.5       | 30.5  |
| 120              | 31.5             | 32.5  | 34.5                                  | 32.0  | 33.5                                  | 32.0  | 32.5       | 31.0  |
| 180              | 32.0             | 32.0  | 35.0                                  | 32.5  | 33.5                                  | 33.0  | 32.5       | 31.0  |
| 240              | 34.0             | 33.5  | 35.5                                  | 32.5  | 34.0                                  | 32.5  | 33.0       | 31.5  |
| 300              | 33.0             | 33.0  | 35.0                                  | 32.5  | 34.5                                  | 32.5  | 33.5       | 32.0  |
| 360              | 33.5             | 33.0  | 35.0                                  | 32.5  | 34.5                                  | 33.5  | 33.5       | 32.0  |
| 420              | 33.5             | 33.5  | 35.5                                  | 32.0  | 34.5                                  | 32.0  | 33.5       | 32.5  |
| 480              | 34.0             | 33.5  | 35.5                                  | 32.5  | 35.0                                  | 32.0  | 34.0       | 32.5  |
| 540              | 34.0             | 34.0  | 35.0                                  | 32.5  | 34.5                                  | 32.5  | 34.5       | 32.5  |
| 600              | 33.5             | 34.5  | 36.5                                  | 32.0  | 35.0                                  | 32.5  | 34.0       | 32.5  |
| 660              | 33.5             | 34.0  | 35.0                                  | 32.5  | 35.0                                  | 33.0  | 34.5       | 32.0  |
| 720              | 34.0             | 34.0  | 35.5                                  | 32.0  | 35.0                                  | 32.5  | 34.5       | 32.5  |

Lampiran 14. Data pengukuran suhu air kondensat ( $^{\circ}\text{C}$ )

| waktu<br>(menit) | Akar wangi tanpa |       | Akar wangi yang dikeringkan dengan     |       |                                        |       |            |       |
|------------------|------------------|-------|----------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------|------------|-------|
|                  | dikeringkan      |       | suhu pengeringan 70 $^{\circ}\text{C}$ |       | suhu pengeringan 40 $^{\circ}\text{C}$ |       | penjemuran |       |
|                  | ul. 1            | ul. 2 | ul. 1                                  | ul. 2 | ul. 1                                  | ul. 2 | ul. 1      | ul. 2 |
| 60               | 49.6             | 49.3  | 49.4                                   | 48.1  | 50.5                                   | 50.9  | 49.3       | 50.4  |
| 120              | 49.8             | 49.5  | 49.4                                   | 48.2  | 50.5                                   | 50.9  | 49.4       | 50.9  |
| 180              | 49.9             | 49.6  | 50.0                                   | 48.3  | 51.3                                   | 51.4  | 50.1       | 51.2  |
| 240              | 50.2             | 49.4  | 50.4                                   | 48.5  | 51.8                                   | 52.0  | 50.2       | 52.2  |
| 300              | 50.6             | 50.0  | 50.5                                   | 48.5  | 51.9                                   | 54.1  | 50.1       | 53.0  |
| 360              | 50.1             | 50.2  | 51.1                                   | 49.1  | 52.1                                   | 54.2  | 50.6       | 52.9  |
| 420              | 50.2             | 50.1  | 51.2                                   | 49.5  | 52.3                                   | 54.0  | 50.9       | 53.2  |
| 480              | 50.3             | 50.2  | 51.3                                   | 49.8  | 52.4                                   | 54.3  | 51.1       | 53.0  |
| 540              | 50.4             | 50.0  | 51.0                                   | 49.7  | 52.3                                   | 54.5  | 51.2       | 52.9  |
| 600              | 50.2             | 50.1  | 51.3                                   | 49.6  | 52.4                                   | 54.4  | 51.0       | 52.8  |
| 660              | 50.2             | 50.1  | 50.9                                   | 49.7  | 52.5                                   | 54.5  | 50.9       | 53.1  |
| 720              | 50.2             | 50.0  | 51.1                                   | 49.8  | 52.4                                   | 54.3  | 51.2       | 53.1  |

