

Penelitian/Research

PENGARUH UKURAN BAHAN DAN LAMA PENYULINGAN TERHADAP YIELD DAN KARAKTERISTIK MINYAK JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC)

*The Effect of Material size and Duration of Distillation on Yield and Characteristic of Citrus (*Citrus hystrix* DC) Oil*

Achmad Moestafa a), Sumarsi a) dan Dhien Lestari b)

a) Balai Besar Industri Hasil Pertanian Jl. Ir. H. Juanda no. 11 Bogor 16122

b) Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Djuanda Ciawi Bogor.

ABSTRACT : An experiment on distillation of "jeruk purut" (*Citrus hystrix* DC) had been carried out. The duration of distillation namely 6 and 8 hours and size of material (2 - 3 mm and 1 x 2 Cm) statistically had influenced the yield and the characteristic of the oil. An optimum result was found when the materials were sliced into small pieces and distilled for 8 hours, namely 4.58 %. On the other hand, when the material was distilled for 6 hours, the yield was only 3.58 %. No significant difference on yield either the material was sliced into smaller pieces (2-3 mm) or larger (1 x 2 cm). However according to GC analysis the longer the distillation took place the more high molecule components will emerge. Compare to 6 hours distillation the 8 hours produces more oxygenated hydrocarbon that will increase the ester value. The physical constant such as specific gravity, refractive indices and optical rotation of the oil were not affected by the size of raw material.

PENDAHULUAN

Menurut SARWONO (1986) di alam terdapat tidak kurang dari 1300 jenis tanaman jeruk dan kerabatnya, sedangkan jeruk purut termasuk family Rutaceae dari species *Citrus hystrix* DC merupakan salah satu spesies jeruk yang tidak dikonsumsi untuk makanan tetapi lebih banyak digunakan sebagai rempah-rempah. Daun dan kulit buah jeruk purut banyak digunakan dalam bumbu masakan ikan untuk menghilangkan bau amis ikan pada makanan.

Berbagai jenis minyak atsiri umumnya mempunyai potensi kegunaan yang tinggi dan ganda, karena selain sebagai bahan baku fragran untuk industri parfum dan kosmetik juga sebagai flavor makanan serta banyak dipakai sebagai preparat obat-obatan. Air rendaman kulit buah jeruk purut digunakan sebagai kompres penurun panas saat orang terserang demam. Air rendaman tersebut juga baik untuk menghilangkan gatal-gatal pada kulit (HEYNE, 1950).

Di pasaran internasional telah beredar minyak kulit jeruk lemon, jeruk "orange", jeruk bergamot yang dikenal dengan nama dagang lemon oil, orange oil, bergamot oil dan dijual dengan harga yang cukup mahal (Market Report, 1997). Berdasarkan pengetahuan di atas dilakukan percobaan penyulingan kulit buah jeruk purut seperti yang sudah dilakukan terhadap daun jeruk purut guna memperoleh minyaknya yang diketahui mempunyai aroma yang khas dan banyak disenangi orang (SAIT dan LUBIS, 1996). Dengan demikian akan bertambah lagi jenis minyak jeruk yang dapat ditawarkan, khususnya minyak kulit jeruk purut asal Indonesia.

Untuk mengetahui kondisi kerja penyulingan yang berdaya dan berhasil guna dilakukan penyulingan dengan berbagai variabel. Variabel pertama adalah derajat kehalusan/ukuran bahan yang akan disuling, variabel kedua adalah lama penyulingan agar ditemukan lama proses yang optimal. Menurut GUENTHER (1952) agar memudahkan isolasi minyak dari bahan, yang dalam hal ini kulit buah jeruk purut, bahan tersebut sebaiknya dihaluskan lebih dahulu sebelum disuling. Selain itu lama penyulingan berpengaruh terhadap kadar minyak yang dihasilkan serta berpengaruh terhadap karakteristik minyaknya. Oleh karena itu lama penyulingan merupakan variabel kedua yang diteliti.

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk minyak kulit jeruk purut belum ada sehingga hasil penelitian ini akan dapat digunakan sebagai rujukan dalam menyusun standar minyak jeruk purut. Dengan mengetahui karakteristiknya maka akan bertambah khasa-

Penelitian/Research

PENGARUH UKURAN BAHAN DAN LAMA PENYULINGAN TERHADAP YIELD DAN KARAKTERISTIK MINYAK JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC)

*The Effect of Material size and Duration of Distillation on Yield and Characteristic of Citrus (*Citrus hystrix* DC) Oil*

Achmad Moestafa a), Sumarsi a) dan Dhien Lestari b)

a) Balai Besar Industri Hasil Pertanian Jl. Ir. H. Juanda no. 11 Bogor 16122

b) Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Djuanda Ciawi Bogor.

