

RANCANG BANGUN ALAT PENYULING MINYAK ATSIRI TIPE UAP LANGSUNG

(Design Construction of Patchouli Oil Direct Steam)

Octo Fandi Sinaga^{1,2}, Lukman Adlin Harahap¹, Adian Rindang¹

¹) Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian USU

Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

²)email : fandi.nag@gmail.com

Diterima : 21 Oktober 2015 / Disetujui : 23 Oktober 2015

ABSTRACT

Distillation is one of the ways to take up patchouli oil that contained in the leaves, the example is leaf clovers. Leaf clovers has the high oil content with euganol that reaches of 85%. The postharvest processing's purpose is to make the agricultural product have a higher economic value compared to the product without processed. The purpose of this research was to design, build, test and analyze the economic value of patchouli oil direct steam distillation type. The parameters observed were effective capacity and economic analysis. Based on this research, it were summarized that the effective capacity of the equipment was 13,33 ml/hour. Economic analysis, basic costs for the first to the fifth year was Rp. 1.054,77/ml, Rp. 880,48/ml, Rp. 822,67/ml, Rp. 793,82/ml and Rp. 776,55/ml. Break even point (BEP) for the first to the fifth year was 247,17 ml/year, 133,02 ml/year, 95,16 ml/year, 76,27 ml/year and 64,95 ml/year. Net present value (NPV) 6% was Rp. 12.060.105 whereas NPV 8% was Rp. 10.793.704,29 and Internal rate of return this equipment was 27,04%.

Keywords : leaf clovers, distillation, machine

PENDAHULUAN

Minyak atsiri dihasilkan dari tanaman dan mempunyai sifat mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya, umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air. Minyak atsiri dapat bersumber pada setiap bagian tanaman yaitu daun, bunga, buah, biji, batang atau kulit dan akar atau rhizome (Ketaren, 1985).

Minyak atsiri, atau dikenal juga sebagai minyak eteris (*aetheric oil*), minyak esensial, minyak terbang, serta minyak aromatik, adalah kelompok besar minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas. Minyak atsiri bersifat mudah menguap karena titik uapnya rendah. Selain itu, susunan senyawa komponennya kuat mempengaruhi saraf manusia (terutama di hidung) sehingga seringkali memberikan efek psikologis tertentu (baunya kuat) (switaning, dkk, 2010).

Secara umum kita mengenal ada tiga sistem penyulingan untuk minyak atsiri yaitu, penyulingan dengan sistem rebus dimana bahan yang akan diambil minyak atsirinya berhubungan

langsung dengan air mendidih, selanjutnya penyulingan uap dan air, dalam sistem penyulingan ini tanaman yang akan diproses ditempatkan dalam satu tempat yang bagian bawah dan tengah berlobang-lobang yang ditopang di atas dasar alat penyulingan, bagian bawah alat penyulingan diisi air sedikit dibawah dimana bahan ditempatkan, dan yang terakhir adalah penyulingan dengan sistem uap langsung, dimana bahan dan sumber penghasil uap ditempatkan pada ruang yang berbeda pada sistem ini. Pada alat penyulingan dengan sistem uap langsung uap yang digunakan lazim memiliki tekanan yang lebih besar daripada tekanan atmosfer dan dihasilkan dari hasil penguapan yang berasal dari suatu pembangkit uap air. Uap yang dihasilkan kemudian dimasukkan kedalam alat penyulingan. Pada dasarnya tidak ada perbedaan yang menyolok pada ketiga alat penyulingan tersebut. Namun demikian pemilihan tergantung pada cara yang digunakan, karena reaksi tertentu dapat terjadi selama penyulingan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pada penyulingan uap antara lain difusi atau perembesan minyak atsiri oleh air panas melalui selaput tanaman, ini yang dikenal dengan pengertian hidrodifusi, hidrolisis terhadap komponen tertentu dari minyak atsiri, peruraian terjadi oleh panas (Sastrohamidjojo, 2004).