Lampiran 15. Volume minyak tersuling (ml) dari penyulingan akar wangi

| Menit ke- | Akar wangi        |           | Akar wangi yang dikeringkan dengan |           |                        |           |
|-----------|-------------------|-----------|------------------------------------|-----------|------------------------|-----------|
|           | tanpa dikeringkan |           | Suhu pengeringan 70 °C             |           | Suhu pengeringan 40 °C |           |
|           | Ulangan 1         | Ulangan 2 | Ulangan 1                          | Ulangan 2 | Ulangan 1              | Ulangan 2 |
| 0         | 0.0               | 0.0       | 0.0                                | 0.0       | 0.0                    | 0.0       |
| 15        | 0.0               | 0.0       | 0.0                                | 0.0       | 0.0                    | 0.0       |
| 30        | 0.0               | 0.0       | 0.0                                | 0.0       | 0.0                    | 0.0       |
| 45        | 0.0               | 0.0       | 0.4                                | 0.6       | 0.8                    | 0.6       |
| 60        | 0.5               | 0.7       | 0.9                                | 1.0       | 1.3                    | 1.4       |
| 75        | 0.6               | 0.7       | 1.2                                | 1.2       | 1.5                    | 1.6       |
| 90        | 0.7               | 0.8       | 1.5                                | 1.4       | 1.8                    | 1.8       |
| 105       | 0.8               | 0.9       | 1.8                                | 1.7       | 2.2                    | 1.9       |
| 120       | 0.9               | 1.0       | 2.1                                | 1.9       | 2.4                    | 2.0       |
| 180       | 1.7               | 1.8       | 3.0                                | 3.0       | 3.4                    | 3.0       |
| 240       | 2.1               | 2.3       | 3.3                                | 3.4       | 3.5                    | 3.3       |
| 300       | 2.6               | 2.9       | 3.5                                | 3.5       | 3.9                    | 3.7       |
| 360       | 2.8               | 3.0       | 4.2                                | 4.3       | 4.5                    | 4.1       |
| 420       | 2.9               | 3.1       | 4.5                                | 4.8       | 4.8                    | 4.5       |
| 480       | 3.1               | 3.2       | 5.2                                | 5.1       | 4.9                    | 4.8       |
| 540       | 3.3               | 3.3       | 5.3                                | 5.2       | 5.3                    | 5.1       |
| 600       | 3.3               | 3.4       | 5.4                                | 5.3       | 5.4                    | 5.2       |
| 660       | 3.4               | 3.4       | 5.4                                | 5.4       | 5.5                    | 5.3       |
| 720       | 3.5               | 3.4       | 5.5                                | 5.5       | 5.5                    | 5.4       |

Lampiran 16. Contoh perhitungan efisiensi ketel penyuling dan kondensor pada penyulingan tipe uap dan air

Data penyulingan akar wangi yang dikeringkan (suhu pengeringan  $70^{\circ}\text{C}$ , pada ulangan pertama).

Akar wangi

|                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Suhu awal akar wangi            | $(T_{w_o}) = 27.7^{\circ}\text{C}$  |
| Suhu akhir akar wangi rata-rata | $(T_{w_a}) = 99.8^{\circ}\text{C}$  |
| Massa awal akar wangi tanpa air | $(M_{w_a}) = 0.34900 \text{ kg}$    |
| Cp akar wangi                   | $(C_{p_w}) = 2.424 \text{ kJ/kg.K}$ |

Air

|                                               |                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Debit rata-rata air terkondensasi             | $(Lk_a) = 0.3501 \text{ l/jam}$                       |
| Waktu air mulai berkondensasi                 | $(t_{ak}) = 30 \text{ menit}$                         |
| Lama penyulingan                              | $(Wp) = 12 \text{ jam}$                               |
| Volume air mula-mula                          | $(V_{o1}) = 4 \text{ liter}$                          |
| Volume air akhir                              | $(V_{o2}) = 3.51 \text{ liter}$                       |
| Panas laten penguapan air                     | $(h_{fa}) = 2257.10 \text{ kJ/kg}$<br>( Welty, 1974 ) |
| Suhu awal air ketel rata-rata                 | $(T_{ko}) = 28.9^{\circ}\text{C}$                     |
| Suhu air kondensat rata-rata                  | $(T_{ka}) = 51.0^{\circ}\text{C}$                     |
| Suhu akhir air ketel rata-rata                | $(T_{ua}) = 100.1^{\circ}\text{C}$                    |
| Massa jenis air, suhu $28.9^{\circ}\text{C}$  | $(V_{a1}) = 0.9958 \text{ kg/m}^3$                    |
| Massa jenis air, suhu $51.0^{\circ}\text{C}$  | $(V_{a2}) = 0.9890 \text{ kg/m}^3$                    |
| Massa jenis air, suhu $100^{\circ}\text{C}$   | $(V_{a3}) = 0.9580 \text{ kg/m}^3$                    |
| Massa jenis air, suhu $100.1^{\circ}\text{C}$ | $(V_{a4}) = 0.9580 \text{ kg/m}^3$                    |