ABSTRACT : An experiment on distillation of "jeruk purut" (*Citrus hystrix* DC) had been carried out. The duration of distillation namely 6 and 8 hours and size of material (2 - 3 mm and 1 x 2 Cm) statistically had influenced the yield and the characteristic of the oil. An optimum result was found when the materials were sliced into small pieces and distilled for 8 hours, namely 4.58 %. On the other hand, when the material was distilled for 6 hours, the yield was only 3.58 %. No significant difference on yield either the material was sliced into smaller pieces (2-3 mm) or larger (1 x 2 cm). However according to GC analysis the longer the distillation took place the more high molecule components will emerge. Compare to 6 hours distillation the 8 hours produces more oxygenated hydrocarbon that will increase the ester value. The physical constant such as specific gravity, refractive indices and optical rotation of the oil were not affected by the size of raw material.

PENDAHULUAN

Menurut SARWONO (1986) di alam terdapat tidak kurang dari 1300 jenis tanaman jeruk dan kerabatnya, sedangkan jeruk purut termasuk family Rutaceae dari species *Citrus hystrix* DC merupakan salah satu spesies jeruk yang tidak dikonsumsi untuk makanan tetapi lebih banyak digunakan sebagai rempah-rempah. Daun dan kulit buah jeruk purut banyak digunakan dalam bumbu masakan ikan untuk menghilangkan bau amis ikan pada makanan.

Berbagai jenis minyak atsiri umumnya mempunyai potensi kegunaan yang tinggi dan ganda, karena selain sebagai bahan baku fragran untuk industri parfum dan kosmetik juga sebagai flavor makanan serta banyak dipakai sebagai preparat obat-obatan. Air rendaman kulit buah jeruk purut digunakan sebagai kompres penurun panas saat orang terserang demam. Air rendaman tersebut juga baik untuk menghilangkan gatal-gatal pada kulit (HEYNE, 1950).

Di pasaran internasional telah beredar minyak kulit jeruk lemon, jeruk "orange", jeruk bergamot yang dikenal dengan nama dagang lemon oil, orange oil, bergamot oil dan dijual dengan harga yang cukup mahal (Market Report, 1997). Berdasarkan pengetahuan di atas dilakukan percobaan penyulingan kulit buah jeruk purut seperti yang sudah dilakukan terhadap daun jeruk purut guna memperoleh minyaknya yang diketahui mempunyai aroma

yang khas dan banyak disenangi orang (SAIT dan LUBIS, 1996). Dengan demikian akan bertambah lagi jenis minyak jeruk yang dapat ditawarkan, khususnya minyak kulit jeruk purut asal Indonesia.

Untuk mengetahui kondisi kerja penyulingan yang berdaya dan berhasil guna dilakukan penyulingan dengan berbagai variabel. Variabel pertama adalah derajat kehalusan/ukuran bahan yang akan disuling, variabel kedua adalah lama penyulingan agar ditemukan lama proses yang optimal. Menurut GUENTHER (1952) agar memudahkan isolasi minyak dari bahan, yang dalam hal ini kulit buah jeruk purut, bahan tersebut sebaiknya dihaluskan lebih dahulu sebelum disuling. Selain itu lama penyulingan berpengaruh terhadap kadar minyak yang dihasilkan serta berpengaruh terhadap karakteristik minyaknya. Oleh karena itu lama penyulingan merupakan variabel kedua yang diteliti.

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk minyak kulit jeruk purut belum ada sehingga hasil penelitian ini akan dapat digunakan sebagai rujukan dalam menyusun standar minyak jeruk purut. Dengan mengetahui karakteristiknya maka akan bertambah khasa-

nah jenis-jenis minyak atsiri yang dapat dihasilkan dan ditawarkan Indonesia. Dengan tersedianya minyak kulit jeruk purut untuk industri parfum dan kosmetik serta bahan flavor untuk industri makanan, tanaman jeruk purut dapat lebih dikembangkan sehingga dapat memberikan nilai tambah yang lebih besar.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan percobaan berupa buah jeruk purut yang sudah cukup tua didatangkan dari Bukit Tinggi Sumatera Barat karena di Bogor tidak tersedia dalam jumlah yang cukup. Buah jeruk yang diterima untuk sementara disimpan lebih dahulu di lemari es pada suhu $\pm 5^{\circ}\text{C}$ agar tetap segar dan hanya dikupas seperlunya untuk kebutuhan percobaan. Bahan pembantu berupa gas Elpiji dibeli dari toko/agen perusahaan gas. Reagen berupa KOH p.a, asam sulfat p.a, alkohol murni, natrium sulfat anhidrat dibeli dari toko bahan kimia di Bogor.