Pada tahun 1960, S. Arctander menyatakan bahwa minyak hasil sulingan daun cengkeh kering dan daun kayu manis mengandung unsur euganol bermutu tinggi. Sejak pertengahan tahun 60-an, *clove leaf oil* (minyak daun cengkeh) mendapat pasaran luas. Di Negara-negara industri, euganol yang dikandung minyak tersebut dipisahkan, digunakan untuk bahan baku obat, pewangi teknis sabun serta deterjen. Bahkan sekarang, meskipun mendapat keengganan di kalangan pemakai, *clove leaf oil* mulai mendapat pijakan di industri wewangian. Unsur euganol maupun phenol sangat mudah bersenyawa dengan besi. Oleh karena itu, *clove oil*, *clove steam oil*, dan *clove leaf oil* harus dimuat dalam kemasan botol kaca, drum aluminium, atau drum timah (Harris, 1987).

Minyak daun cengkeh mempunyai kadar eugenol minimal 78% dan beta-caryophyllene min 17 % dengan rendemen minyak sebesar 2% (SNI, 2006 dalam Jayanuddin, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Jirovetz dkk. (2009) yang menganalisa komponen yang terkandung minyak atsiri daun cengkeh menggunakan penyulingan uap didapat 23 komponen dengan kadar tertinggi yaitu eugenol 76.8%, β -caryophyllene 17.4%, α -humulene (2.1%), dan eugenyl acetate 1.2%. Rendahnya kadar eugenol terjadi karena sistem pendinginan dan penampungan sampel yang tidak sempurna, sehingga banyak eugenol yang menguap (Jayanuddin, 2011)

Uap air dan uap minyak dicairkan dengan cara mengalirkan pipa berlingkar yang didinginkan dengan air. Alat pencair uap ini disebut dengan kondensor. Cara pencairan uap yang baik adalah dengan mengalirkan air pendingin berlawanan arah dengan aliran uap minyak. Berarti air pendingin dimasukkan melalui bagian bawah kondensor dan dikeluarkan pada bagian atas. Hasil sulingan minyak atsiri dan air ditampung ke dalam botol berleher panjang. Karena minyak atsiri sangat mudah menguap, maka botol penampung sebaiknya direndam dalam air dingin. Atau dapat juga dilakukan dengan meletakkan es batu bercampur garam disekitar botol penampung agar suhu dingin dapat dipertahankan lebih lama (Hendartomo, 1996).

Minyak hasil sulingan harus segera dipisahkan setelah suhunya menyamai suhu kamar. Jika tidak, minyak akan menimbulkan bau tengik. Minyak atau lemak akan mengeluarkan bau tengik bila terjadi oksidasi, yaitu akibat bercampurnya minyak/lemak, air, dan udara. Hal ini dilakukan agar tidak menurunkan nilai ekonomis dari minyak tersebut yang mana selama ini seringkali terjadi didalam industri kecil

dan menengah yang tidak tahu dengan baik cara penanganan minyak atsiri tersebut (Herlina dan Ginting, 2002). Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, membuat dan menguji alat penyuling minyak atsiri tipe uap langsung.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan adalah : air, daun cengkeh, es batu, ember, gelas ukur, kompor, lilin mainan, pelat aluminium, pelat *stainless steel*, penutup/pembuka laju aliran air (kran), *pressure gauge*. Alat-alat yang digunakan adalah alat tulis, gergaji besi, gerinda, kalkulator, komputer, mesin las, dan palu.

Metode yang digunakan adalah studi literatur (kepustakaan), lalu melakukan pengamatan tentang alat pencetak emping ini. Selanjutnya dilakukan perancangan bentuk, pembuatan/ perangkaian komponen-komponen, kemudian dilakukan pengujian alat dengan pengamatan parameter.

Langkah-langkah dalam membuat alat penyuling minyak atsiri tipe uap langsung yaitu :

1. Dirancang bentuk alat
2. Digambar serta ditentukan ukuran alat.
3. Dipilih bahan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan alat.
4. Dilakukan pengukuran terhadap bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
5. Dipotong bahan sesuai ukuran.
6. Dibentuk dan dilas plat bahan untuk membentuk pipa aliran uap.
7. Dibentuk dan dilas plat bahan untuk membentuk wadah air.
8. Dibentuk dan dilas plat bahan untuk membentuk wadah bahan.
9. Disiapkan drum kondensor.
10. Dibuat satu lubang pada salah satu sisi samping-bawah drum.
11. Dipasang kran pada lubang tersebut.
12. Dibentuk bahan agar sesuai dengan tempat bahan dan drum kondensor.
13. Dilas pipa aliran yang ada pada drum kondensor dengan terhadap dinding drum
14. Dihubungkan komponen bahan yang telah dibuat sesuai dengan urutan proses.