## Lampiran 16. (lanjutan)

Cp air pada suhu 28.9 °C  $(Cp_1) = 4.1830 \text{ kJ/kg.K}$

Cp air pada suhu 51.0 °C  $(Cp_2) = 4.1849 \text{ kJ/kg.K}$

Cp air pada suhu 100.1 °C  $(Cp_3) = 4.2390 \text{ kJ/kg.K}$

Cp air pada suhu 100 °C  $(Cp_4) = 4.2390 \text{ kJ/kg.K}$

Bahan bakar

Konsumsi bahan bakar  $(Bb) = 1.25 \text{ kg (selama 12 jam)}$

Nilai kalor propana  $(h_{Bb}) = 51\,120.265 \text{ kJ/kg}$

(Wolstenholme, 1967 di dalam

Lisanuddin, 1987)

Efisiensi pembakaran propana = 85 - 90 %

Dengan data-data tersebut, maka dapat dihitung efisiensi ketel penyulingan dan efisiensi kondensor .

## A. Efisiensi Ketel Suling

Efisiensi ketel penyulingan dihitung dengan cara membandingkan energi yang digunakan untuk memanaskan air dan akar wangi serta menguapkan air dengan energi yang berasal dari bahan bakar (dengan asumsi debit air yang menguap sama dengan debit uap yang terkondensasi).

$$\text{Efisiensi ketel} = \frac{Q_{\text{out } 1} + Q_{\text{out } 2}}{Q_{\text{in ketel}}} \times 100\% \quad (11)$$

di mana :

$Q_{\text{out } 1}$  adalah kalor yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air yang berasal dari tangki dan air

# Lampiran 16. (lanjutan)

hasil kondensasi kondensor yang kembali ke tangki.

$$Q_{out\ 1} = V_{o1} \times C_{p1} \times (100 - T_{ko}) + Lk_a \times (W_p - t_{ak}/60) \times [V_{a3} \times h_{fa} + V_{a4} \times C_{p3} \times (T_{ua} - 100) + C_{p2} \times V_{a2} \times (100 - T_{ka})] + (V_{o1} - V_{o2}) \times h_{fa} \quad (12)$$

$Q_{out\ 2}$  adalah kalor yang dipakai untuk menaikkan suhu akar wangi dari keadaan awal sampai suhu akhir.

$$Q_{out\ 2} = M_{wa} \times C_{pw} \times (T_{wa} - T_{wo}) \quad (13)$$

$Q_{in\ ketel}$  adalah energi yang berasal dari bahan bakar, dengan menganggap efisiensi pembakar *Mecker Burner* 100%, dan efisiensi pembakaran propana sebesar 85% (Wolstenkolme, 1967 di dalam Lisanuddin, 1987).

$$Q_{in\ ketel} = B_b \times h_{bb} \times 85\% \quad (14)$$

Maka dengan menggunakan persamaan 11 sampai 14 efisiensi ketel penyuling pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan dengan suhu pengering 70 °C (ulangan 1) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out\ 1} &= 4 \times 0.9958 \times 4.1830 \times (100 - 28.9) + 0.3501 \times (12 - 30/60) \times \\ &\quad [0.958 \times 2257.10 + 4.239 \times 0.958 \times (100.1 - 100) + \\ &\quad 4.1849 \times 0.989 \times (100 - 51.0)] + (4 - 3.51) \times 2257.10 \\ &= 11\ 768 \quad \text{kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{out\ 2} &= 0.34900 \times 2.424 \times (99.8 - 27.7) \\ &= 60.99 \quad \text{kJ} \end{aligned}$$