Peralatan

Peralatan utama adalah sebuah alat penyulingan terbuat dari logam tahan karat berkapasitas 30 liter yang dapat memuat 2 - 3 kg bahan, ketel penyulingan dilengkapi dengan pendingin multi tubular dan alat pembakar Bunsen. Corong pemisah untuk memisahkan minyak dari air destilat, botol-botol untuk menampung minyak kulit jeruk purut, refraktometer, piknometer, polarimeter, alat Aufhauser untuk menetapkan kadar air dengan cara xilol, penangas listrik, alat khromatografi gas dan alat-alat laboratorium umum lainnya.

Metode

Penyulingan minyak kulit jeruk purut dilakukan dengan cara uap dan air atau cara kukus (KETAREN, 1985). Kadar air bahan ditetapkan dengan metode xilol dengan menggunakan alat Aufhauser (AOAC, 1990). Bobot jenis, indeks bias, putaran optik, bilangan asam, bilangan ester dilakukan menurut metode Standar Perdagangan (SP - SMP 1984). Uji khromatografi gas dilakukan menurut rekomendasi The Essential Oils Sub Committee (ANONIM, 1980) dengan kondisi kerja sebagai berikut :

Alat merek Shimadzu tipe GC 17A yang dilengkapi dengan sebuah integrator, kolom kapiler dari kaca sepanjang 50 meter, diameter 0,25 mm, berisi fasa cair CBP 5 semi polar yang setara dengan Carbowax 20 M, detektor Khatarometer 1,25 Kvolt, suhu kolom awal 50°C dan suhu akhir 200°C dengan kecepatan

peningkatan suhu 2°C per menit, suhu injektor 200°C , gas pembawa Helium dengan kecepatan alir 40 ml per menit

Rancangan percobaan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dianggap seragam karena berasal dari satu sumber maka rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua macam perlakuan yaitu lama penyulingan yang ditandai dengan A, A1 = 6 jam dan A2 = 8 jam, ukuran bahan yang ditandai dengan B, B1 = rajang halus $\pm 2 - 3$ mm dan rajang kasar B2 = $\pm 1 \times 2$ cm. Masing-masing perlakuan dilakukan secara acak dan diulang tiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air bahan perlu ditetapkan setiap kali akan diproses karena kadar air bahan dapat berubah selama proses perajangan dan penyimpanan. Kadar air rata-rata kulit jeruk purut yang sudah dirajang dan siap untuk disulingkan adalah 72,25%.

Kadar minyak atsiri

Kadar minyak atsiri kulit jeruk purut dari bahan yang sudah dirajang sebanyak 3 kg yang disuling secara kukus selama 6 dan 8 jam dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kadar minyak kulit jeruk purut pada berbagai perlakuan dengan metode kukus dalam tiga ulangan.

No.	Perlakuan	aju esti-lasi liter uap/am)	adar (%) ADBK	Kadar rata-rata (%) ADBK
1.	A1B1U1	3,00	3,75	
2.	A1B1U2	2,86	3,50	} 3,58 a
3.	A1B1U3	2,90	3,50	
4.	A2B1U1	3,50	4,40	
5.	A2B1U2	3,10	4,73	} 4,58 b
6.	A2B1U3	3,30	4,60	
7.	A1B2U1	2,50	3,48	
8.	A1B2U2	2,80	3,68	} 3,65 a
9.	A1B2U3	3,00	3,80	
10.	A2B2U1	2,80	4,14	
11.	A2B2U2	3,00	4,00	} 4,18 b
12.	A2B2U3	3,15	4,40	

Keterangan :

A1= 6 jam,

A2= 8 jam,

B1 = rajangan halus 2-3 mm,

B2 = rajangan kasar 1 x 2 cm.,

U1, U2 dan U3 = Ulangan percobaan ke 1, 2 dan ke 3

Huruf yang sama di belakang angka rata-rata menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 99%.