Prosedur Penelitian

1. Dimasukkan air ke 1 wadah penghasil uap air.
2. Dimasukkan bahan ke dalam tempat bahan.
3. Dimasukkan es batu ke dalam wadah pendingin.
4. Dihidupkan api kompor.

5. Dipanaskan air pada wadah penghasil uap air sampai mendidih.
6. Diatur dan dijaga tekanan pada penghasil uap air kira-kira 1 atmosfer.
7. Ditampung hasil penyulingan pada botol penampung.
8. Dilakukan pemisahan minyak dan air hasil penyulingan.
9. Dilakukan pengukuran volume minyak yang dihasilkan tiap satuan berat Bahan yang dimasukkan ke dalam wadah bahan.
10. Dilakukan pengamatan parameter.

Parameter Penelitian

Kapasitas kerja alat dan mesin pertanian

$$\text{Kapasitas Alat} = \frac{\text{Massa Bahan Diolah}}{\text{Waktu}}$$

Analisis Ekonomi

Biaya pemakaian alat

Pengukuran biaya pemakaian alat dilakukan dengan cara menjumlahkan biaya yang dikeluarkan yaitu biaya tetap dan biaya tidak tetap (biaya pokok).

$$\text{Biaya pokok} = \left[\frac{BT}{x} + BTT \right] C$$

dimana,

- BT = total biaya tetap (Rp/tahun)
 BTT = total biaya tidak tetap (Rp/jam)
 x = total jam kerja pertahun (jam/tahun)
 C = kapasitas alat (jam/satuan produksi)

Biaya tetap

Biaya tetap terdiri dari :

- Biaya penyusutan (metode garis lurus)

$$D = \frac{P - S}{n}$$

dimana,

- D = biaya penyusutan (Rp/tahun)
 P = nilai awal alsin (harga beli/pembuatan) (Rp)
 S = nilai akhir alsin (10% dari P) (Rp)
 n = umur ekonomi (tahun)

- Biaya bunga modal dan asuransi, perhitungannya digabungkan besarnya :

$$I = \frac{i(P)(n + 1)}{2n}$$

dimana,

- i = total persentase bunga modal dan asuransi (17%/tahun)
- Di negara Indonesia belum ada ketentuan besar pajak secara khusus untuk mesin-mesin dan peralatan pertanian, bahwa beberapa literatur menganjurkan bahwa biaya pajak alsin diperkirakan sebesar 2% pertahun dari nilai awalnya.

Biaya tidak tetap

Biaya tidak tetap terdiri dari :

- Biaya perbaikan untuk motor listrik sebagai sumber tenaga penggerak.
Biaya perbaikan ini dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Biaya reparasi} = \frac{1,2\%(P - S)}{1000\text{jam}}$$

- Biaya karyawan/ operator yaitu biaya untuk gaji operator. Biaya ini tergantung kepada kondisi lokal, dapat diperkirakan dari gaji bulanan atau gaji pertahun dibagi dengan total jam kerjanya

(Darun, 2002).

Break Even Point (BEP)

Untuk mengetahui produksi titik (BEP) maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{F}{(R - V)}$$

dimana,

N = jumlah produksi minimal untuk mencapai titik impas (kg)

F = biaya tetap pertahun (Rp)

R = penerimaan dari tiap unit produksi (harga jual) (Rp)

V = biaya tidak tetap per unit produksi

(Darun, 2002).

