

Studi Kemotaksonomi pada Genus *Zingiber*

A Chemotaxonomic Study in the Genus *Zingiber*

MARSUSI, AHMAD DWI SETYAWAN, SHANTI LISTYAWATI
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 24 Desember 2000. Disetujui: 20 Januari 2001

ABSTRACT

Zingiber is profitable for spice, ingredients, medicine and garnishing plant (Purseglove, 1972). The systematic of *Zingiber* (and other Zingiberaceae) has been argued among the authors, because they commonly use the morphological and the anatomical characters, that they obtain limited data. The chemical constituents of volatile oils are one of the most prospective characters for taxonomy of *Zingiber*. This research is objected to find out (1) the constituents of volatile oils (2) the number and the type of compounds composing volatile and (3) the genetic relationship. This research is done in the laboratory. The data seeking covers, i.e. (1) water distillation (Guenther, 1948; Anon, 1977), (2) extraction (Anon, 1977; Harborne, 1984), and gas chromatography (Mc Nair & Bonelli, 1968; Pramono, 1988). Dendrogram is arranged referring to Sokal & Sneath (1963), and the association coefficient degrees are determined referring to Pielou (1984). The rhizomes are gathered from Bogor Botanical Garden and from around Surakarta. There are seven achieved species, namely *Z. amaricans* Nor., *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb., *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb., *Z. ottensii* Val., and *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith. Every species is identified referring to manuals of Backer & Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950) and Burkill (1935). The volatile contents of seven species subsequently are 4.67% (ml/100gr.), 5.00%, 6.33%, 0.20%, 6.67%, 4.29% and 6.00%. The numbers of composing volatile compounds subsequently are 30, 26, 37, 44, 29, 29 and 29. The genetic relationships of seven species are *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* and *Z. zerumbet* joint at similarity index of 90, and it is followed by *Z. ottensii* at similarity index of 85. Then those five species join with *Z. cassumunar* and *Z. gramineum* at similarity index of 60. The last is the joining of *Z. officinale* to those six species at similarity index of 55.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Keywords: chemotaxonomy, volatile oils, *Zingiber*.

PENDAHULUAN

Taksonomi *Zingiber* dan Zingiberaceae lainnya, mencatat sejarah panjang perdebatan para author. Hal ini terjadi karena umumnya pengamatan hanya dilakukan terhadap morfologi bunga dan sebagian kecil anatomi rimpang, sehingga data yang terkumpul relatif terbatas. Kandungan kimia minyak atsiri merupakan salah satu sifat yang prospektif guna mendapatkan data-data untuk taksonomi *Zingiber*. Di samping itu penelitian kandungan kimia ini juga berguna untuk mendukung pemanfaatan minyak atsiri dalam industri pangan dan obat.

Kemotaksonomi

Ruang lingkup taksonomi tumbuhan meliputi identifikasi, klasifikasi dan deskripsi (Lawrence, 1951). Semua ciri-ciri yang dapat dilihat, diukur, dihitung dan dibatasi memiliki nilai taksonomi, terutama yang jelas dan tidak berubah-ubah. Taksonomi yang sempurna boleh jadi mensyaratkan penelitian atas semua sifat yang ada, baik morfologi, anatomi, fisiologi, biokimia, palinologi, sitologi, sitogenetika dan lain-lain (Heywood, 1967; Shukla dan Misra, 1982).

Kemotaksonomi dapat menggunakan senyawa organik maupun anorganik. Senyawa

yang tersebar luas nilai taksonominya rendah, sedangkan senyawa yang khas dan mudah diekspresikan nilainya tinggi. Tumbuhan menghasilkan beberapa tipe senyawa sekunder dengan jalur biosintesis berbeda-beda. Hal ini sering kali sangat berkaitan dengan sistem taksonomi tradisional yang didasarkan pada sifat morfologi, namun dapat juga berlawanan (Jones dan Luchsinger, 1986).

Klasifikasi Zingiber

Genus *Zingiber* termasuk dalam divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Monocotyledoneae, ordo Zingiberales (Scitami-neae), familia Zingiberaceae, subfamilia Zingiberoideae, tribus Zingibereae (Backer dan Bakhuizen van den Brink, 1968; Burt dan Smith, 1972; Lawrence, 1951).