ADBK = dihitung atas dasar bahan kering.

Dari Tabel 1 ternyata lama penyulingan dan kehalusan bahan berpengaruh nyata terhadap hasil (yield) minyak jeruk purut. Dalam hal ini laju penyulingan berkisar antara 3 sampai 3,5 liter per jam dianggap konstan karena selama proses penyulingan besar api gas tidak dapat sepenuhnya dikendalikan, misalnya terganggu karena ada angin dan tekanan dalam tabung gas yang senantiasa semakin berkurang selama pembakaran untuk proses pemanasan ketel penyulingan.

Dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan ternyata perlakuan penyulingan selama 8 jam dan dirajang halus (perlakuan A2B1) paling banyak menghasilkan minyak, akan tetapi secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyulingan selama 8 jam tetapi dirajang kasar (perlakuan A2B2). Dari hasil perhitungan statistik di atas ternyata perlakuan ukuran perajangan yaitu perajangan halus dan perajangan kasar tidak berbeda nyata terhadap kadar minyak yang dihasilkan, maka untuk mempercepat proses penyiapan bahan sebelum disuling, kulit jeruk purut cukup dirajang kasar saja.

Perlakuan perajangan tetap perlu dilakukan guna memperluas permukaan bahan dan memudahkan penetrasi uap ke dalam sel-sel kulit jeruk sehingga dihasilkan lebih cepat dan lebih banyak minyak atsirinya. Selain kehalusan bahan, juga lama penyulingan berpengaruh nyata terhadap yield. Dari uji statistik juga terbukti bahwa interaksi derajat kehalusan bahan dan lama penyulingan berpengaruh nyata terhadap kadar minyak atau *yield*.

Sifat fisiko kimia minyak jeruk purut

Bobot jenis, Indeks bias, Putaran optik, Bilangan asam dan Bilangan ester.

Bobot jenis dan indeks bias ditetapkan karena setiap jenis minyak atsiri umumnya mempunyai kisaran angka bobot jenis dan indeks bias yang khas. Minyak atsiri yang mengandung komponen-komponen berbobot molekul tinggi kerapatannya juga tinggi sehingga bobot jenis dan indeks biasnya akan semakin meningkat. Putaran optik sering ditetapkan pada minyak atsiri karena umumnya minyak atsiri merupakan cairan yang optik aktif yang disebabkan komponen-komponen yang dikandungnya sehingga angka putaran optik dapat digunakan untuk menentukan jenis minyak atsiri yang diteliti (KETAREN, 1985).

Bilangan asam ditetapkan selain untuk mengetahui kadar asam-asam bebas juga untuk mengetahui apakah telah terjadi hidrolisis terhadap minyak atsiri selama proses penyulingan berlangsung. Hal ini akan diketahui dari perbedaan kadar asam akibat pengaruh lama penyulingan yang menyebabkan terbentuknya asam-asam bebas. Jika hal ini terjadi maka bilangan asam minyak atsiri yang dihasilkan dari proses penyulingan yang lebih lama akan lebih tinggi.

Bilangan ester seringkali digunakan sebagai patokan untuk mengukur tingkat keharuman suatu minyak atsiri secara olfaktif. Seringkali pada minyak-minyak atsiri tertentu seperti minyak ylang-ylang dan minyak kenanga lama penyulingan berpengaruh terhadap bilangan ester. Pada kedua jenis minyak atsiri di atas bilangan esternya makin turun jika lama penyulingan diperpanjang. (AHDANSYAH, 1997).

Angka bobot jenis, indeks bias, putaran optik, bilangan asam dan bilangan ester rata-rata dari setiap perlakuan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat fisiko kimia rata-rata minyak jeruk purut pada berbagai perlakuan

No	Per laku an	BJ 5° C	α_D 20° C	D 20° C	il. sam	il. ester
1.	A1B1	,8810	5°85'/ 2° 50' *	,4755	,28	1,91
2.	A1B2	,8801	5°05'/ 14° 55'*	,4750	,29	1,22
3.	A2B1	,8841	5°40'/ 18° 55'*	,4755	,28	6,16
4.	A2B2	,8749	8°55'/ 11° 65'*	,4735	,29	7,58

* = Putaran optik ulangan 1 dan 2 tidak dirata-ratakan, ulangan 3 tidak ditetapkan.