Net Present value (NPV)

Secara singkat dirumuskan :

$$CIF - COF \geq 0$$

dimana,

CIF = cash in flow

COF = cash out flow

Sementara itu keuntungan yang diharapkan dari investasi yang dilakukan bertindak sebagai tingkat bunga modal dalam perhitungan :

Penerimaan (CIF) = pendapatan x (P/A, i, n) +

nilai akhir x (P/F, i, n)

Paengeluaran (COF) = investasi +

pembiayaan (P/A, i, n)

Kriteria NPV yaitu :

- NPV > 0, ber arti usaha yang telah dilaksanakan menguntungkan
 - NPV < 0, berarti sampai dengan t tahun investasi usaha tidak menguntungkan
 - NPV = 0, berarti tambahan manfaat sama dengan tambahan biaya yang dikeluarkan
- (Darun, 2002).

Internal Rate of Return (IRR)

IRR digunakan untuk mengetahui kemampuan untuk dapat memperoleh kembali investasi yang sudah dikeluarkan.

$$IRR = i_1 - \frac{NPV_1}{(NPV_2 - NPV_1)} (i_1 - i_2)$$

dimana,

i_1 = suku bunga bank paling atraktif

i_2 = suku bunga coba-coba

NPV_1 = NPV awal pada i_1

NPV_2 = NPV pada i_2

(Kastaman, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penyulingan

Dalam sekali proses penyulingan di butuhkan air sebagai penghasil uap sebanyak 15 L, es batu sebanyak 7 buah, bahan bakar elpiji yang berukuran 3 kg sebanyak 1 buah dan daun cengkeh kering seberat 1 kg. Dimana air sebanyak 15 L dimasukkan kedalam ketel uap yang berfungsi sebagai penghasil uap. Proses penyulingan berlangsung selama 3 jam untuk itu perlu diperhatikan banyaknya air yang digunakan sebagai penghasil uap agar ketika proses berlangsung air dalam ketel uap tidak kering ataupun habis.

Penyulingan dengan sistem seperti ini memanfaatkan uap bertekanan tinggi, oleh sebab itu harus benar-benar diperhatikan dalam proses pembuatannya, terutama pada ketel suling. Ketel suling harus benar-benar tertutup rapat agar tidak ada uap yang keluar karena hal tersebut akan memperlama waktu proses penyulingan. Uap yang dihasilkan melalui ketel uap kemudian dialirkan kedalam ketel suling melalui pipa berukuran 1,5 cm sebagai jalur keluarnya uap. Kemudian uap dengan tekanan 1 atmosfer tersebut masuk kedalam ketel suling untuk digunakan menguapkan daun cengkeh agar minyak yang terkandung didalam daun cengkeh dapat keluar. Uap tersebut sebelumnya dikumpulkan didalam ketel suling dengan suhu 110 °C. Ketel suling ini memiliki rongga dibagian bawahnya sebagai tempat masuknya uap yang berasal dari ketel uap, sedangkan daun yang akan disuling berada 20 cm dari dasar alat. Hal ini bertujuan agar uap memiliki cukup ruang untuk menguapkan daun tersebut. Bahan yang diisikan kedalam ketel suling sebanyak 1 kg. Bahan tidak boleh diisi terlalu penuh agar terdapat ruangan uap untuk keluar menuju kondensor. Hal ini sesuai dengan pernyataan Harris (1990) yang menyatakan bahwa bahan yang akan diolah dimasukkan ke tempat pemuatan bahan tanpa dipadatkan dan tidak boleh terisi penuh.

Kapasitas Efektif Alat

Kapasitas efektif alat menunjukkan produktivitas alat selama pengoperasian tiap satuan waktu. Dalam hal ini kapasitas efektif alat diukur dengan membagi volume minyak yang dihasilkan terhadap waktu yang dibutuhkan selama pengoperasian alat. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk masing-masing bahan sebanyak 1 kg. Hasil pengujian menunjukkan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyuling daun cengkeh sebanyak 1 kg yaitu 3 jam sehingga kapasitas efektif alat penyuling minyak atsiri tipe uap langsung sebesar 13,33 ml/jam. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas Efektif Alat

Ulangan	Volume (ml)	waktu (jam)	kapasitas efektif alat (ml/jam)
I	38	3	12,66
II	40	3	13,33
III	42	3	14
Total	120	3	39,99
Rata-rata	40	3	13,33

Rendemen Minyak

Rendemen adalah perbandingan antara minyak yang dihasilkan dengan bahan tumbuhan yang diolah. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui seberapa besar rendemen yang dihasilkan oleh suatu alat dalam memproduksi minyak daun cengkeh tiap satuan banyak bahan yang diolah.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, didapat hasil rendemen minyak pada daun cengkeh sebesar 2,23 %. Hal ini diperoleh berdasarkan perbandingan berat rata-rata minyak daun cengkeh dengan berat bahan yang digunakan yaitu sebesar 1000 gr kemudian dikali 100 %.