Familia Zingiberaceae memiliki sekitar 47 genera dan 1400 spesies. *Zingiber* merupakan salah satu genus besar dengan anggota sekitar 80 spesies. Penyebaran *Zingiber* terbatas di belahan timur bumi, khususnya Indo-Malaya, yang merupakan tempat asal sebagian besar *Zingiber* (Lawrence, 1951; Purseglove, 1972).

Zingiber yang tumbuh di Indonesia antara lain *Z. acuminatum* Val., *Z. amaricans* Nor. (lempuyang emprit), *Z. aromaticum* Val., *Z. cassumunar* Roxb. (bengle), *Z. gramineum* Bl., *Z. inflexum* Bl., *Z. leptostachyum* Val., *Z. littorale* Val. (lempuyang pahit), *Z. macradenium* K. Schum., *Z. macroglossum* Val., *Z. marginatum* Roxb., *Z. odoriferum* Bl. (belaktuwa), *Z. officinale* Roxb. (jahe), *Z. ottensii* Val. (panglai hideung), *Z. papuanum* Val. dan *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith (lempuyang gajah) (Backer dan Bakhuizen v.d. Brink, 1968; Heyne, 1950).

Minyak Atsiri

Kandungan kimia utama *Zingiber* adalah minyak atsiri. Minyak ini tersimpan dalam sel-sel parenkim yang termodifikasi dan terdapat di semua jaringan terutama rimpang. Minyak atsiri memiliki aroma khas, indeks bias tinggi, optis aktif, sudut putar spesifik, tidak larut dalam air, bening, serta berasa pedas, pahit dan hangat karena adanya resin (Burkill, 1935; Claus dkk., 1970). Dalam minyak atsiri terkandung resin sekitar 30%. Komponen utama minyak atsiri adalah terpenoid dan senyawa aromatis turunan asam sikimat (Claus dkk., 1970; Guenther, 1948).

Komponen minyak atsiri umumnya tidak stabil dan dapat menyatu kembali.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar minyak atsiri pada spesies-spesies anggota genus *Zingiber*, jumlah dan jenis senyawa penyusun minyak atsiri serta hubungan kekerabatan berdasarkan kandungan kimia minyak atsiri.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dilakukan di laboratorium. Prosedur pencarian data meliputi: (1) distilasi air untuk menentukan kadar minyak atsiri (Guenther, 1948; Anonim, 1977), (2) ekstraksi untuk mengisolasi minyak atsiri (Anonim, 1977; Harborne, 1984), dan (3) kromatografi gas cairan untuk menentukan jumlah dan jenis senyawa-senyawa penyusun minyak atsiri (McNair dan Bonelli, 1968; Pramono, 1988).

Bahan

Dalam penelitian ini rimpang *Zingiber* diperoleh dari Kebun Raya Bogor, serta dilengkapi dari daerah Surakarta dan sekitarnya. Adapun spesies-spesies yang dapat disediakan dan diteliti adalah: *Z. amaricans* Nor. (lempuyang emprit), *Z. aromaticum* Val. (lempuyang wangi), *Z. cassumunar* Roxb. (bengle), *Z. gramineum* Bl., *Z. officinale* Roxb. (jahe), *Z. ottensii* Val. (panglai hideng) dan *Z. zerumbet* (L.) J.E. Smith (lempuyang gajah).

Sebelum diteliti setiap spesies diidentifikasi menggunakan pustaka-pustaka: Backer dan Bakhuizen van den Brink (1968), Holttum (1950) dan Burkill (1935). Dalam penelitian ini diperlukan bahan untuk distilasi berupa xylene dan akuades. Untuk ekstraksi berupa petroleum eter. Sedang untuk kromatografi gas cairan diperlukan gas pembawa.

Alat

Alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

- **Penyiapan bahan:** kipas angin, blender, ayakan, rak, kain hitam, ember, pisau, landasan kayu dan wadah pengeringan.
- **Labu distilasi Stahl:** labu didih 1000 ml, pendingin, buret 0,5 ml berskala 0,01 ml, statis, klem serta kasa keramik dan kompor pemanas.
- **Ekstraksi:** tabung reaksi, lumpang porselen, cawan porselen, tabung

sentrifus, sentrifus, penangas air, corong penyaring, kipas angin, kertas saring, vorteks, labu didih 1000 ml, pendingin, penampung, statis dan klem.