## Lampiran 16. (lanjutan)

$$Q_{in \text{ ketel}} = 1.25 \times 85\% \times 51\,120.265$$

$$= 54\,315 \text{ kJ}$$

$$\text{Efisiensi ketel} = \frac{11\,828.99}{54\,315} \times 100\%$$

$$(\text{Ef}_{\text{ketel}})$$

$$= 21.8 \%$$

Dengan cara yang sama untuk proses penyulingan akar wangi yang lain, diperoleh nilai efisiensi ketel penyuling sebagai berikut :

| uraian                         | akar wangi        |           | Akar wangi yang dikeringkan dengan |           |                     |           |            |           |
|--------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|------------|-----------|
|                                | tanpa dikeringkan |           | suhu pengering 70°C                |           | suhu pengering 40°C |           | penjemuran |           |
|                                | ulangan 1         | ulangan 2 | ulangan 1                          | ulangan 2 | ulangan 1           | ulangan 2 | ulangan 1  | ulangan 2 |
| $Q_{in \text{ ketel}}$ (KJ)    | 54 315            | 54 315    | 54 315                             | 56 488    | 56 488              | 54 315    | 56 488     | 54 315    |
| $Q_{out \text{ 1}}$ (KJ)       | 11 855            | 11 879    | 11 768                             | 12 194    | 12 020              | 11 971    | 11 940     | 11 943    |
| $Q_{out \text{ 2}}$ (KJ)       | 75.90             | 75.86     | 60.99                              | 60.85     | 61.23               | 58.57     | 58.20      | 59.70     |
| $\text{Ef}_{\text{ketel}}$ (%) | 22.0              | 22.0      | 21.8                               | 21.7      | 21.4                | 22.2      | 21.2       | 22.1      |

## B. Efisiensi Kondensor

Efisiensi kondensor ( $\text{Ef}_{\text{kondensor}}$ ) dihitung dengan cara membandingkan kalor yang dilepas oleh air kondensat setelah melewati kondensor dengan kalor yang dilepas uap air yang masuk kondensor (dengan asumsi 1) debit air yang menguap sama dengan debit uap yang terkondensasi menjadi air dan 2) suhu uap yang masuk ke dalam kondensor sama dengan 100 °C).

## Lampiran 16. (lanjutan)

$$Ef_{\text{ kondensor}} = \frac{Q_{\text{out kondensor}}}{Q_{\text{in kondensor}}} \times 100\% \quad (15)$$

di mana :

$Q_{\text{out kondensor}}$  adalah banyaknya kalor yang dilepaskan air hasil kondensasi setelah melewati kondensor.

$$Q_{\text{out kondensor}} = Lk_a \times (W_p - t_{ak}/60) \times [V_{a3} \times h_{fa} + C_{p4} \times V_{a3} \times (100 - T_{ka})] \quad (16)$$

$Q_{\text{in kondensor}}$  adalah banyaknya kalor yang dilepaskan oleh uap air yang masuk kondensor.

$$Q_{\text{in kondensor}} = [Lk_a \times (W_p - t_{ak}/60) + (V_{o2} - V_{o1})] \times h_{fa} \quad (17)$$

Maka dengan menggunakan persamaan 15 sampai dengan 17, efisiensi kondensor dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{\text{out kondensor}} &= 0.3501 \times (12 - 30/60) \times [0.958 \times 2257.099 + 4.239 \times 0.958 \times (100 - 51)] \\ &= 9\,506.89 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{in kondensor}} &= [(0.3501 \times (12 - 30/60) + (4 - 3.51)) \times 2257.1] \\ &= 9\,765.28 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ef_{\text{ kondensor}} &= \frac{9\,506.89}{9\,765.28} \times 100\% \\ &= 97.35\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk proses penyulingan akar wangi yang lain, diperoleh nilai efisiensi kondensor sebagai berikut