A1 = 6 jam, A2 = 8 jam,

B1 = rajang halus (1-2 mm),

B2 = rajang kasar (1x2 Cm).

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa bobot jenis minyak kulit jeruk purut pada berbagai perlakuan secara statistik tidak berbeda, nilainya berkisar antara 0,8749 sampai 0,8841. Indeks bias minyak kulit jeruk purut ternyata juga tidak dipengaruhi oleh perlakuan lama penyulingan dan ukuran bahan yang disuling, nilainya berkisar antara 1,4735 sampai 1,4755. Nilai putaran optik, walaupun semuanya bertanda positif tetapi kisarannya cukup lebar yaitu antara 11° 65' sampai 18° 55' sehingga tidak dapat dirata-ratakan.

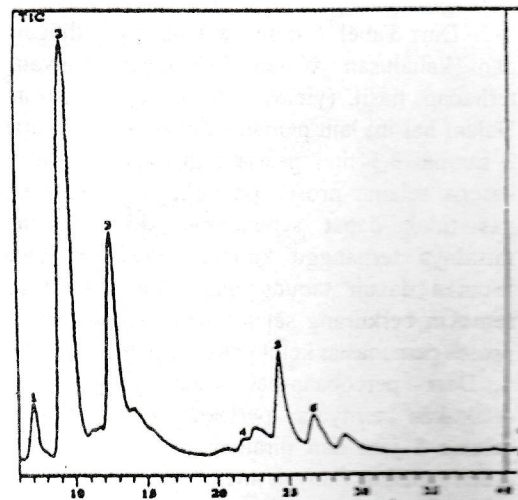
Lama penyulingan mungkin berpengaruh terhadap komponen-komponen yang tersuling dan cenderung menghasilkan komponen yang lebih memutar bidang polarisasi ke kanan atau ke kiri sehingga kombinasinya menghasilkan putaran optik yang bermacam-macam. Bilangan asam minyak kulit jeruk purut dari berbagai perlakuan ternyata tidak berbeda, hal ini menunjukkan bahwa selama penyulingan tidak terjadi hidrolisis terhadap minyak. Sebaliknya pada bilangan ester, semakin lama bahan disuling angka bilangan ester cenderung bertambah tinggi walaupun pengaruh perlakuan kehalusan bahan (perlakuan B1 dan B2) tidak memberikan perbedaan yang nyata. Hal ini sesuai dengan hasil analisis secara khromatografi gas bahwa penyulingan yang dilangsungkan selama 8 jam menghasilkan minyak yang lebih banyak mengandung senyawa hidrokarbon teroksidasi seperti golongan alkohol dan ester-ester sedangkan yang disuling selama 6 jam lebih banyak mengandung terpena-terpena yang bertitik didih rendah dan mempunyai bobot molekul lebih ringan.

Hasil analisis khromatografi gas minyak kulit jeruk purut.

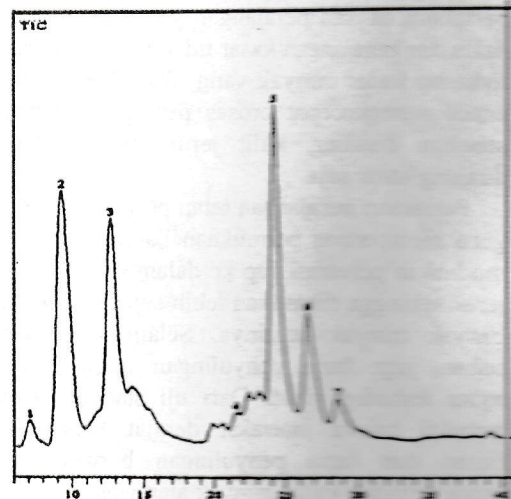
Hasil analisis secara khromatografi gas terhadap hasil penyulingan selama 6 jam dan 8 jam diperlihatkan dalam Gambar 1 dan 2.

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa lama penyulingan berpengaruh terhadap komposisi senyawa yang menyusun minyak kulit jeruk purut. Komponen-komponen tersebut diidentifikasi berdasarkan khromatogram minyak jeruk dalam MASADA (1976) dan ternyata minyak hasil penyulingan selama 6 jam terdiri dari komponen-komponen terpena ringan yang kadarnya lebih besar dari minyak hasil penyulingan selama 8 jam. Hal ini menunjukkan bahwa makin lama disuling komponen berat minyak jeruk bertambah sehingga rasio komponen ringan dan komponen berat dalam minyak berubah.