- **Kromatografi gas cairan:** srynge, kolom kromatografi, detektor FID, alat pencatat, syringe dan tabung gas pembawa.

Cara Kerja

Setiap spesies dari ketujuh anggota genus *Zingiber*, diuji sebanyak tiga cuplikan untuk setiap metode pencarian data.

Distilasi Air

Rimpang segar yang cukup umur (kurang lebih 12 bulan) dicuci bersih dan dipotong-potong setebal kira-kira 2 mm. Kemudian dikeringanginkan, diblender dan diayak hingga berupa serbuk. Distilasi dimulai dengan menimbang 100 gram serbuk rimpang, lalu dimasukkan dalam labu didih 1000 ml, ditambah akuades sampai kira-kira $\frac{3}{4}$ kapasitas labu dan dididihkan selama 5-6 jam, hingga minyak atsiri menguap sempurna. Sebelumnya buret diisi 0,2 ml xylene untuk mengikat dan menaikkan daya kohesi minyak atsiri, sehingga tidak menempel pada dinding buret dan tidak larut dalam air suling.

Ekstraksi

Rimpang segar yang cukup umur (12 bulan) dicuci bersih. Lalu ditimbang sekitar 1 kg, dipotong-potong melintang setebal 1-2 cm dan diblender halus. Kemudian dimasukkan kedalam labu ekstraksi, ditambah 500 ml petroleum eter dan dibiarkan semalam. Setelah itu divorteks sekitar 15 menit dan disaring. Filtrat dipekatkan dengan cara diuapkan pada labu evaporasi yang dipanaskan dengan penangas air sampai seperempat volume asal dan disaring.

Kromatografi Gas Cairan

Minyak atsiri hasil ekstraksi dianalisis senyawa penyusunnya dengan metode kromatografi gas cairan, dengan kondisi sebagai berikut:

Cuplikan	0,04 μ m minyak atsiri rimpang <i>Zingiber</i>
Kolom	10% carbowax 20 M, 2 meter
Detektor	FID (<i>Flame Ionisation Detector</i>)
Suhu Injektor	260°C
Suhu Kolom	80 - 250°C, 10°C per menit
Gas Pembawa	He, 25 ml/menit

Parameter yang diamati adalah seluruh komponen penyusun minyak atsiri *Zingiber* (kualitatif), sedang kadar masing-masing senyawa (kuantitatif) diabaikan karena adanya pengaruh lingkungan, kecuali yang kadarnya cukup tinggi (senyawa utama).

Analisis Data

Kadar minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* yang diketahui melalui distilasi air diperbandingkan dengan analisis regresi, sedang jenis-jenis senyawa penyusun minyak atsiri yang diketahui melalui kromatografi gas cairan diperbandingkan dengan analisis statistik sederhana. Kemudian seluruh data ditabulasi dan dibuat dendrogram untuk mengetahui hubungan kekerabatan.

Dendrogram dibuat dengan metode pengelompokan koefisien asosiasi, dimana indek similaritas ditentukan dengan rumus dari Sokal dan Sneath (1963), sedang tingkatan persamaan harga-harga koefisien asosiasi ditentukan dengan analisis klaster (Pielou, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur kemotaksonomi memiliki lebih banyak keuntungan untuk menentukan kedudukan taksonomi dibandingkan prosedur morfologi, anatomi, sitologi, sitogenetika dan lain-lain. Pada pengamatan kandungan kimiawi, bahan yang hendak diuji tidak harus dalam keadaan segar, hidup atau lengkap. Potongan bahan kering yang sudah remuk sekalipun dapat dianalisis kandungan kimiawinya dengan hasil sangat memuaskan dan ditetapkan status taksonominya secara benar, selama tidak ada kontaminasi yang mengganggu kemurnian bahan.

Kadar Minyak Atsiri Rimpang

Kadar minyak atsiri *Zingiber* cenderung bervariasi. Kadar ini dipengaruhi oleh umur panen, bagian organ yang diisolasi, tanah dan iklim tempat tumbuh serta spesies dan varitasnya. Di antara faktor-faktor tersebut, faktor genetik yang dieksplisitkan dalam bentuk spesies dan varitas merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar minyak atsiri.