Lampiran 16. (lanjutan)

| uraian                          | akar wangi        |           | Akar wangi yang dikeringkan dengan |           |                                  |           |            |           |
|---------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|------------|-----------|
|                                 | tanpa dikeringkan |           | suhu pengering 70 <sup>o</sup> C   |           | suhu pengering 40 <sup>o</sup> C |           | penjemuran |           |
|                                 | ulangan 1         | ulangan 2 | ulangan 1                          | ulangan 2 | ulangan 1                        | ulangan 2 | ulangan 1  | ulangan 2 |
| Q <sub>in</sub> kondensor (KJ)  | 9 845.50          | 9 867.12  | 9 765.28                           | 10 154.60 | 9 995.02                         | 10 010.16 | 9 885.61   | 9 944.75  |
| Q <sub>out</sub> kondensor (KJ) | 9 562.02          | 9 566.98  | 9 506.89                           | 9 778.34  | 9 695.82                         | 9 609.75  | 9 599.31   | 9 536.34  |
| BF kondensor (%)                | 97.19             | 96.95     | 97.35                              | 96.29     | 97.01                            | 96.00     | 97.10      | 95.89     |

Lampiran 17. Contoh perhitungan kehilangan kalor melalui dinding dan tutup ketel penyuling

Karena kondisi lingkungan pada penyulingan akar wangi tanpa dikeringkan, dikeringkan dengan penjemuran, dikeringkan dengan suhu pengering 40 °C dan 70 °C ini hampir sama (Lampiran 9 sampai dengan Lampiran 12), maka kehilangan panas melalui dinding dan tutup ketel penyulingan hampir sama. Oleh sebab itu contoh perhitungan ini diwakili dengan data pada penyulingan akar wangi yang dikeringkan pada suhu 70 °C, ulangan pertama.

- Data

Suhu dinding dan tutup luar ketel penyuling rata-rata ( $T_L$ ) = 61.1 °C

Suhu udara lingkungan rata-rata ( $T_U$ ) = 32.2 °C

Tinggi ketel penyuling ( $L$ ) = 0.41 m

Diameter luar ketel penyuling ( $D_d$ ) = 0.214 m

Diameter tutup ketel penyuling ( $D_t$ ) = 0.270 m

Luas dinding luar ketel penyuling ( $A_d$ ) = 0.2756 m<sup>2</sup>

Luas tutup ketel penyuling ( $A_t$ ) = 0.0573 m<sup>2</sup>

- Mencari faktor konveksi udara sekitar dinding ketel penyuling ( $h_L$ ) dan faktor konveksi udara sekitar tutup ketel penyuling ( $h_D$ )

$$T_f = [(T_L + T_U)/2] + 273 = 319.65 \text{ K}$$

$$Pr = 0.703 \quad (\text{Welty, 1974})$$

$$\beta g \rho^2 / \mu^2 = 99.98 \times 10^6 \text{ K}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \quad (\text{Welty, 1974})$$

$$k = 2.78 \times 10^{-2} \text{ W/m.K} \quad (\text{Welty, 1974})$$

$$Gr_L = \beta g \rho^2 / \mu^2 \times L^3 \times T$$

$$= 99.98 \times 10^6 \times (0.41)^3 \times 28.9 = 1.99 \times 10^8$$

$$Gr_L Pr = 1.99 \times 10^8 \times 0.703 = 1.399 \times 10^8$$

## Lampiran 17. (lanjutan)

$$Gr_L Pr < 10^9 \text{ -----} \rightarrow Nu_L = 0.555 (Gr_L Pr)^{0.25}$$

$$Nu_L = 60.370$$

$$h_L = (k/L) Nu_L$$

$$= \frac{2.78 \times 10^{-2}}{0.41} \times 60.370 = 4.087 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Gr_D = \rho g \rho^2 / \mu^2 \times D_t \times T$$

$$= 99.98 \times 10^6 \times (0.270)^3 \times 28.9 = 5.687 \times 10^7$$

$$Gr_D Pr = 5.687 \times 10^7 \times 0.703 = 3.998 \times 10^7$$

$$3 \times 10^5 < Gr_D Pr < 10^{10} \text{ -----} \rightarrow Nu_D = 0.27 (Gr_D Pr)^{0.25}$$

$$Nu_D = 79.52$$

$$h_D = \frac{k \times Nu_D}{L} = \frac{2.78 \times 10^{-2} \times 79.52}{0.27} = 8.187 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Mencari kehilangan kalor melalui dinding ketel penyuling ( $Q_d$ ) dan tutup ketel penyuling ( $Q_t$ )

$$Q_d = h_L \times A_d \times T = 4.087 \times 0.2756 \times 28.9 = 32.557 \text{ W}$$

$$= 32.557 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s/1 jam} \times 12 \text{ jam} = 1406.48 \text{ kJ}$$

$$Q_t = h_D \times A_t \times T = 8.187 \times 0.0573 \times 28.9 = 13.55 \text{ W}$$

$$= 13.55 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s/1 jam} \times 12 \text{ jam} = 585.226 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_d + Q_t = 1991.706 \text{ kJ}$$