Rendemen yang diperoleh dari penelitian ini sudah sesuai standard nasional Indonesia (SNI, dimana standard SNI mensyaratkan rendemen sebesar 2%. Sedangkan dalam industri kosmetik dan obat-obatan rendemen minyak yang dibutuhkan sebesar 2,5%. Hasil perhitungan rendemen minyak ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Heat Exchanger (HE)

Perpindahan panas merupakan panas yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain dengan adanya faktor tertentu. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah. Dalam hal ini panas yang dihasilkan oleh ketel uap dialirkan

kedalam kondensor untuk akhirnya dapat diubah menjadi minyak. Hal ini disebabkan oleh adanya *heat exchanger* yang berfungsi mengubah fase uap menjadi fase cair.

Dengan menggunakan persamaan $Q = mc\Delta T$ maka dapat diperoleh kalor yang dilepas dalam satu kali proses berturut-turut yaitu, 209.200 J dan 190.372 J. Penyulingan pada ulangan II dan III memiliki suhu yang sama, oleh sebab itu kalor yang dilepaskan pun berjumlah sama.

Efisiensi alat dapat dihitung dengan membagi hasil yang diperoleh di lapangan terhadap hasil yang seharusnya diperoleh secara teoritis. Dari proses penyulingan yang telah dilakukan, seharusnya diperoleh hasil 0,052 ml untuk 1 kg bahan. Namun, hasil yang diperoleh justru 40 ml (hasil rata-rata tiga kali penyulingan). Jadi efisiensi alat tersebut adalah 76,92%. Hal ini disebabkan adanya faktor kebocoran alat dan masih terdapatnya daun cengkeh yang tidak dilalui oleh uap air.

Tabel 2. Rendemen Minyak Daun Cengkeh

Ulangan	Berat minyak daun cengkeh dalam gelas ukur (gr)	Berat gelas ukur (gr)	Berat minyak daun cengkeh (gr)	Rendemen minyak (%)
I	33,35	13,30	20,05	2,0
II	37,08	13,30	23,78	2,3
III	37,60	13,30	24,30	2,4
Total	107,73	39,9	350	6,7
Rata-rata	35,91	13,3	116,66	2,23

Analisis Ekonomi

Biaya pemakaian alat

Harga bahan baku daun cengkeh kering yaitu Rp 200/kg. Dari analisis biaya, diperoleh biaya penyulingan daun cengkeh dengan alat ini sebesar Rp. 3.250/ml, yang merupakan hasil dari perhitungan dari biaya tetap dan biaya tidak tetap terhadap kapasitas alat penyuling minyak atsiri. Dari analisis biaya (Tabel 3 dan Tabel 4), diperoleh total biaya tetap sebesar Rp. 748.712,25/tahun dan total biaya tidak tetap sebesar Rp. 2.700,6 /jam.

Tabel 3. Biaya pokok penyulingan minyak daun cengkeh

Tahun	Biaya Pokok (Rp/ml)	Tahun	Biaya Pokok (Rp/ml)
1	257,23	4	219,08
2	232,02	5	216,94
3	223,63		

Tabel 4. BEP alat penyuling minyak atsiri

Tahun	Biaya Pokok (Rp/ml)	Tahun	Biaya Pokok (Rp/ml)
1	933,39	4	289,50
2	503,19	5	245,72
3	360,00		

Dalam analisis ekonomi, keuntungan awal dianggap sama dengan nol. Bila pendapatan dari produksi berada di sebelah kiri titik impas maka kegiatan usaha akan menderita kerugian,

sebaliknya bila di sebelah kanan titik impas akan memperoleh keuntungan. Hal ini berdasarkan pernyataan waldyono (2009) yang mengatakan analisis titik impas berhubungan dengan proses penentuan tingkat produksi.