Dalam penelitian ini kadar minyak atsiri ketujuh spesies yang diamati bervariasi. Kadar tertinggi dihasilkan oleh *Z. officinale* yaitu

6,67% (ml/100gram), disusul *Z. cassumunar* 6,33%, *Z. zerumbet* 6,00%, *Z. aromaticum* 5,00%, *Z. amaricans* 4,67%, *Z. ottensii* 4,29% dan yang paling sedikit adalah *Z. gramineum* 0,20%.

Intensitas bau/aroma yang dihasilkan rimpang saat diremas, dapat digunakan sebagai pendugaan awal kadar minyak atsiri, meskipun masing-masing spesies memiliki bau khas yang cenderung berbeda-beda.

Rimpang *Z. officinale*, *Z. cassumunar* dan *Z. zerumbet* memberikan bau sangat tajam. Pada distilasi air ketiganya menghasilkan minyak atsiri cukup tinggi. Sedang *Z. gramineum* memberikan aroma yang cenderung netral dan pada distilasi air terbukti kadar minyak atsirinya sedikit. Di samping itu rimpang *Z. gramineum* sangat kecil dan keras, sehingga ruang-ruang sel untuk dekomposisi minyak atsiri sangat terbatas. Secara khas rimpang *Z. cassumunar*, *Z. aromaticum* dan *Z. amaricans* mengandung banyak zat kuning kurkumin. Sedang rimpang *Z. officinale* terasa sangat pedas (panas) dan berbau segar. Sifat-

sifat ini akan muncul pada dendrogram hubungan kekerabatan.

Senyawa Penyusun Minyak Atsiri

Zingiber merupakan tanaman obat yang memiliki cukup banyak komponen senyawa penyusun minyak atsiri. Dalam penelitian ini dari tujuh spesies yang diuji diperoleh total 79 komponen, yang diekspresikan dalam bentuk puncak-puncak (*peak*). Setiap puncak mewakili senyawa yang berbeda.

Setiap spesies memiliki antara 27-44 senyawa. Jumlah senyawa terbanyak terdapat pada *Z. gramineum* yaitu 44 senyawa. Disusul *Z. cassumunar* 37, *Z. amaricans* 30, *Z. ottensii* 29, *Z. officinale* dan *Z. zerumbet* masing-masing 29, serta *Z. aromaticum* 26 senyawa. Meskipun kadar minyak atsiri *Z. gramineum* sangat kecil, hanya 0,2%, namun jumlah komponen penyusun minyak atsirinya sangat banyak, 44 senyawa. Berarti besarnya kadar minyak atsiri dalam rimpang tidak selalu sebanding dengan jumlah komponen senyawa penyusunnya.

Tabel 1. Nilai Rf dan kadar senyawa utama penyusun minyak atsiri tujuh spesies anggota genus *Zingiber*.

No.	Nilai Rf	Kadar Komponen Penyusun Minyak Atsiri (%)						
		<i>Z. amaricans</i>	<i>Z. aromaticum</i>	<i>Z. cassumunar</i>	<i>Z. gramineum</i>	<i>Z. officinale</i>	<i>Z. ottensii</i>	<i>Z. zerumbet</i>
		1	2	3	4	5	6	7
1	3,774	9,291	11,702	+	+	12,754	+	8,960
2	4,130	-	-	-	-	-	19,515	-
3	4,199	-	-	39,465	-	-	-	-
4	6,973	14,563	+	+	+	+	+	+
5	8,846	-	-	19,341	-	+	-	-
6	13,628	13,330	20,152	-	-	-	12,668	19,817
7	14,039	-	-	+	20,453	10,813	-	-
8	14,176	-	-	+	+	11,749	-	-
9	16,059	+	+	12,704	+	-	+	+
10	17,388	-	-	-	13,182	+	-	-
11	17,444	40,098	37,253	-	+	-	27,130	39,234

Keterangan: "+" senyawa ditemukan dalam kadar kecil; "-" senyawa tidak ditemukan.

Kadar setiap komponen senyawa penyusun minyak atsiri umumnya dibawah 1%, namun ada pula yang kadarnya sangat tinggi, misalnya senyawa dengan Rf 17,444 pada *Z. amaricans*, yaitu sebanyak 40,09%. Jumlah senyawa utama, yaitu senyawa yang kadarnya cukup tinggi sehingga mencapai batas kanan ketas kromatogram, bervariasi antara 2-4 buah. Data nilai Rf yang mengandung senyawa utama disajikan dalam Tabel 1.