Komponen-komponen utama yang terkandung dalam minyak kulit jeruk purut hasil sulingan selama 6 jam adalah: No. 1. α -pinena 5,20%; 2. limonena 60,25%; 3. p-simena 20,38% dan sedikit komponen hidrokarbon teroksidasi yang lebih berat dan relatif mempunyai titik didih yang lebih tinggi yaitu senyawa-senyawa nomor 4. sitronellol 0,32% dan 5. neril asetat 9,71% serta 6. geranil asetat 4,14%.



Gambar 1. Khromatogram GC minyak



Gambar 2. Khromatogram GC minyak hasil sulingan selama 8 jam.

Dari Gambar 2 ternyata kulit jeruk purut yang disuling selama 8 jam menghasilkan minyak dengan komponen terpena ringan yang jumlahnya lebih sedikit, yang masing-masing adalah No. 1 : α -pinena 2,08%; 2. limonena 33,69%; 3. p-simena 18,90%, sedangkan komponen beratnya yang terdiri dari sitronellol, neril asetat dan geranil asetat kadarnya berturut-turut adalah sebanyak 0,53%; 11,73% dan 5,07%. Kadar komponen berat ini sedikit lebih tinggi dari yang dikandung minyak hasil penyulingan selama 6 jam, hal ini menunjukkan bahwa komponen berat yang mempunyai titik didih lebih tinggi memerlukan waktu penyulingan yang lebih lama agar dapat ikut tersuling bersama uap air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Minyak kulit buah jeruk purut dapat dihasilkan dengan cara penyulingan uap, khususnya dengan cara uap dan air atau cara kukus.

Lama penyulingan berpengaruh terhadap *yield* minyak, penyulingan 6 jam rata-rata menghasilkan 3,58 % sedangkan penyulingan selama 8 jam rata-rata menghasilkan 4,58 %

Sifat fisiko kimia minyak jeruk yang disuling selama 6 dan 8 jam serta antara yang dirajang halus terhadap yang dirajang kasar tidak berbeda nyata akan tetapi berdasarkan hasil analisis secara khromatografi gas ternyata minyak yang disuling selama 6 jam mengandung lebih banyak komponen ringan jika dibandingkan dengan minyak hasil penyulingan selama 8 jam yang lebih banyak mengandung komponen berat seperti geraniol, nerilasetat dan geraniol asetat.

Berdasarkan sifat fisiko kimia dan sidik jari khromatogram GC nya minyak kulit jeruk purut menyamai sifat-sifat minyak Bergamot.

Disarankan agar minyak kulit jeruk purut yang mirip minyak bergamot dapat lebih dikembangkan dan dipromosikan ke pasaran agar laku dijual sehingga dapat meningkatkan nilai tambah buah jeruk purut.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONIM. "Application of Gas Liquid Chromatography to the Analysis of Essential Oils", *Analyst*, 105 (March) 1980 : 262 - 273.
- A O A C *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*, Arlington (VA), AOAC, 1990.
- Market Report , George Uhe Company Inc. October 1997
- AHDIANSYAH, E "Studi Penyulingan Minyak Kenanga (*Canarium odoratum* Baill) Secara Terfraksinasi". Thesis Sarjana Kehutanan S1, Fakultas Kehutanan Univ. WINAYA MUKTI Jatinangor 1997.
- GUENTHER, E *The Essential Oils*, Vol.1 and 3, Van Nostrand Reinhold New York 1952.
- HEYNE, K *The Nuttige Planten van Indonesie*, deel 1, Bandung, Van Hoeve 1950.

KETAREN, S *Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta 1985

MASADA, Y *Analysis of Essential Oils by Gas Chromatography and Mass Spectrometry*, John Wiley, New York, 1976.

SAIT, S dan LUBIS, E.H. Penggunaan Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC) Sebagai Bahan Perencah Untuk Mi Instan, *Warta IHP* 8 (2) 31-35, BBIHP Bogor. 1996.

SARWONO. *Jeruk dan kerabatnya* Penebar Swadaya, Jakarta, 1986.

SUDJANA, M.A. *Desain dan Analisis Eksperimen*, Ed. II, Tarsito, Bandung, 1988.

Penelitian ini dibiayai oleh Anggaran Rutin (Inhouse Research) Tahun 1996/1997.