KESIMPULAN

1. Alat penyuling minyak atsiri berfungsi untuk menghasilkan minyak dari daun dengan cara menyuling.
2. Efisiensi rata-rata alat pada alat penyuling minyak atsiri sebesar 76,92% untuk daun cengkeh.
3. Kapasitas efektif rata-rata pada alat penyuling minyak atsiri sebesar 13,33 ml/jam untuk daun cengkeh.
4. Analisis ekonomi pada alat penyuling minyak atsiri ini meliputi biaya pokok dari tahun pertama sampai tahun kelima berturut-turut yaitu Rp. 257,23/ml, Rp. 232,02/ml, Rp. 223,62/ml, Rp. 219,08ml dan Rp. 216,94/ml.
5. Nilai titik impas (BEP) dari tahun pertama sampai tahun kelima sebanyak 933,39 ml/tahun, 503,19 ml/tahun, 360,00 ml/tahun, 289,50 ml/tahun dan 245,72 ml/tahun.
6. Nilai *net present value* (NPV) 6% sebesar Rp. 658.411.670 sedangkan NPV 8% sebesar Rp. 623.831.603
7. Nilai *internal rate of return* alat ini adalah sebesar 46,08 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, G., 2007. Teknologi Bahan Alam. Penerbit ITB, Bandung
- Darun, 2002. Ekonomi Teknik. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian USU, Medan.
- Daryus, A., 2007. Diktat Manajemen Pemeliharaan Mesin, Universitas Darma. Persada. Jakarta.
- Guenther, E, 1991. Minyak Atsiri. UI-Press. Jakarta.
- Harris, R., 1990. Tanaman Minyak Atsiri. Penebar Swadaya, Jakarta
- Herlina, N dan Ginting, H. S. 2002. Lemak Dan Minyak. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia USU, Medan
- Ingrid, M., dan Djojusubroto, H., 2010. Destilasi Uap Minyak Atsiri Dari Kulit Dan Daun Kayu Manis (*Cinnamomum Burmannii*). Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.
- Jayanudin, 2011. Komposisi Kimia Minyak Atsiri Daun Cengkeh Dari Proses Penyulingan Uap. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Ketaren, S., 1985. Pengantar Minyak Atsiri. Balai Pustaka. Jakarta.
- Lubis, F. N., 2010. Rancang Bangun Alat Penyuling Minyak Atsiri Tipe Uap. Teknik Pertanian Fakultas Pertanian USU, Medan.
- Luntong dan Rahmayati, 2002. Produksi Dan Pedangan Minyak Atsiri. Swadaya. Jakarta.
- Najiyati Dan Daniarti, 1991. Budidaya Dan Penanganan Pasca Panen Cengkeh. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prakosa, A. H., Pamungkas, I. D., dan Ikhsan, D., 2013. Pengaruh Waktu Pada Penyulingan Minyak Dari Biji Daun Adas Dengan Metode Uap Dan Air. Universitas Diponegoro.
- Sastrohamodjojo, H., 2004. Kimia Minyak Atsiri. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soeharno, 2007. Teori Mikroekonomi. Andi Offset, Yogyakarta.
- Sudaryani dan Sugiharti, 1999. Budidaya Dan Penyulingan Nilam. Swadaya, Jakarta.
- Sukarsono dan Dahroni, I., 2005. Pembuatan Alat Distilasi Fraksinasi Minyak Daun Cengkeh. Puslitbang Teknologi Maju, Jogjakarta.
- Switaning, R. E.S, Fajari, N., Afiq, M., Dwi, A., 2010. Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Limbah Kulit Jeruk Manis Di Desa Gadingkulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang sebagai Campuran Minyak Goreng Untuk Penambah Aroma Jeruk. Universitas Negeri Malang, Malang.
- Purba, R. 1997. Analisa Biaya Dan Manfaat. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Waldyono, 2008. Ekonomi Teknik (Konsep, Teori dan Aplikasi). Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Walas, S.M., 1988. Chemical Proses Equipment Selection and Design. Butterworths. United States.
- Widiantara, 2010. Pengiris Bawang Merah dengan Pengiris Vertikal (Shsllot Slicer). Seminar Rekayasa Kimia dan Proses : 1411-4216.