Beberapa senyawa utama terletak pada nilai retensi (Rf) yang sama, sehingga kemungkinan memiliki kasiat yang sama. Meskipun kasiat obat bahan alami umumnya ditentukan oleh keseluruhan senyawa yang ada dalam bahan, tidak hanya oleh senyawa-senyawa tertentu. Hal ini juga menunjukkan kemungkinan kedekatan hubungan kekerabatan. Senyawa utama dapat digunakan sebagai landasan untuk menguji kemurnian suatu bahan dan mencegah pemalsuan.

Beberapa komponen senyawa dapat ditemukan pada semua spesies, meskipun dengan kadar sangat bervariasi. Senyawa tersebut dengan Rf 3,77, Rf 6,97 dan Rf 20,97.

Hubungan Kekerabatan pada *Zingiber*

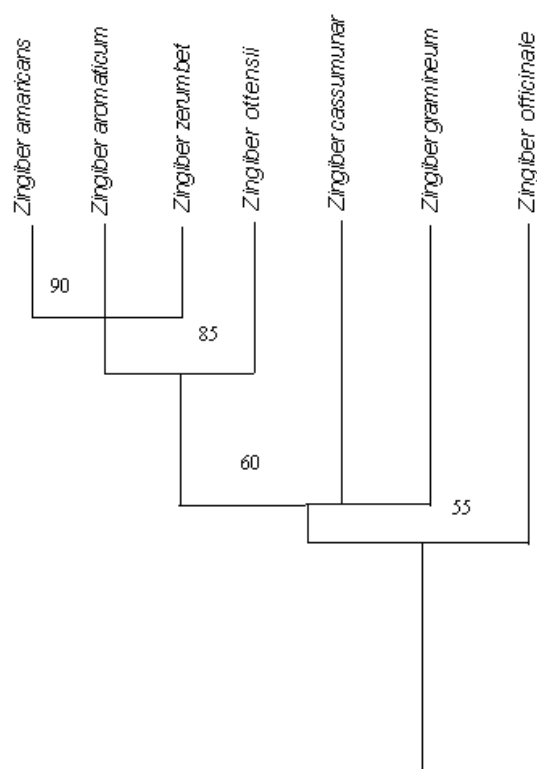
Dalam penelitian ini hubungan kekerabatan ditentukan berdasarkan besarnya kadar minyak atsiri pada masing-masing spesies dan ada tidaknya ke-79 puncak pada masing-masing spesies, sehingga terdapat 80 ciri yang digunakan untuk menentukan hubungan kekerabatan.

Berdasarkan dendrogram Gambar 1, spesies yang memiliki kekerabatan paling tinggi adalah *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* dan *Z. zerumbet*, dengan indeks similaritas 90. Secara morfologi, rimpang ketiganya berwarna kuning kurkumin, rasa pahit, bau minyak atsiri tajam dan agak memuakkan. Selanjutnya ketiga spesies tersebut berkerabat dekat dengan *Z. ottensii* pada indeks similaritas 85. Spesies ini juga memiliki sifat morfologi serupa dengan ketiga spesies sebelumnya.

Kelima spesies tersebut bergabung dengan *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* pada indeks similaritas 60. Secara morfologi, bau minyak atsiri *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* cenderung netral, sangat berbeda dengan minyak atsiri kelima spesies di atas.

Z. officinale bergabung dengan keenam spesies di atas pada indeks similaritas 55.

Spesies ini memiliki sifat-sifat morfologi minyak atsiri yang jauh berbeda dengan spesies lainnya, dimana minyak atsiri berbau harum dan rasa panas, pedas dan tidak pahit.



Gambar 1. Dendrogram hubungan kekerabatan antara tujuh spesies *Zingiber*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* yang diteliti adalah sebagai berikut: *Z. officinale* 6,67% (ml/100gram), *Z. cassumunar* 6,33%, *Z. zerumbet* 6,00%, *Z. aromaticum* 5,00%, *Z. amaricans* 4,67%, *Z. ottensii* 4,29% dan *Z. gramineum* hanya 0,20%.