Dengan kehilangan kalor melalui dinding dan tutup ketel penyuling adalah 1991.706 kJ dan kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar,  $Q_{\text{in}}$  ketel (dalam lampiran 16) adalah 54315 kJ, maka kehilangan kalor tersebut hanya 3.7 % dari kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1987. Profil komoditi minyak akar wangi ( vetiver oil ). Badan Pengembangan Ekspor Nasional. Departemen Perdagangan, Jakarta.
- Anonim. 1989. Pembinaan dan pengembangan budi daya akar wangi melalui usahatani konservasi terpadu di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Anonim. 1990. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat No.30 tahun 1990. Tentang penyempurnaan ketentuan-ketentuan penanaman dan penyulingan sereh wangi dan akar wangi di Jawa Barat.
- Badeges, F. 1982. Minyak Vetiver. Balai Besar Industri Hasil Pertanian, Bogor.
- Badger, W.L. dan J.T. Banchero. 1985. Introduction To Chemical Engineering. Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- Core, E.L. 1955. Plant Taxonomy. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York.
- Greenfield, J.C. 1988. Vetiver grass (Vetiveria zizanioides Stapf ). A methods of vegetative soil and moisture conservation. 2<sup>nd</sup> end. Printed at PS Press Services PVT, LTD, New Delhi.
- Guenther, E. 1972. The Essential Oils. Volume IV. Robert E. Kriger Publishing Co. Inc. Hunninton, New York.
- Guenther, E. 1949. Alih bahasa Ketaren, 1987. Minyak Atsiri I. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid I. Diterjemahkan oleh Badan Litbang Kehutanan, Jakarta.
- Harris, R. 1990. Tanaman Minyak Atsiri. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Harjono. 1972. Pengaruh cara menempatkan bahan dan lama penyulingan terhadap rendemen dan mutu minyak akar wangi (Vetiveria zizanioides Stapf) yang dihasilkan. Skripsi. Fateta, IPB. Bogor.
- Ketaren, S. 1985. Pengantar Teknologi Minyak Atsiri. Balai Pustaka, Jakarta.

Lawrence, G. 1955. Taxonomy of Vaskular Plants. The Macmillan Company, New York.

Mohsenin, N.N. 1980. Physical Properties of Food and Agricultural Material. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. New York.

Rusli, S., N. Nurdjanah, Soediarso, D. Sitepu, Ardi dan D. T. Sitorus. 1985. Penelitian dan Pengembangan Minyak Atsiri Indonesia. Balai Penelitian Rempah dan Obat, Bogor.

Rusli, S. dan M. Hasanah. 1976. Cara penyulingan daun nilam mempengaruhi rendemen dan mutu minyaknya. Makalah pada Seminar Minyak Atsiri II, 20-22 April 1976. Bogor.

Simonsen, S. J. dan D. H. R. Barton. 1952. The Terpenes, The Sesquiterpenes and Derivatives. University Press Cambridge. London.

Somaatmadja, D. 1975. The Essential Oil of Indonesia for Export. Communication 147. Chemical Research Institute BPK, Bogor.

Sunarto, A., 1992. Uji performansi alat penyuling minyak atsiri dengan metode uap langsung pada penyulingan biji lada dan daun sereh wangi. Skripsi. Fateta, IPB. Bogor.

Thorpe. 1947. Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry. 4th ed. Longmans, London.

Weissberger, A. 1951. Distillation Technique of Organic Chemistry. Interscience Publishers, inc., New York.

Welty, J.R. 1974. Engineering Heat Transfer, SI version. John Wiley and sons. New York.

Wolstenholme, O.B. 1967. di dalam Lisanuddin, 1987. Disain dan uji teknis alat pengering cabe merah (Capsicum annum. L). Skripsi. Fateta, IPB. Bogor.