Jumlah senyawa-senyawa penyusun minyak atsiri ketujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. gramineum* 44, *Z. cassumunar* 37, *Z. amaricans* 30, *Z. ottensii* 29, *Z. officinale* dan *Z. zerumbet* masing-masing 29, serta *Z. aromaticum* 26 senyawa.

Jumlah senyawa utama pada ketujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. amaricans* 3 senyawa utama, *Z. aromaticum* 3, *Z. cassumunar* 3, *Z. gramineum* 2, *Z. officinale* 4, *Z. ottensii* 3 dan *Z. zerumbet* 3.

Hubungan kekerabatan pada tujuh spesies *Zingiber* adalah: *Z. amaricans*, *Z. aromaticum* dan *Z. zerumbet* bergabung dengan indeks

similaritas 90, disusul *Z. ottensii* dengan indeks similaritas 85. Kemudian kelima spesies tersebut bergabung dengan *Z. cassumunar* dan *Z. gramineum* pada indeks similaritas 60. *Z. officinale* bergabung pada indeks similaritas 55.

Penelitian kemotaksonomi genus *Zingiber* perlu diperluas terhadap spesies-spesies *Zingiber* lainnya. Di samping itu juga perlu dilakukan analisis terhadap genus lainnya, sehingga diperoleh susunan kemotaksonomi Familia Zingiberaceae secara lengkap. Penelitian kemotaksonomi juga dapat dipadukan dengan sifat-sifat taksonomi lainnya seperti susunan kromosom dan pola isozim yang selama ini masih jarang dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan yang bersedia mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1977, *Materia Medika Indonesia*, Jilid I, Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Backer, C.A. dan R.C. Bakhuizen van den Brink, 1968. *Flora of Java*. Volume III. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Burkill, I.H., 1935. *A Dictionary of The Economic Product of The Malay Peninsula*. London: Governments of The Straits Settlements & Federated Malay States.
- Burt, B.L. dan R.M. Smith. 1972. Tentative Keys to The Subfamilies, Tribes & Genera of Zingiberaceae. *Notes from The Botanic Garden Edinburg* 31 (2): 171-176.
- Claus, E.P., V.E. Tyler dan L.R. Brady. 1970. *Pharmacognosy*. 6th edition. Philadelphia: Lea & Febinger.
- Guenther, E. 1948. *Minyak Atsiri*. Jilid I (Penerjemah S. Ketaren, 1987). Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (U.I. Press).
- Harborne, J.B. 1984. *Metode Fitokimia*. (Penerjemah K.Padmawinata dan I. Soediro. Penyunting S.Niksolihin). Bandung: Penerbit ITB.
- Heyne, K. 1950. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jilid I (Penerjemah: Badan Litbang Kehutanan). Jakarta: Departemen Kehutanan.
- Heywood, V.H. 1967. *Plant Taxonomy*. New York: St. Martin's Press.
- Holtum, R.E. 1950. The Zingiberaceae of The Malay Peninsula. *The Gardens Singapore* 8 (1): 1-249.
- Jones, S.B. dan A.E. Luchsinger. 1986. *Plant Systematics*. 2nd edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plant*. New York: John Wiley & Sons.
- McNair, H.M. dan E.J. Bonelli. 1986. *Dasar Kromatografi Gas* (Penerjemah K. Padmawinata, 1988). Bandung: Penerbit ITB.
- Pielou, E.C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data, A Primer on Classification & Ordination*. New York: John Wiley & Sons.
- Pramono, S. 1988. Identifikasi Kandungan Kimia Tanaman Obat Melalui Pendekatan Kemotaksonomi *Kaempferia galanga*. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Purseglove, J. W. 1972. *Tropical Crops Monocotyledons*. London: Longman.
- Shukla, P. dan S.P. Misra. 1982. *An Introduction to Taxonomy of Angiosperms*. New Delhi: Vikas Publishing House, PVT.LTD.
- Sokal, R.R. dan P.H.A. Sneath. 1963. *Principles of Numerical Taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman & Co.
- Tarigan, P. 1987. *Pengaturan Biosistesis Sekunder dalam Fermentasi, Risalah Seminar Nasional Metabolit Sekunder 1987*. Yogyakarta: PAU Bioteknologi UGM.